

УДК 004.415.2.031.43

**Т.В. Веремієнко, В.В. Мікулін**

## **ПРОЕКТУВАННЯ І РЕАЛІЗАЦІЯ ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ПРОЦЕСІВ ЦІНОУТВОРЕННЯ**

### **Вступ**

Майбутнє багатьох явищ невідоме, але воно дуже важливе для рішень, які приймаються в даний момент. Прогнозування – найважливіший компонент аналітичної роботи, що дозволяє передбачити найбільш ймовірний розвиток подій, а також визначити, які заходи впливу приведуть до тих чи інших результатів.

Прогнозування – один з вирішальних елементів ефективної організації управління окремими господарюючими суб'єктами та економічними спільнотами внаслідок того, що якість прийнятих рішень великою мірою визначається якістю прогнозування їх наслідків. Тому рішення, прийняті сьогодні, повинні спиратися на достовірні оцінки можливого розвитку досліджуваних явищ та подій в майбутньому.

Прогноз повинен визначати можливості, в рамках яких можуть ставитись реалістичні задачі планування розвитку економіки або роботи підприємства. У прогнозуванні використовуються математичні методи, часом досить складні і різні для конкретних завдань. Поширення комп'ютерів, простих та ефективних програмних продуктів робить прогнозування більш швидким і досить ефективним механізмом аналізу.

Існують деякі програмні продукти, які дозволяють автоматично виконувати аналіз даних, а саме, економетричний пакет EvIEWS, що забезпечує достатньо складний і тонкий інструментарій обробки даних, дозволяє виконувати регресійний аналіз, будувати прогнози у Windows-орієнтованому комп'ютерному середовищі [1]. Modeleasy+ – потужний економетричний пакет, існуючий більше 20 років. Він створений для оцінки та імітації економетричних моделей. В пакеті існує вбудована мова [2] PcGive – діалоговий пакет економетричного моделювання, який дозволяє проводити різні процедури оцінки і тестів, від методу найменших квадратів до коінтеграційного аналізу даних і оцінки моделей одночасових рівнянь [3].

Основною метою даної статті є критичний огляд сучасних методів прогнозування та вибір і застосування кращих для аналізу фінансових процесів. У статті виконано огляд існуючих на даний момент продуктів для статистичної обробки даних та аналізу природи стаціонарних і нестаціонарних процесів та їх класифікації. Розглянуто типи архітектури, які використовуються для проектування інформаційно-аналітичної системи (ІАС). Також описано поширені методи оцінювання параметрів моделі та прогнозування для стаціонарних і нестаціонарних процесів.

На основі моделі експоненціального згладжування та регресійних моделей реалізована ІАС, за допомогою якої можливо визначати найкращі моделі з мінімальними на це затратами ресурсів. Також передбачено гнучкий інтерфейс для роботи з програмним продуктом.

**Мета даної роботи** – розробка структурної схеми і реалізація програмно інформаційно-аналітичної системи. За допомогою системи проаналізувати та дослідити моделі прогнозування та поведінку курсів акцій на біржі.

Був проведений огляд по відомим роботам з даної тематики. В роботі [4] розповідається про новий підхід до математичного моделювання складних систем, заснований на принципі евристичної самоорганізації. Відповідно до цього принципу математична модель оптимальної складності відповідає мінімуму деякого критерію, який називається критерієм селекції. В якості такого критерію в одних задачах використовується критерій регулярності та незміщеності моделі, а в інших – критерій балансу змінних. У роботі [5] розглянуті методи аналізу динамічних (часових) рядів і побудова прогнозів, а також методи оцінки параметрів моделі і діагностичної перевірки моделі; методи оцінки помилки прогнозів і коригування прогнозів. Розглянуті інтегральні та різницеві схеми, методи згладжування і сезонні ряди. В роботі [6] розглянутий технічний аналіз як метод прогнозування ціни, заснований на математичних, а не економічних викладках. Даний метод був створений для прикладних цілей, а саме – отримання доходів при грі спочатку на ринку цінних паперів, а потім і на ф'ючерсних. Була вивчена робота [7], яка присвячена побудові статистичних моделей зі змінними параметрами для прогнозування нестационарних часових рядів. Розглянуті адаптивні методи поліноміальних і стохастичних трендів, сезонних і циклічних коливань, гістограм, моделей сім'ї ARIMA, ARCH.

