

Тема: Розробка інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень для торгівлі на фінансових ринках із використанням когнітивних технологій

Виконав: магістр Рябий Олександр Анатолійович.

Керівник: д.т.н., проф. Ільїн О.О.

Київ – 2025

Мета: Підвищення ефективності трейдингу на ринках криптовалют шляхом створення системи, що поєднує точність ML-прогнозування з прозорістю (пояснюваністю) рішень.

Об'єкт дослідження: Процеси прийняття рішень в алгоритмічній торгівлі.

Предмет: Методи прогнозування часових рядів (LSTM) та технології пояснюваного штучного інтелекту (XAI, LLM).

Наукова новизна: Інтеграція "когнітивного шару" (LLM + SHAP), який генерує текстові пояснення до сигналів нейромережі в реальному часі.

Проблема та аналіз існуючих рішень

Проблема: Висока волатильність ринків та проблема "Black Box" (чорної скриньки) у нейромережах — трейдер не розуміє, чому модель відкриває угоду.

Недоліки існуючих рішень (TradingView, Freqtrade, QuantConnect):

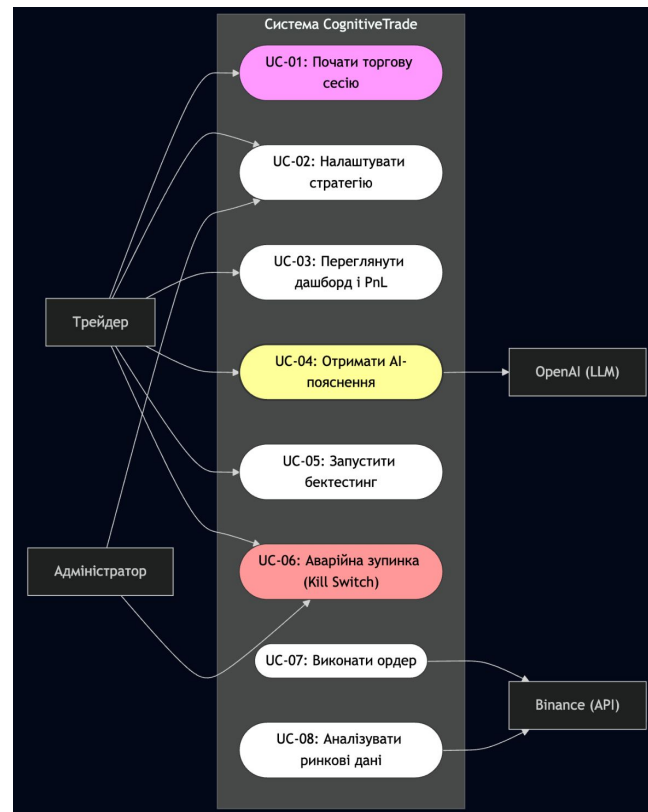
- Відсутність пояснення логіки рішень природною мовою.
- Обмежена гнучкість у використанні новітніх ML-моделей.

Рішення: Створення власної системи **CognitiveTrade**.

Сценарії використання системи (Use Cases)

Система взаємодіє з Трейдером та Адміністратором.

