

описание

Название

CRISP-TFT — *Causal/Regime-aware, Uncertainty-aware, Sharpe-Prioritized Temporal Fusion Transformer*.

Научная идея (новизна)

1. **Онлайн-режимы рынка** → **условная динамика модели**. Вводим переменную режима (z_t), получаемую онлайн MMD-детектором на сигнатурах путей; используем (z_t) как conditioning для TFT (через gating/embeddings), чтобы веса внимания/feature-selection адаптировались к режиму (тренд/флэт/кризис и т.п.).
2. **Байесовская голова** в TFT: сеть выдаёт (μ_t, σ_t) (или квантили), обучается по NLL/квантильному лоссу → получаем калиброванную неопределённость прогноза для позиционирования и фильтрации сделок.
3. **Риск-ориентированный торговый слой внутри** обучения: позиция ($p_t = \tanh(k \mu_t / \sigma_t)$) (risk-scaling), доходность портфеля

$$r_t^{(p)} = p_{t-1} r_t - c |p_t - p_{t-1}|$$

и оптимизация дифференцируемого Sharpe

$$\mathcal{L}_{\text{Sharpe}} = -\frac{\mathbb{E}[r^{(p)}]}{\text{Std}[r^{(p)}]} + \lambda_{\text{to}} \mathbb{E}|p_t - p_{t-1}|$$

совместно с предсказательной частью, что подстраивает модель под реальную PnL-цель с учётом издержек.

- 4) **Инвариантность к сдвигам распределения**: добавляем штраф на «нестабильность» факторов по режимам (causality-inspired regularization):

$$\mathcal{L}_{\text{inv}} = \sum_z \|\nabla_{\beta} \mathbb{E}[r^{(p)} | z]\|^2$$

либо IRM-подобный критерий между режимами - устойчивость к турбулентности.

- 5) **Мультимодальность**: вместе с OHLCV используем ончейн-индикаторы (SOPR, TVL, активные адреса, net-flows), техиндикаторы (RSI/MACD) как ковариаты TFT; для мультиактивного кейса добавляем блочно-иерархические SPD-матрицы.

- 6) **Объяснимость**: TsSHAP/WindowSHAP/C-SHAP для показа, почему модель

входит/выходит и какие **концепты** (тренд/частота/ончейн-сигналы) важны в каждом режиме.

Цель: демонстрация, что **режим-кондиционированная, неопределённо-осознанная TFT** даёт **лучший риск/доход** vs сильные бенчмарки **при честных издержках** и имеет качественную интерпретацию.

Технический дизайн

1) Данные и фичи

- Базово: **BTC-USD** (и/или ETH-USD) minute/5-min/hourly/daily OHLCV (любые подобные данные, для начала выбраны 4h).
- Ковариаты:
 - Техиндикаторы: RSI, MACD, скользящие, волатильность.
 - Ончейн (могут измениться): SOPR, TVL, Active Addresses, Exchange Net Flow, Fear&Greed — как внешние регрессоры.
 - Кросс-активы (могут измениться): индексы/золото/нефть/долларовый индекс; строим корреляционные SPD-признаки для режимов.

2) Модель

- Backbone: TFT (интерпретируемые attention-карты, variable selection).
- Regime module: онлайн-детектор смен режимов (двухвыборочный MMD на сигнатурах путей) $\rightarrow (z_t)$.
- Bayesian/quantile head: (μ_t, σ_t) (Gaussian NLL) или квантили (pinball).
- Trading head: позиция $(p_t = \tanh(k \mu_t / \sigma_t))$; совместный лосс

$$\mathcal{L} = \alpha \underbrace{\mathcal{L}_{\text{pred}}}_{\text{NLL/quantile}} + \beta \underbrace{\mathcal{L}_{\text{Sharpe}}}_{\text{risk-aware}} + \gamma \underbrace{\mathcal{L}_{\text{inv}}}_{\text{regime invariance}}$$

с **turnover**-штрафом внутри $(\mathcal{L}_{\text{Sharpe}})$. Метрики — MAE/RMSE/MAPE + Sharpe, MDD, CR и т.д. (подробнее в ipynb-файле)

3) Модели для честного сравнения

- LSTM, GRU - классические предсказательные модели, Hybrid Transformer+GRU, обычный **TFT** без наших модулей.

4) Протокол валидации

- **Walk-forward** с фиксацией издержек (спрэд+комиссия) и **реалистичным slippage** (консервативно).
- Несколько горизонтов ($h \in \{1, 5, 24\}$) в барах.
- **Абляции**: (i) без режима; (ii) без Bayesian-головы; (iii) без Sharpe-лосса; (iv) без turnover; (v) без ончейн/без SPD.

5) Объяснимость и анализ

- **TsSHAP/WindowSHAP/C-SHAP**: локальные/глобальные важности, вклад **концептов** (тренд/частота), различия по режимам и т.д..
- В TFT — **variable selection weights** и **attention** по времени и фичам.

Замечание об ответственности!!!: это **исследовательский прототип и учебный проект**, не финансовая рекомендация и не гарантия доходности. Вся торговая логика тестируется **симуляцией** с жёсткими издержками и без подтасовок.