В даній роботі пропонується підхід до розв'язання задачі, який ґрунтується на створеній інформаційно-аналітичній системі на основі сучасних методів прогнозування.

### **Постановка задачі**

Необхідно розробити структуру і реалізувати програмно інформаційно-аналітичну систему для прогнозування нестационарних процесів ціноутворення на біржі з використанням фактичних даних, а також порівняти отримані результати за допомогою різних методів.

### **Методи та реалізація задачі прогнозування**

Структура інформаційно-аналітичної системи дозволяє виконувати:

- 1) введення даних за допомогою завантаження з файлу або з клавіатури;
- 2) зображення набору даних на графіку;
- 3) знаходження пропущених значень в ряді та підрахувати їх кількість;
- 4) прогнозування значень за допомогою методу експоненціального згладжування з відповідними параметрами;

5) підрахунок основних описових статистик ряду числових значень.

На рис. 1 представлена архітектура спроектованої системи.

Виконано критичний огляд існуючих методів моделювання і прогнозування стаціонарних та нестаціонарних процесів та проведено аналіз їх переваг та недоліків. Відносно методів моделювання і прогнозування стаціонарних процесів найпростішим є метод експоненціального згладжування, але він є і найбільш грубим як при описі моделі, так і при прогнозуванні. Також одним із недоліків є відсутність чіткого алгоритму вибору оцінки або вибору основного параметру методу. Методи авторегресії (АР) і авторегресія з ковзним середнім (АРКС) мають чіткий, теоретично обґрунтований алгоритм, за яким можна побудувати якісну модель. До недоліків мо-



Рис. 1. Архітектура ІАС

жна віднести нечіткість і складність в описанні статистичних методів вибору порядку моделі, що ускладнює моделювання їх на ЕОМ. Вдалим виходом із ситуації є застосування експертних граничних значень параметрів. Серед моделей опису гетероскедастичних процесів можна виділити моделі авторегресія з умовною гетероскедастичністю (АРУГ) і узагальнена авторегресія з умовною гетероскедастичністю (УАРУГ), які є загально визнаними методами опису і прогнозування нестаціонарних процесів. Серед переваг нечіткого методу групового урахування аргументів (НМГУА) відзначимо відсутність потреби задавати структуру моделі. Недоліком методу групового урахування аргументів (МГУА) є ресурсоемність цього методу, яка не дозволяє його застосувати в широкому колі задач.

На наступному рисунку представлена функціональна схема інформаційно-аналітичної системи аналізу даних (рис. 2):

Важливим моментом процесу прогнозування є об'єктивне визначення якості отриманого прогнозу. Рис. 3 ілюструє часову вісь та відрізки часу, на яких виконується оцінювання моделі і перевірка якості прогнозу [8, 9].

Вибірку даних доцільно розділити на навчальну та перевіірочну. Різні емпіричні дослідження рекомендують залишати для перевірки (5-40)% значень ряду даних для перевірки.

Для оцінки якості моделі необхідно визначити наскільки добре модель відтворює дійсні часові ряди. Завжди рекомендується робити повторний (ретроспективний) прогноз після моделювання. Наведемо формальні критерії оцінки якості моделі:

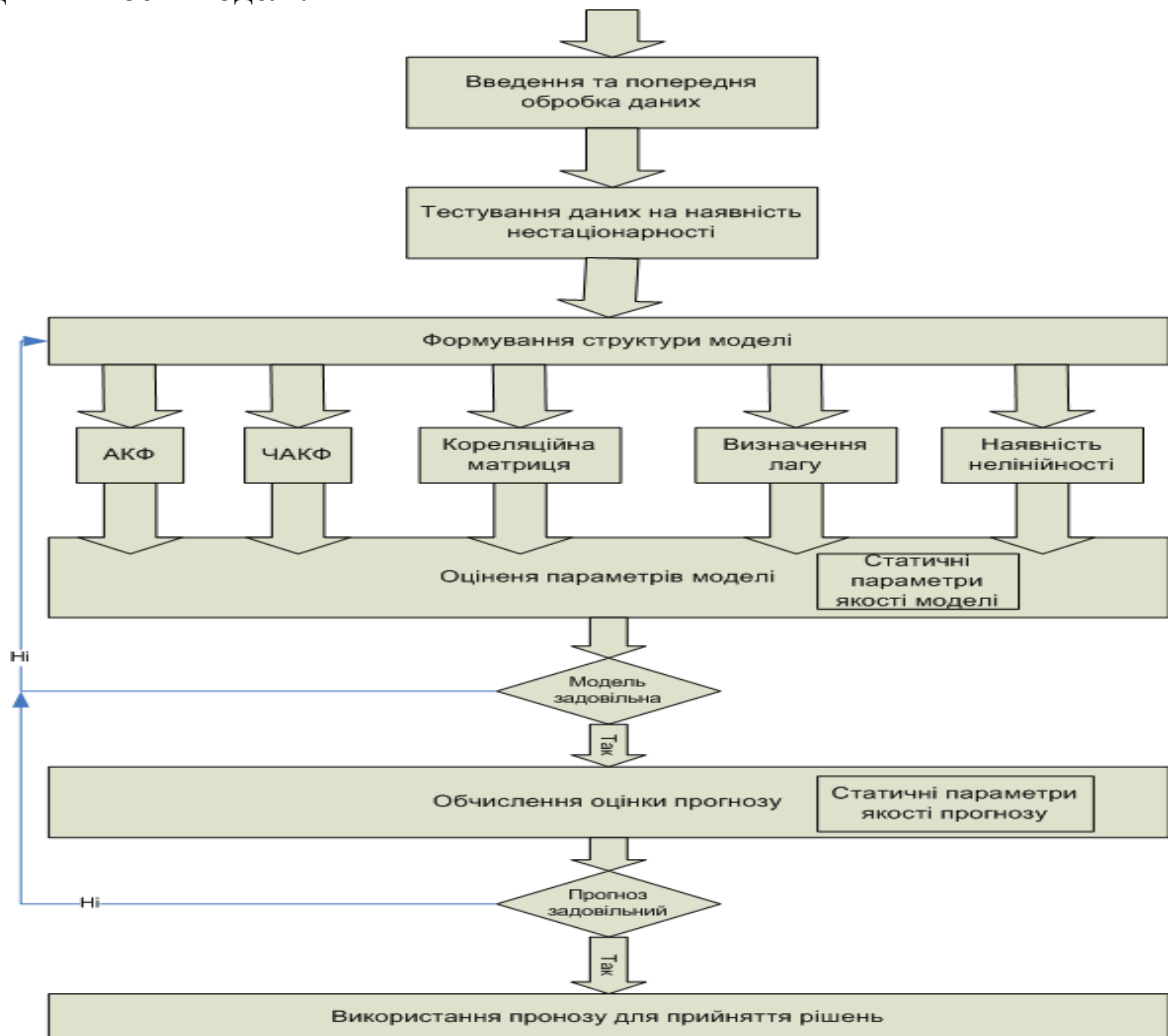


Рис. 2. Функціональна схема ІАС

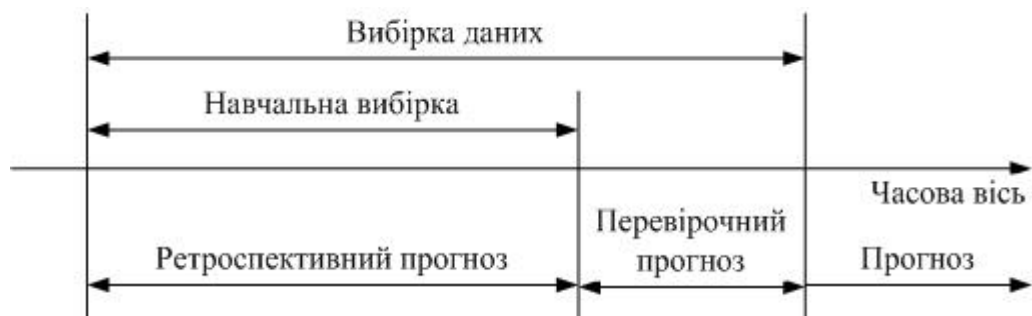


Рис. 3. Послідовність прогнозування за часовим рядом

- ✓ поворотні точки (точки перегину);
- ✓ чутливість до зміни початкових даних;
- ✓ чутливість до зміни коефіцієнтів;
- ✓ формальні статистики.

Точки перегину є важливими, оскільки деякі моделі можуть мати більшу точність, але можуть погано спрацьовувати при прогнозуванні змін трендів (і, наприклад, циклів). Якість моделі визначається тим, наскільки точно вона може прогнозувати зміни напрямку розвитку процесу, тобто нахил або знак тренду. Завжди необхідно шукати компроміс між точністю моделі, тобто якістю апроксимації ряду, і її динамічними властивостями. Однак, для аналізу цієї властивості формальних тестів немає. Можна наближено встановити якість моделі щодо відтворення динаміки ряду шляхом візуального аналізу фактичного та спрогнозованого ряду.

Ще однією характеристикою якості моделі є її чутливість до початкового (стартового) періоду імітаційного моделювання. Якщо модель генерує результати, які можна наближено класифікувати як інваріантні до початкових умов, то вона вважається прийнятною. Інакше, якщо результати імітаційного моделювання залежать від початкових умов, можна припустити, що модель не якісна.

### Результати застосування інформаційно-аналітичної системи

У якості даних взято індекс Першої фондової торгівельної системи (ПФТС) за період з 14 вересня 2009 р. по 31 березня 2010 р. [10]

Побудовані моделі *стаціонарних процесів*:

$$1) \text{AP}(1): \text{pfts}(k) = 3.892148 + 0.280317 * \text{pfts}(k-1).$$

$$2) \text{APKC}(1,5): \text{pfts}(k) = 3.852075 + 0.272779 * \text{pfts}(k-1) + 0.143514 * \text{ma}(k-5),$$

а також побудовані моделі *нестационарних процесів*:

#### 1. 3 трендом:

1) Тренд 3-го порядку:

$$\text{pfts}(k) = 474.8249 + 10.20395 * k - 0.217448 * k * k + 0.001399 * k * k * k.$$

2)  $\text{AP}(1) + \text{AP}(5) + \text{Тренд 3-го порядку}$ :

$$\text{Pfts}(k) = 123.0116 + 1.604046 * k - 0.03799 * k * k + 0.000267 * k * k * k + 0.887667 * \text{pfts}(-1) - 0.119981 * \text{pfts}(-5)$$

#### 2. Гетероскедастичні:

1) Авторегресійна умовно гетероскедастична модель (АРУГ):

$$\text{H}^2(k) = 2511.522 + 1.090227 * \varepsilon^2(k-1) + 0.192906 * h(k-1).$$

2) Узагальнена авторегресійна умовно гетероскедастична модель (УАРУГ):

$$\text{H}^2(k) = 5.162558 - 0.001469 * \varepsilon^2(k-1) + 1.00686 * h^2(k-1) - 0.047694 * h^2(k-5).$$

Порівняємо знайдені моделі за статистичними характеристиками (табл. 1) та прогнозними характеристиками (табл. 2):

### Таблиця 1

Статистичні характеристики моделей

Модель	Коефіцієнт детермінації (R-squared)	Сума квадратів залишків (Sum squared resid)	Дарбін-Уотсон (Durbin-Watson)
AP(1)-стаціонарний	0.078481	15156.36	1.969234
АРКС(1,5)-стаціонарний	0.098422	14828.4	1.958842
Тренд 3-го порядку – нестаціонарний (з трендом)	0.958926	50442.82	0.288334
AP(1)+AP(5)+Тренд 3-го порядку – нестаціонарний (з трендом)	0.988667	12267.51	1.729539
АРУГ(1) – нестаціонарний (гетероскедастичний)	0.93284	$5.52 \cdot 10^8$	0.860004
УАРУГ(1,1) – нестаціонарний (гетероскедастичний)	0.934466	4514.684	2.232886

Таблиця 2

## Прогнозні характеристики моделей

Модель	Середньоквадратична похибка (Root mean square error)	Середньоабсолютна похибка у відсотках (Mean abs per error)	Коефіцієнт Тейла (Theil coefficient)
AP(1)-стаціонарний	19.54964	1.891777	0.010526
АРКС(1,5)-стаціонарний	18.50335	1.936327	0.703708
Тренд 3-го порядку – нестаціонарний (з трендом)	23.40866	2.432130	0.012547
AP(1)+AP(5)+Тренд 3-го порядку – нестаціонарний (з трендом)	19.93967	1.743950	0.010717
НМГВА	18.5032	0.017158	0.010076

Прогноз відбувається на чотири кроки (25.03,26.03,29.03,30.03-2010) (табл. 3, рис. 4).

Таблиця 3

## Результати однокрокового статичного прогнозування

Момент часу	Реальне значення	AP(1)	АРКС (1,5)	Тренд 3-го порядку	AP(1)+AP(5) + Тренд 3-го порядку	Експоненційне згладжування	НМГВА
25.03.10	927	950.7	951.3	915.9	950.6	925.1	914,6
26.03.10	907	935.4	929.2	932.3	938.1	923.9	952,8
29.03.10	922	915.1	904.1	949.4	923.4	932.8	943
30.03.10	941	930.3	937.9	967	933	936.5	902,9

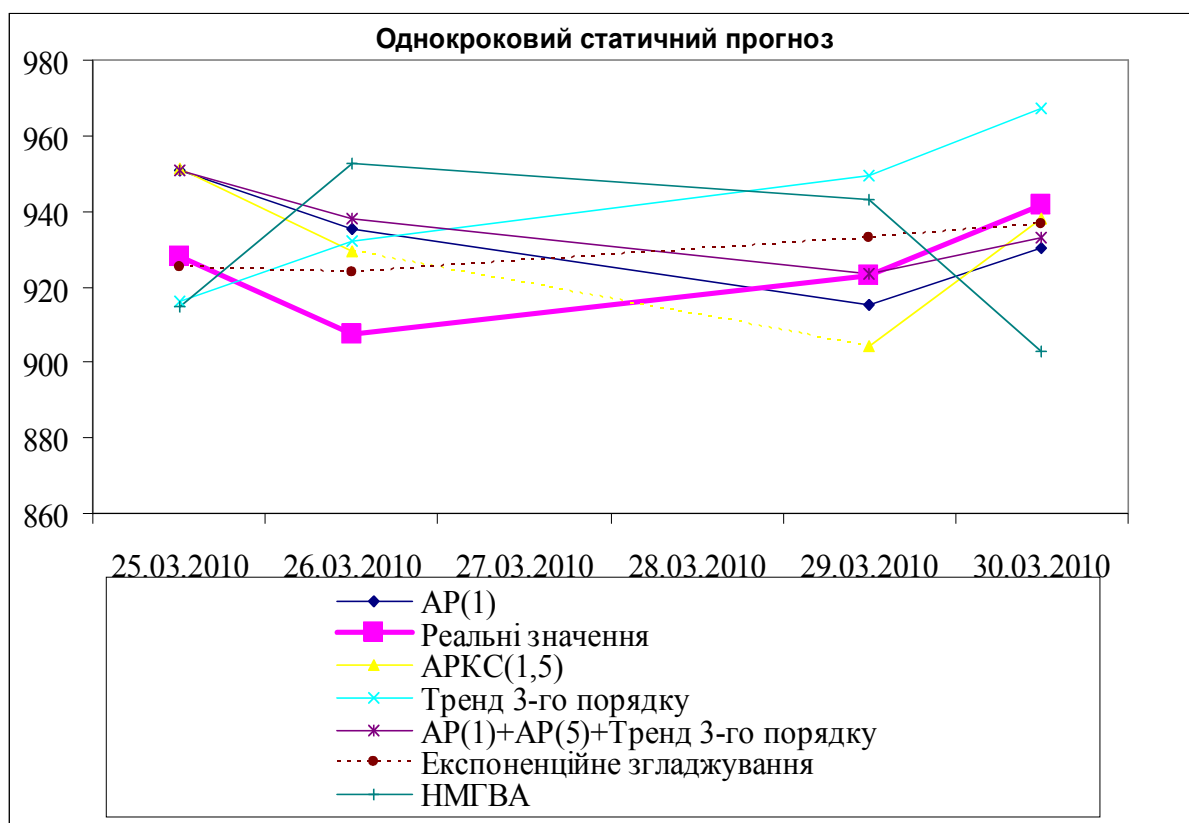


Рис. 4. Графіки реального та прогнозного значень при побудові однокрокового статичного прогнозу

Таким чином для нестационарного процесу формування цін на біржі побудовано множину регресійних моделей досить високого ступеня адекватності. Аналізуючи прогнозні характеристики цих моделей, порівнюємо три основних коефіцієнта (середньоквадратичну похибку, середню абсолютну похибку у відсотках та коефіцієнт нерівності Тейла). Кращий результат отриманий нечітким методом групового врахування аргументів.

## Висновки

В статті створена інформаційно-аналітична система. За допомогою системи побудовані нові математичні моделі для процесів, які характеризують динаміку розвитку фондового ринку. Виконано порівняльний аналіз результатів прогнозування трьома методами: експотенційного згладжування, регресійного аналізу і нечіткого методу групового врахування аргументу. Кращий результат отримано нечітким методом групового врахування аргументів з середньоквадратичною похибкою 18,5032, середньою абсолютною похибкою у відсотках 0,017158 та коефіцієнтом нерівності Тейла 0,010076.

У подальших дослідженнях доцільно застосувати комбіноване прогнозування, яке ґрунтується на усередненні оцінок прогнозів, отриманих різними методами. Також необхідно створити програмне забезпечення для імовірнісного прогнозування, яке є логічним доповненням до використаних вище методів. Модернізувати інтерфейс, введення і виведення даних, спрямований на нові задачі в системі, а також подальше розширення функцій командного інтерпретатора.

## Список використаної літератури

1. Сайт Eviews, [електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.eviews.com/EViews7/ev7main.html>.
2. Сайт Modeleasy+, [електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.emcc.com/software\\_descriptions.htm#ModeleasyDescription](http://www.emcc.com/software_descriptions.htm#ModeleasyDescription).
3. Сайт PcGive, [електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.doornik.com/products.html#PcGive>.
4. *Ивахненко А.Г.* Долгосрочное прогнозирование и управление сложными системами [Текст] / А.Г. Ивахненко. – К.: Техніка, 1975. – 312 с.
5. *Грешилов А.А.* Математические методы построения прогнозов [Текст] / А.А. Грешилов, В.А. Стакун, А.А. Стакун. – М.: Радио и связь, 1997. – 112 с.
6. **Эрлих А.А. Технический анализ товарных и финансовых рынков [Текст] Прикладное пособие / А.А. Эрлих. – [2-е изд.]. – М.: ИНФРА-М, 1996. – 176 с.**
7. *Лукашин Ю.П.* Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования временных рядов [Текст] : Учебное пособие / Ю.П. Лукашин. – М.: Финансы и статистика, 2003. – 416 с.
8. *Бідюк П.І.* Моделювання економіки перехідного періоду [Текст] : конспект лекцій / П.І. Бідюк. – К.: НТУУ «КПІ», 2006. – 233 с.
9. *Бокс Дж., Дженкинс Г.* Анализ временных рядов. Прогноз и управление [Текст]: / Дж. Бокс, Г. Дженкинс. – М.: Мир, 1974. - 406 с.
10. Сайт фондової біржі ПФТС, [електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.pfts.com/uk/shares-indexes/?firstDate=14.09.2009&lastDate=31.03.2010>.