

# СИСТЕМА ПРИЙНЯТТЯ ТОРГОВИХ РІШЕНЬ НА ОСНОВІ ANFIS ТА НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ ДЛЯ ФІНАНСОВИХ ЧАСОВИХ РЯДІВ

Вінницький національний технічний університет

## Анотація

У роботі представлено результати розробки інтелектуальної системи прийняття торгових рішень на фінансових ринках на основі гібридного підходу, що поєднує фільтрацію фінансових часових рядів, формування інформативних ознак та адаптивну нейро-нечітку систему логічного виведення ANFIS. Запропоновано архітектуру програмного забезпечення, яка забезпечує модульність, інтерпретованість та адаптивність моделі в умовах нестационарності та шумовості ринкових даних. Проведено експериментальні дослідження на історичних даних фінансового ринку, які підтвердили ефективність запропонованого підходу.

**Ключові слова:** фінансові часові ряди, алгоритмічний трейдинг, нечітка логіка, ANFIS, ковзні середні, прийняття рішень.

## Abstract

This paper presents the results of developing an intelligent trading decision-making system for financial markets based on a hybrid approach that combines financial time series filtering, informative feature construction, and an adaptive neuro-fuzzy inference system (ANFIS). A software architecture is proposed that ensures model modularity, interpretability, and adaptability under conditions of non-stationarity and market noise. Experimental studies conducted on historical financial market data confirm the effectiveness of the proposed approach.

**Keywords:** financial time series, algorithmic trading, fuzzy logic, ANFIS, moving averages, decision making.

## Вступ

Сучасні фінансові ринки характеризуються високою динамічністю, значною волатильністю та вираженою нестационарністю, що суттєво ускладнює задачі прогнозування та автоматизованого прийняття торгових рішень. Традиційні методи технічного аналізу та класичні статистичні моделі часто виявляються недостатньо ефективними в умовах шумових даних і змінних ринкових режимів. У зв'язку з цим актуальним є застосування інтелектуальних методів, здатних адаптуватися до змін середовища та працювати з невизначеністю.

Одним із перспективних напрямів є використання нейро-нечітких систем, які поєднують інтерпретованість нечіткої логіки з можливостями навчання нейронних мереж. Адаптивна нейро-нечітка система логічного виведення ANFIS дозволяє автоматично налаштовувати параметри функцій належності та правил на основі даних, що робить її придатною для аналізу складних фінансових процесів.

**Метою даної роботи** є розробка та дослідження системи прийняття торгових рішень на основі ANFIS з використанням фільтрації фінансових часових рядів і нечіткої інтерпретації прогнозних сигналів.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

- проаналізувати властивості фінансових часових рядів як об'єкта моделювання;
- розробити метод формування вектора ознак на основі лагових значень і трендових індикаторів;
- побудувати ANFIS-подібну модель прогнозування;
- реалізувати механізм нечіткого прийняття торгових рішень типу Buy/Sell/Hold;
- провести експериментальну перевірку ефективності системи.

### Виклад основного матеріалу

Запропонована система побудована за модульним принципом і включає такі рівні: шар даних, шар формування ознак, модельний шар, шар прийняття рішень та шар оцінювання. На етапі попередньої обробки фінансового часового ряду здійснюється нормалізація та фільтрація за допомогою швидкої та повільної ковзних середніх [1], що дозволяє зменшити вплив шумових компонент і виділити трендову складову. У роботі використано методи цифрової фільтрації (ковзні середні), апарат теорії нечітких множин, адаптивні нейро-нечіткі моделі ANFIS, градієнтні методи оптимізації, а також фінансові метрики оцінювання ефективності торгових стратегій [2].

Для опису стану ринку формується вектор ознак, який включає лагові значення ціни, значення ковзних середніх, їх різницю та похідні характеристики, зокрема нахил тренду. Такий підхід забезпечує компактне та інформативне представлення ринкової динаміки.

Прогнозування майбутньої зміни ціни виконується за допомогою ANFIS-подібної моделі з дзвоноподібними функціями належності та наслідками типу Сугено першого порядку (рис. 1). Навчання моделі здійснюється у середовищі PyTorch [3] із використанням сучасних алгоритмів оптимізації, що забезпечує стабільну збіжність навіть на зашумлених фінансових даних.