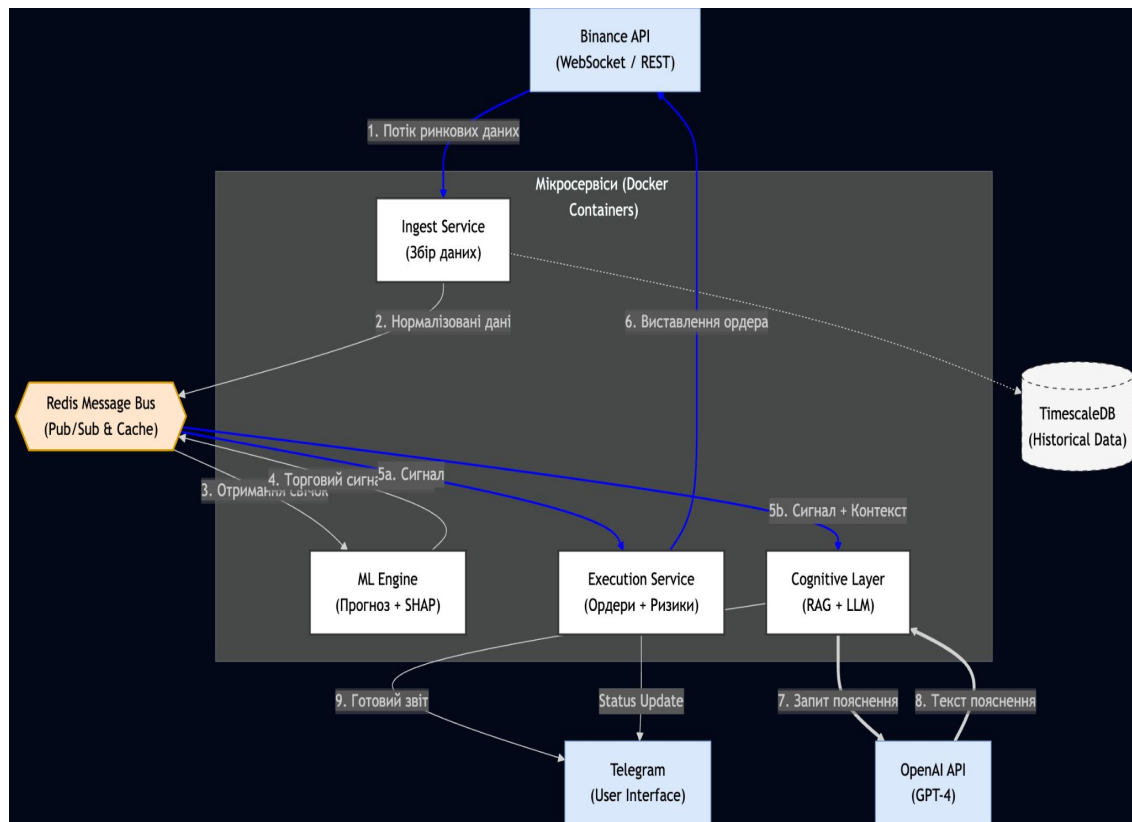
- Ключові сценарії: Автоматична торгівля, Отримання AI-пояснення (унікальна функція), Екстрена зупинка (Kill Switch).
- Інтеграція із зовнішніми системами: Binance API (дані/ордери) та OpenAI API (аналітика).



Архітектура системи

Тези:

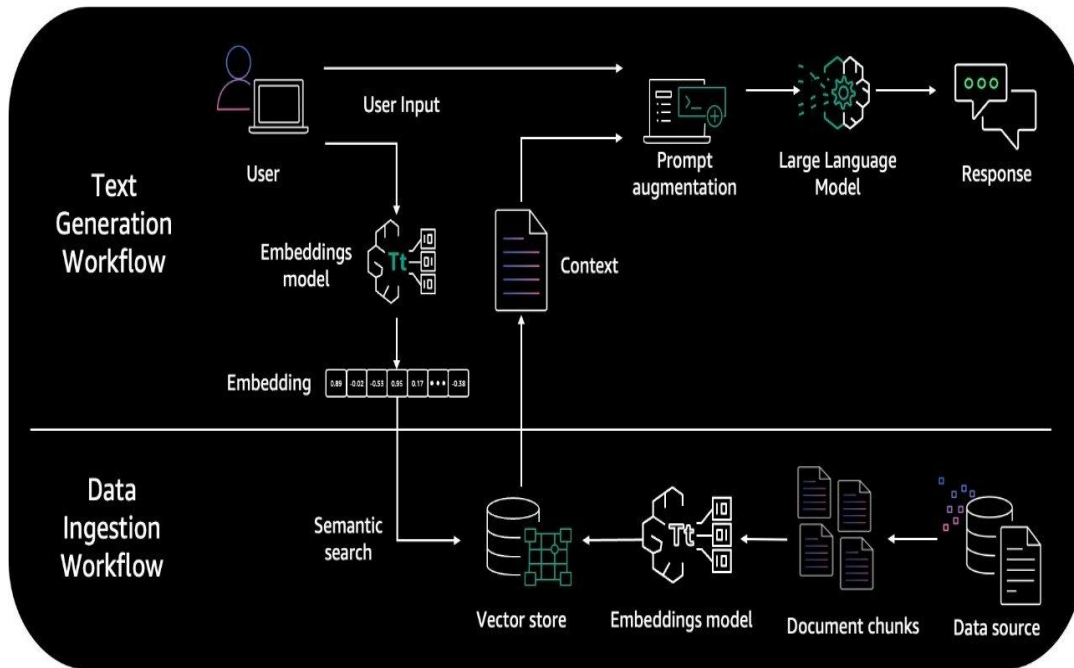
- Використано **мікросервісну архітектуру** на базі Docker.
- **Redis** виступає центральною шиною повідомлень (Event Bus) для мінімізації затримок.
- **TimescaleDB** забезпечує ефективне зберігання часових рядів.
- Чіткий поділ на модулі: Ingest (збір), ML Engine (аналіз), Execution (торгівля), Cognitive Layer (пояснення).



Методологія когнітивного шару: RAG та SHAP

Retrieval-Augmented Generation

(RAG): Система не "вигадує" факти, а шукає актуальні новини у векторній базі даних і додає їх у контекст перед аналізом.



Потік даних (Data Pipeline)

Реалізовано ETL-пайплайн з використанням `asyncio`.

Обробка даних відбувається в реальному часі через WebSocket.

Feature Store: Розділення на "гарячі" дані (Redis) для торгівлі та "холодні" (TimescaleDB) для навчання.

Автоматична валідація та нормалізація даних перед потраплянням у модель

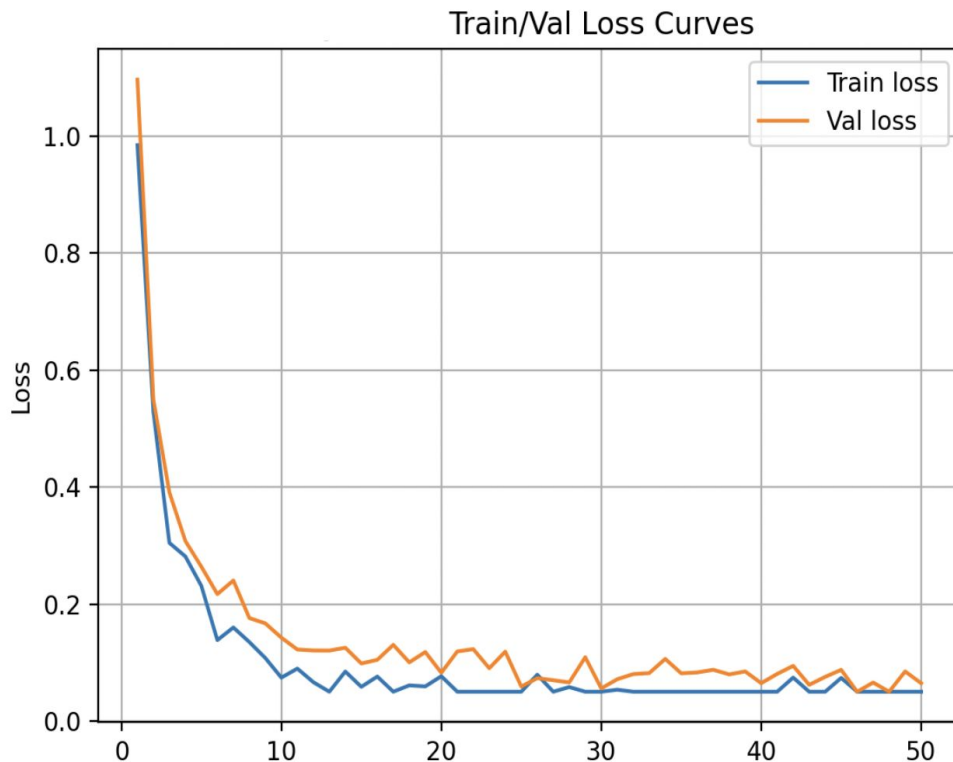


Прогнозування та навчання моделі (LSTM)

Обрано архітектуру **LSTM** (Long Short-Term Memory) для роботи з часовими рядами.

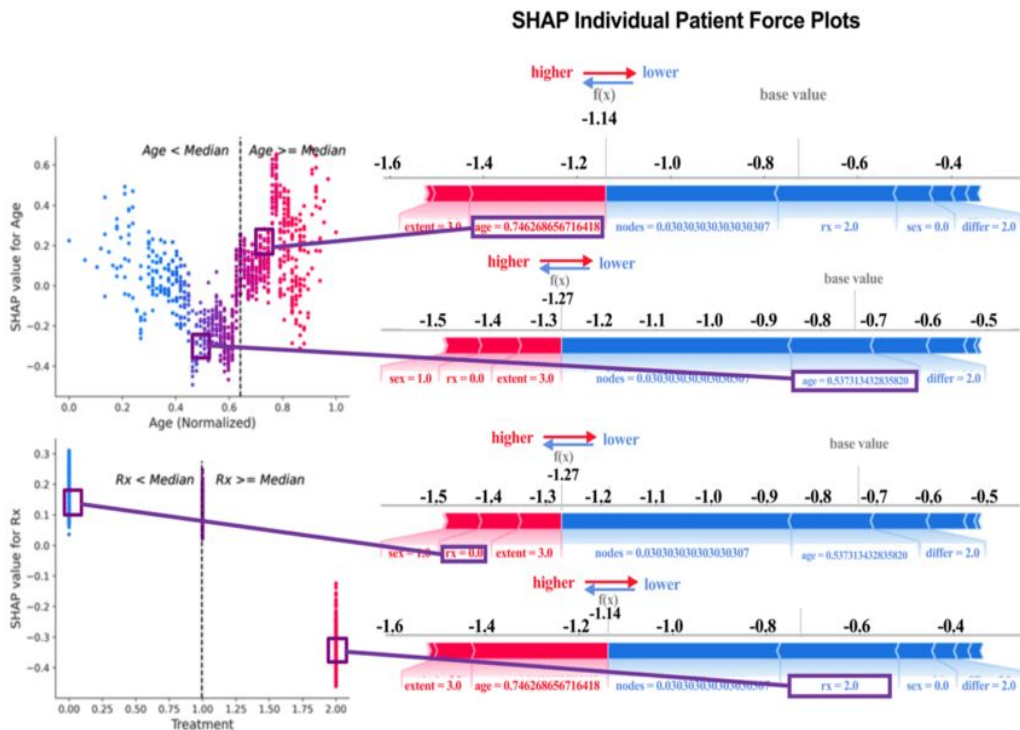
Метрики якості: **Precision ~69.3%**. Пріоритет надано точності входу, щоб мінімізувати хибні угоди.

Графік навчання демонструє відсутність перенавчання (збіжність Train та Validation loss).



Методологія когнітивного шару: RAG та SHAP

SHAP (Explainable AI): Математичний метод, який розкладає прогноз нейромережі на складові (наприклад: «Ціна росте на 80% через RSI і на 20% через об'єм»).



Логіка мислення (Промпт-інжиніринг)

Використано техніку **Chain-of-Thought** (Ланцюжок міркувань).

Структура запити до AI:

1. **Роль:** «Ти — фінансовий аналітик».
2. **Контекст:** Ціна, Тренд, Прогноз LSTM.
3. **Факти:** Значення SHAR (чому нейромережа так вирішила).
4. **Інструкція:** «Проаналізуй зв'язок техніки та новин. Дай висновок українською мовою».

Ти - професійний фінансовий аналітик. Твоє завдання - пояснити торговий сигнал.

ВХІДНІ ДАНІ:

1. Актив: {symbol}

2. Поточна ціна: {price}

3. Прогноз нейромережі (LSTM): {prediction} (Впевненість: {confidence}%)

4. Ключові фактори впливу (SHAP):

- {shap_feature_1}: {shap_value_1} (вплив: {impact_1})

- {shap_feature_2}: {shap_value_2} (вплив: {impact_2})

5. Останні новини:

{news_headlines}

ІНСТРУКЦІЯ:

Проаналізуй дані крок за кроком:

1. Оціни технічну картину на основі факторів SHAP.

2. Співстав технічний сигнал із новинами (чи є конфлікт?).

3. Сформулюй висновок: чи безпечно входити в угоду?

ВІДПОВІДЬ (українською мовою, стисло):

Результат роботи (Приклад)

- Сигнал: BUY
- Впевненість: 82%
- RSI: < 30 (Перепроданість)

```
"ai_analysis": {  
  "model_prediction": 0.78,  
  "signal_class": "STRONG_BUY",  
  "shap_factors": {  
    "RSI_14": "+0.15 (Oversold condition)",  
    "Volume_SMA": "+0.08 (Volume spike)",  
    "MACD": "-0.02 (Neutral divergence)"  
  },  
  "llm_explanation": "Система ідентифікувала точку  
входу в лонг. Технічний аналіз: актив перепроданий  
(RSI < 30) на 15-хвилинному таймфреймі при різкому  
зростанні обсягів (+150% до середнього), що свідчить  
про інтерес покупців. Фундаментальний фон: новини  
нейтральні. Рекомендація: вхід з коротким стоп-лосом  
(0.5%)."  
}
```

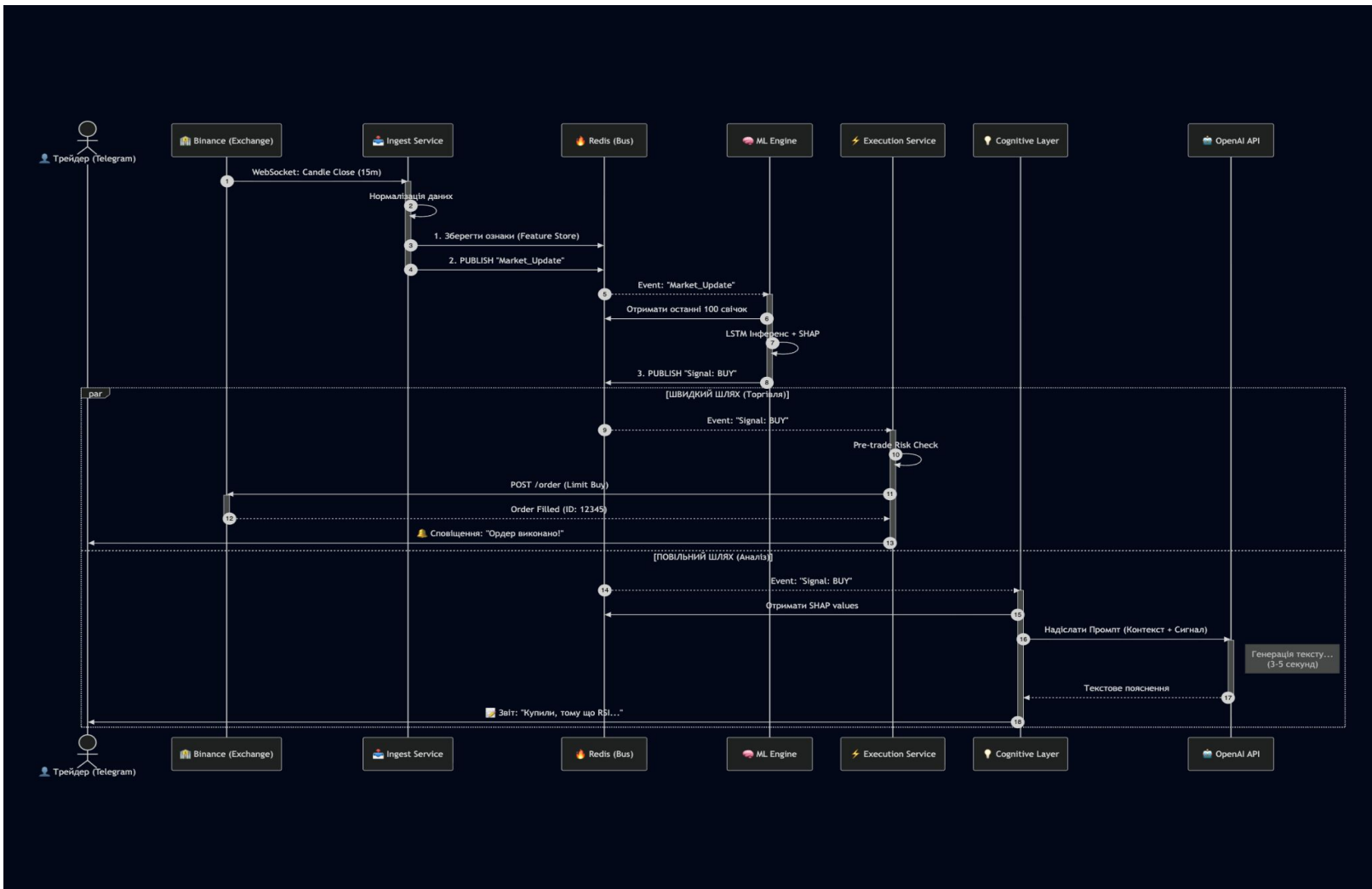
Когнітивний шар та логіка роботи

Реалізовано асинхронну обробку:

1. **Швидкий шлях:** ML-сигнал -> Виконання ордера (< 500 мс).
2. **Повільний шлях:** ML-сигнал -> SHAP аналіз -> LLM пояснення (~3-5 с).

Це дозволяє не гальмувати торгівлю генерацією тексту.

Використано підхід **RAG** (Retrieval-Augmented Generation) для фактологічної точності пояснень

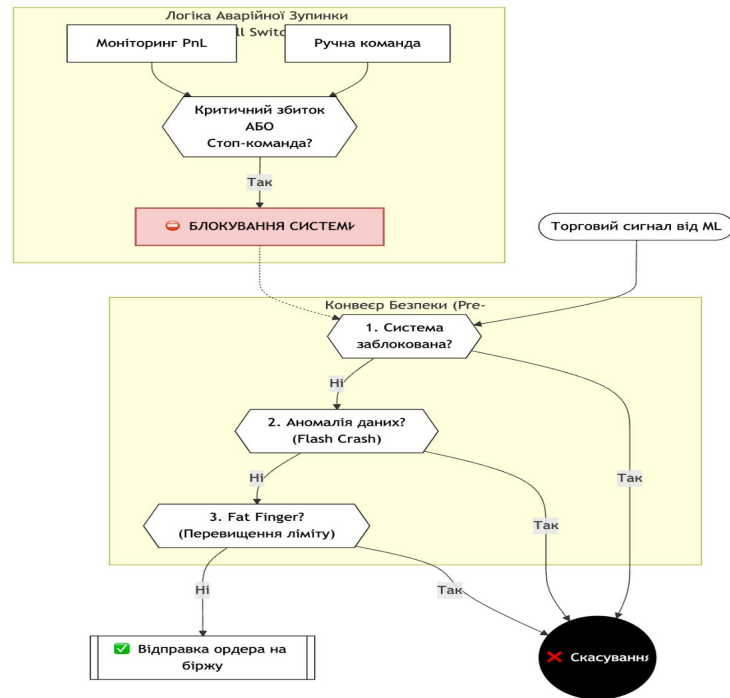


Система безпеки та управління ризиками

Впроваджено механізм **Kill Switch**: автоматична зупинка при досягненні ліміту втрат (5% за день).

Перевірки **"Fat Finger"**: захист від аномально великих ордерів.

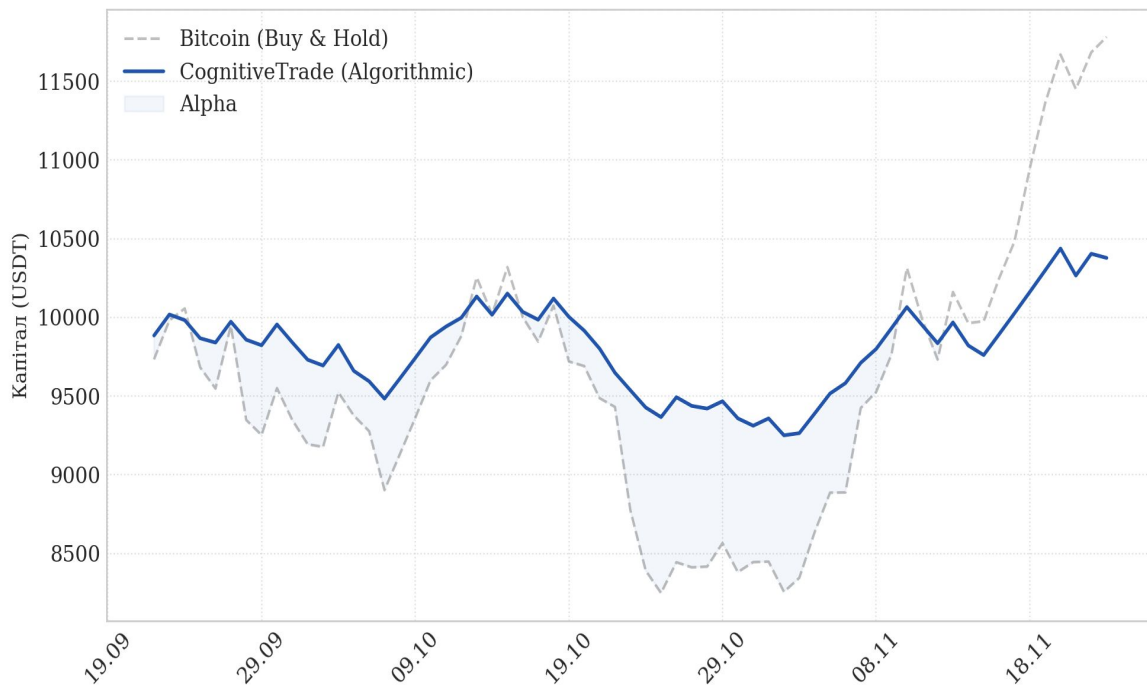
Захист від Flash Crash: фільтрація аномальних ринкових даних.



Результати експериментів (Equity Curve)

- *Sharpe Ratio: 2.45* (проти 1.85 у Bitcoin).
- *Max Drawdown: -8.1%* (проти -22.4% у Bitcoin).
- Система показала вищу стійкість до падінь ринку завдяки механізмам Stop-Loss.
- Стратегія CognitiveTrade забезпечує плавнішу криву капіталу, ніж просте утримання активу (Buy & Hold).

Результати тестування: BTC 17.8% vs Bot 3.8%
(Враховано комісії та проковзування)



Висновки

Розроблено мікросервісну систему для алгоритмічної торгівлі з використанням Python, Docker, Redis.

Реалізовано модель LSTM з точністю прогнозування 69%, що є достатнім для прибуткової торгівлі.

Вперше інтегровано "Когнітивний шар" (LLM + SHAP), що робить рішення системи прозорими для користувача.

Тестування підтвердило ефективність системи: зниження ризиків у 3 рази порівняно з базовою стратегією.

Система готова до подальшого масштабування (Kubernetes) та підключення нових джерел даних.