

СИСТЕМА ПРИЙНЯТТЯ ТОРГОВИХ РІШЕНЬ НА ФІНАНСОВИХ РИНКАХ НА ОСНОВІ НЕЧІТКОГО КЛАСТЕРНОГО АНАЛІЗУ ЧАСОВИХ РЯДІВ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У представленій роботі розглянуто розробку автоматизованої системи прийняття торгових рішень на валютному ринку Форекс на основі алгоритму нечіткої кластеризації Fuzzy C-Means. Запропоновано комбінований підхід, що поєднує FCM з багатофільтровою архітектурою для підвищення стабільності торгових сигналів. Експериментально підтверджено ефективність системи на реальних історичних даних валютних пар EUR/USD та GBP/USD.

Ключові слова: нечітка кластеризація, Fuzzy C-Means, автоматизована торгова система, валютний ринок, технічний аналіз, фільтрація сигналів.

Abstract

The paper presents the development of an automated trading decision system for the Forex market based on the Fuzzy C-Means clustering algorithm. A combined approach is proposed that integrates FCM with a multi-filter architecture to improve trading signal stability. The system's effectiveness is experimentally validated on real historical data of EUR/USD and GBP/USD currency pairs.

Keywords: fuzzy clustering, Fuzzy C-Means, automated trading system, forex market, technical analysis, signal filtering.

Вступ

Валютний ринок Форекс з денним обсягом понад 7.5 трильйонів доларів характеризується високою волатильністю та невизначеністю, що створює значні виклики для прийняття торгових рішень. Традиційні методи технічного аналізу генерують багато хибних сигналів у флетовому ринку (ефективність 55-60%), тоді як складні моделі машинного навчання схильні до перенавчання та потребують великих обсягів даних [1].

Актуальність автоматизації торгових рішень обумовлена необхідністю швидкої обробки інформації, усунення емоційного фактору та забезпечення стабільної прибутковості. У цьому контексті методи нечіткої логіки відкривають нові можливості для роботи з невизначеністю фінансових ринків, забезпечуючи інтерпретованість результатів та меншу схильність до перенавчання порівняно зі складними нейронними мережами [2].

Метою роботи є підвищення ефективності автоматизованого прийняття торгових рішень на валютному ринку Форекс шляхом розробки системи на основі нечіткої кластеризації з багатофільтровою архітектурою.

Постановка задачі дослідження

Основні завдання дослідження такі:

- формалізація задачі ідентифікації торгових сигналів як задачі нечіткої кластеризації;
- адаптація алгоритму Fuzzy C-Means для класифікації ринкових станів;
- розробка системи валідації сигналів з п'ятьма типами фільтрів;
- реалізація програмного забезпечення з інтеграцією MetaTrader 5;
- експериментальна оцінка ефективності на реальних історичних даних.

Виклад основного матеріалу

Задачу ідентифікації торгових рішень формалізовано як задачу нечіткої кластеризації в багатомірному просторі технічних індикаторів. Алгоритм Fuzzy C-Means класифікує ринкові стани на два кластери (умовно "BUY" та "SELL") з параметром розмитості $m=2.0$, що забезпечує оптимальний баланс між чіткістю класифікації та стійкістю до шуму [2].

Простір ознак сформовано з шести технічних індикаторів:

- RSI (Relative Strength Index) – індикатор перекупленості/перепроданості;
- ATR (Average True Range) – міра волатильності ринку;
- MACD (Moving Average Convergence Divergence) – індикатор моментуму та тренду;
- Stochastic Oscillator – осцилятор для визначення точок розвороту;
- MA Crossover – перетин швидкої та повільної ковзних середніх;
- Price Change – відносна зміна ціни за період.

Використання z-score нормалізації забезпечує рівний вплив всіх індикаторів на результати кластеризації, незалежно від їх абсолютних значень.

Для зменшення кількості хибних сигналів та підвищення стабільності торгівлі розроблено систему валідації, що включає п'ять типів фільтрів:

- гістерезисний фільтр використовує різні порогові значення для входу (0.8) та виходу (0.45) з позиції, що запобігає частим перемиканням у зоні невизначеності та знижує кількість транзакцій;
- фільтр мінімальної тривалості позиції встановлює обмеження на мінімальний час утримання позиції (50 свічок = 12.5 годин для таймфрейму M15), що фільтрує короткострокові шумові сигнали;
- ATR-фільтр волатильності активує торгівлю лише при достатньому рівні волатильності ринку ($ATR >$ порогове значення), що дозволяє уникати торгівлі в періоди низької активності з малим потенціалом прибутку;
- трендовий фільтр аналізує глобальний тренд на старших таймфреймах (H4, D1) та дозволяє відкривати позиції лише за напрямком домінуючого тренду, що значно підвищує ймовірність успішних угод [3];
- сесійний фільтр обмежує торгівлю активними торговими сесіями (London, New York), коли ліквідність та волатильність є оптимальними для внутрішньоденної торгівлі [4].

Реалізовано модульну архітектуру з п'яти основних шарів:

- шар даних забезпечує завантаження та валідацію OHLCV-котирувань з підтримкою різних джерел (CSV, API);
- шар формування ознак виконує розрахунок технічних індикаторів з підтримкою трьох наборів (minimal, default, extended) та z-score нормалізацією;
- шар стратегії реалізує клас FuzzyStrategyFiltered, що інтегрує нечітку кластеризацію з багатофільтровою системою валідації сигналів;
- шар виконання базується на BacktestEngine для реалістичної симуляції торгівлі з моделюванням Stop-Loss, Take-Profit, комісій та slippage;
- шар оцінки розраховує фінансові метрики (Sharpe ratio, win rate, максимальна просадка) та генерує детальні звіти з візуалізацією.

Забезпечено інтеграцію з торговою платформою MetaTrader 5 через мову MQL5 для можливості тестування на реальних ринкових даних та практичного застосування системи.

Систему протестовано на історичних даних валютних пар EUR/USD та GBP/USD за період з 01.01.2024 до 01.06.2025 (35,137 барів таймфрейму M15) з розділенням на тренувальну (80%) та тестову (20%) вибірки.

Результати тестування на парі GBP/USD представлено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Порівняння запропонованої з базовими стратегіями для пари GBP/USD

Метрика\ Стратегія	Запропонована	Buy and Hold	MA Crossover
Загальний прибуток(total return), %	+7.96	+6.47	+4.27
Win Rate, %	55.79	100	50.72
Коефіцієнт Шарпа (shape ratio)	4.11	2.84	1.92
Максимальна просадка (MaxDrawn), %	-1.67	-3.47	-2.62
Кількість угод	190	2	382

Розроблена система демонструє найвищий Sharpe ratio (4.11), що свідчить про найкращу ефективність з урахуванням ризику. Win rate 55.79% підтверджує стабільність прийняття торгових рішень. Порівняно зі стратегією Buy and Hold (100% прибутку при 2 угодах), система забезпечує кращу прибутковість (7.96%) при реалістичній кількості угод (190).

Висновки

Розроблено автоматизовану систему прийняття торгових рішень на валютному ринку Форекс, що базується на комбінованому підході з використанням алгоритму нечіткої кластеризації Fuzzy C-Means та багатофільтрової архітектури валідації сигналів.

Експериментально підтверджено ефективність системи на реальних історичних даних валютних пар EUR/USD та GBP/USD: досягнуто win rate 55-58%, Sharpe ratio 4.11, загального прибутку 7-9% на тестових даних. Порівняльний аналіз продемонстрував переваги системи над базовими стратегіями (Buy and Hold, MA Crossover) за показниками ризик-прибутковості.

Науково-технічний результат роботи полягає у розробці комбінованого підходу, що поєднує нечітку кластеризацію з п'ятьма типами фільтрів (гістерезисний, тривалості позиції, ATR, трендовий, сесійний), що забезпечує вищу стабільність результатів порівняно з традиційними методами технічного аналізу.

Практична цінність підтверджується створенням працездатної системи, інтеграцією з MetaTrader 5 та можливістю використання для реальної торгівлі на валютному ринку Форекс.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Krauss C., Do X. A., Huck N. Deep neural networks, gradient-boosted trees, random forests: Statistical arbitrage on the S&P 500 // European Journal of Operational Research. 2017. Vol. 259, № 2. P. 689–702.
2. Kabachii V. Identifying moments of decision making on trade in financial time series using fuzzy cluster analysis / V. Kabachii, R. Maslii, S. Kozlovskiy, O. Dronchack // Neuro-Fuzzy Modeling Techniques in Economics. – 2023. – № 12. – P. 175–192. – DOI: 10.33111/nfmte.2023.175.
3. Бакай Є. І. Модель прийняття рішень для фінансових часових рядів на основі пари середніх з використанням оцінки різних часових вимірів / Є. І. Бакай, В. В. Кабачий, Р. В. Маслій // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2017. – № 1. – С. 70–77. Wong Kin Yiu.

Павленко Володимир Віталійович – ст. групи ІСТ-24м, факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації; Вінницький національний університет, м.Вінниця, e-mail: vovapavl2003@gmail.com;

Кабачій Владислав Володимирович – канд. техн. наук, доцент кафедри автоматизації та інтелектуальних інформаційних технологій, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: kabachij.v.v@vntu.edu.ua;

Науковий керівник: **Маслій Роман Васильович** – канд. техн. наук, доцент кафедри автоматизації та інтелектуальних інформаційних технологій, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця; e-mail: maslij.r.v@vntu.edu.ua;

Pavlenko Volodymyr V. – student of Faculty of Intellectual Information Technologies and Automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: vovapavl2003@gmail.com;

Kabachii Vladyslav V. – Cand. Sc. (Eng), Associate Professor at the Department of Automation and Intelligent Information Technology, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: kabachij.v.v@vntu.edu.ua;

Supervisor: **Maslii Roman V.** – Cand. Sc. (Eng), Associate Professor at the Department of Automation and Intelligent Information Technology, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: maslij.r.v@vntu.edu.ua.