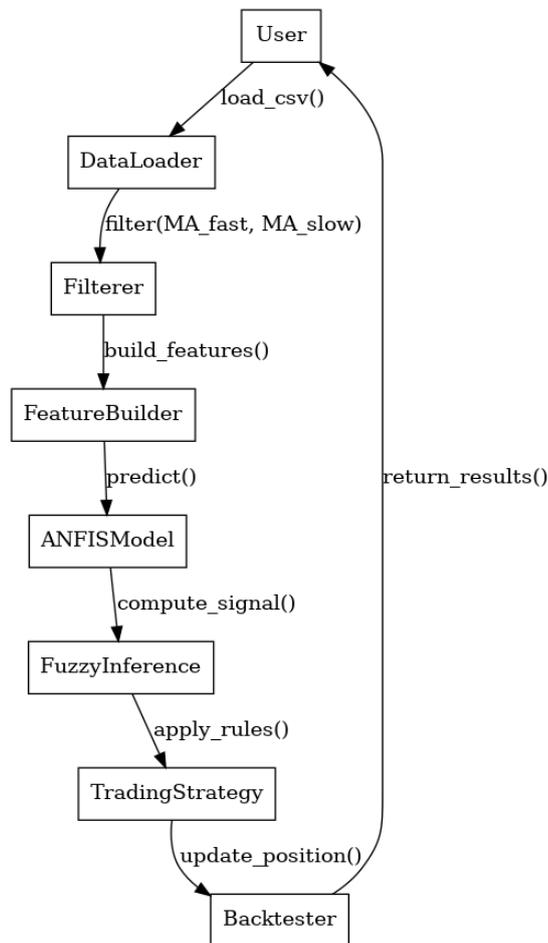
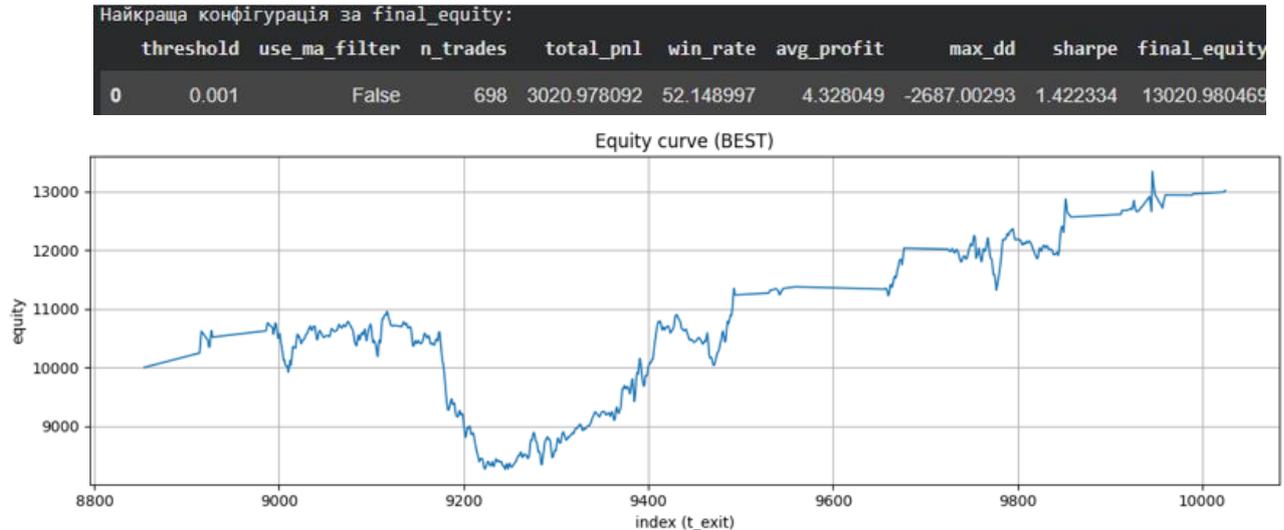


Рисунок 1 – UML-діаграма послідовності взаємодії компонентів торгової системи на основі ANFIS

Числовий прогноз інтерпретується за допомогою нечіткої логіки, на основі якої формуються дискретні торгові сигнали Buy, Sell або Hold. Для підвищення стійкості системи реалізовано торгову стратегію з утриманням позиції до зміни сигналу, що дозволяє зменшити кількість хибних входів і транзакційних витрат.

а)



б)

Рисунок 2 – Тестування системи на даних валютної пари EUR/USD з таймфреймом M15 за один місяць (березень 2025 року): а) результати прогнозування на тестовій вибірці, б) результати роботи торгової системи

Експериментальна перевірка запропонованої системи проведена на історичних даних валютної пари EUR/USD з таймфреймом M15 (рис. 2). Результати показали, що поєднання МА-фільтрації з ANFIS-моделлю забезпечує стабільний прогноз і формування узгоджених торгових сигналів. Отримана крива капіталу характеризується плавним зростанням і помірними просадками, що свідчить про практичну придатність підходу.

### Висновок

У роботі розроблено інтелектуальну систему прийняття торгових рішень на основі адаптивної нейро-нечіткої моделі ANFIS. Запропонований підхід поєднує фільтрацію фінансових часових рядів, інформативне формування ознак та нечітку логіку прийняття рішень. Експериментальні результати підтвердили ефективність і стабільність системи в умовах реальних ринкових даних. Отримані результати можуть бути використані як основа для подальших досліджень і розробки практичних торгових систем

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- акай С. І. Модель прийняття рішень для фінансових часових рядів на основі пари середніх з використанням оцінки різних часових вимірів / С. І. Бакай, В. В. Кабачий, Р. В. Маслій // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2017. – № 1. – С. 70–77.  
– 2023. – № 12. – Р. 175-192. – DOI: 10.33111/nfimte.2023.175.  
yTorch – An open source machine learning framework. Available: <https://pytorch.org/> (Accessed: 20 Sep 2025)

**Вербовецький Ярослав Юрієвичу** – студент групи ІСТ-24м, кафедра автоматизації та інтелектуальних інформаційних технологій, факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації, Вінницький національний технічний університет, Вінниця. e-mail: [y.verbaaa@gmail.com](mailto:y.verbaaa@gmail.com)

Науковий керівник: **Кабачій Владислав Володимирович** – к. т. н., доцент кафедри Автоматизації та інтелектуальних інформаційних технологій, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: