

УДК 336.763.2

Р.Н. Кветний, В.Ю. Коцюбинський, Л.М. Кислиця

**АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ДЛЯ ПРИЙНЯТТЯ
ЕКСПЕРТНИХ РІШЕНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ GARCH-
МОДЕЛЕЙ**

Актуальність

Останнім часом все більше зростає потреба в системах, які здатні виконувати не тільки запрограмовану послідовність дій над раніше визначеними даними, але й здатні самі аналізувати нову інформацію, яка з'являється, знаходити в ній закономірності, проводити прогнозування тощо. На сьогоднішній день кон'юнктура сучасного фінансового ринку відчула на собі помітні зміни. Існує безліч різноманітних факторів, які за останні роки остаточно змінили поведінку і стан ринкових відносин, серед яких можна виділити Інтернет-технології, розвиток економічних зв'язків тощо. Тобто ринок постійно змінюється, тому вага окремо взятих цінних паперів у зв'язку із зміною кон'юнктури може змінитися дуже швидко і раптово. Саме тому на сьогодні прогнозування являється однією з актуальних задач, які виникають під час роботи на ринку цінних паперів [1].

В останні роки все більше уваги приділяється дослідженню і прогнозуванню фінансових часових рядів за допомогою нелінійних методів моделювання. Традиційні моделі часових рядів, такі як модель ARMA або регресійні моделі, не можуть адекватно врахувати всі характеристики, якими володіють фінансові часові показники, і потребують уточнення. Одна з характерних рис фінансових ринків - це та, що властива ринку невизначеність змінюється у часі. Мається на увазі той факт, що дуже часто можна спостерігати періоди чергувань, коли фінансовий показник поводить себе непостійно, і відносно спокійні його періоди[1].

Однією із загальновідомих нелінійних моделей, які використовуються у математичному моделюванні і добре зарекомендували себе, є GARCH-моделі [2]. Адже відомо, що нелінійні моделі можуть уловлювати дуже складні картини фінансових даних, на відміну від існуючих лінійних підходів, що не

дозволяють врахувати і проаналізувати сильно нерегулярну поведінку, яка може демонструватися численними фінансовими активами. Саме тому є актуальним використання таких математичних моделей для створення автоматизованої експертної системи прогнозування поведінки даних на значних часових проміжках.

Мета дослідження

Мета дослідження полягає у розробці експертної системи для прийняття рішень за використанням результатів прогнозування, здійсненого за допомогою GARCH-методів, що дасть змогу підвищити ефективність роботи на фондових ринках.

Основна частина

В даній статті було поставлено завдання - розробити автоматизовану систему для прийняття експертних рішень під час роботи на фінансових ринках, її алгоритм роботи та структурну схему. А також є актуальним навести етапи побудови і створення шкали оцінювання результатів прогнозу і прийняття на основі отриманих даних відповідного експертного рішення.

Вирішення даної задачі доцільно розбити на декілька етапів:

- розробка математичної моделі прогнозування поведінки фінансових активів для прийняття рішення (попередня обробка даних, вибір виду рівняння, обчислення GARCH-коефіцієнтів);
- розробка схеми прийняття рішення, тобто алгоритму функціонування експертної системи;
- створення структурної схеми роботи експертної системи;
- побудова шкали оцінювання відхилень прогнозованих результатів від поточного значення та вироблення відповідного експертного рішення;
- оцінка ефективності прийнятих системою експертних рішень шляхом прогнозування за допомогою математичної GARCH – моделі.

На основі аналізу останніх досліджень та літературних джерел, було вирішено зупинити свій вибір на GARCH-методах для побудови математичної моделі прогнозування поведінки активів [3, 4].

Загальний вигляд нелінійної GARCH моделі представлений наступним чином:

$$\sigma_t^2 = w + \delta_1 \sigma_{t-1}^2 + \dots + \delta_p \sigma_{t-p}^2 + \gamma_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \dots + \gamma_q \varepsilon_{t-q}^2 = w + \sum_{j=1}^p \delta_j \sigma_{t-j}^2 + \sum_{j=1}^q \gamma_j \varepsilon_{t-j}^2 \quad (1)$$

Тоді регресійне рівняння, яке показує кореляцію між двома акціями фінансових компаній, з помилкою у вигляді GARCH моделі можна зобразити у вигляді:

$$y_t = \alpha_1 X1_t + \alpha_2 X2_t + \gamma \varepsilon_{t-1} + v_t \quad (2)$$

де y_t - залежна змінна, $X1_t, X2_t$ - незалежні змінні, ε_{t-1} - помилка, α_1, α_2 - коефіцієнти регресії, γ - коефіцієнт ARCH-процесу, v_t - коефіцієнт GARCH-процесу [5, 6].

Виходячи з (1) і (2) загальний вид рівняння математичної моделі, яка буде надалі використовуватись для прогнозування, можна представити наступним чином [6]:

$$y_t = \alpha_1 X1_t + \alpha_2 X2_t + \gamma \varepsilon_{t-1} + \delta \cdot \sum_{i=1, p} \sigma_{t-i}^2 \quad (3)$$

Відповідно до поставленої в статті задачі щодо побудови системи прийняття експертних рішень на основі результатів прогнозування за допомогою GARCH-моделі, доцільно розробити алгоритм роботи з представленою системою. Він складається з наступних етапів:

Проведення фінансового аналізу ринку (аналіз економічного стану компаній, виявлення ринкових зв'язків, вибір необхідних економічних показників, ознайомлення з останніми фінансовими новинами тощо);

Вибір фінансових активів для подальшої роботи на ринку (відбір активів з необхідністю визначення відповідності їхніх конкретних характеристик вибраним фінансовим показникам: розмір податкових виплат, величина дивідендів, рівень інфляції тощо);

Проведення прогнозування за допомогою побудованої математичної GARCH-моделі (4);

Оцінка ефективності прогнозу та вироблення системою експертного рішення (обчислення значення відхилення прогнозованої ціни активу від її значення на момент прогнозування та прийняття експертного рішення за допомогою шкали оцінювання).

Алгоритм прийняття експертних рішень, вироблених системою у відповідності з наведеними вище етапами зображений на рисунку 1 (а).

Структурна схема запропонованої системи, яка буде реалізовувати прийняття експертного рішення на основі прогнозування поведінки фінансових активів, наведена на рисунку 1(б).

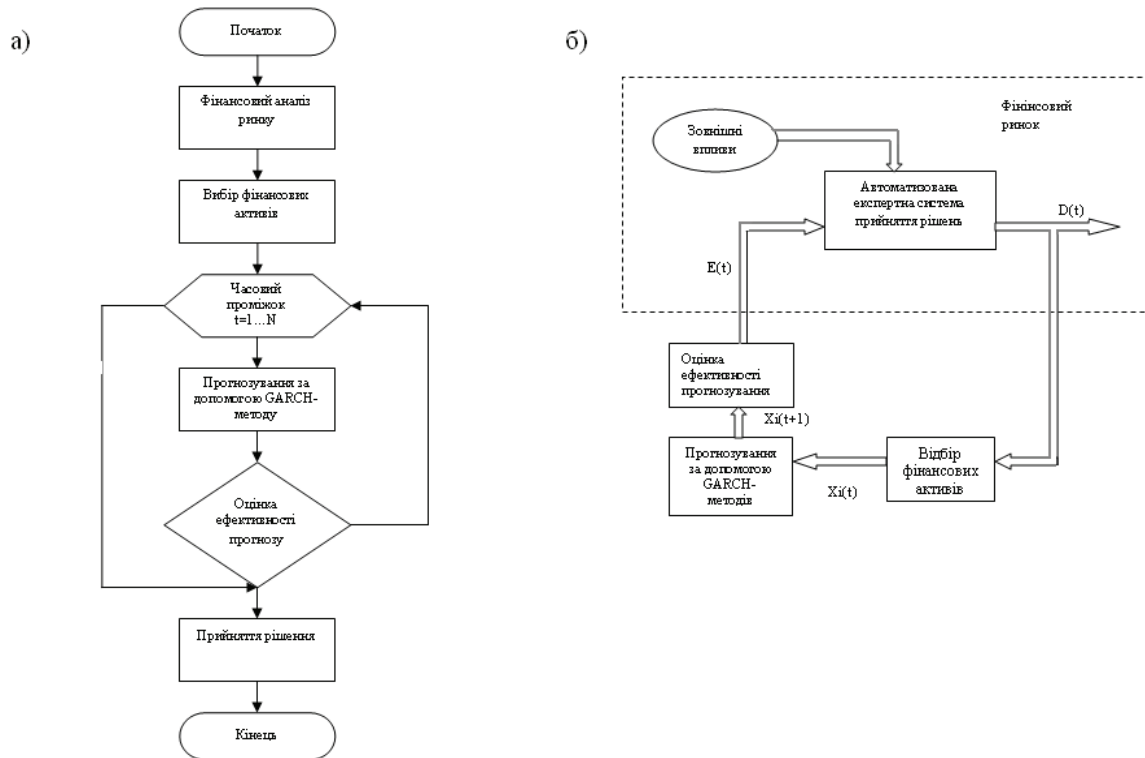


Рисунок 1 - а) - Схема прийняття рішення за допомогою автоматизованої експертної системи ; б) - Структурна схема прийняття рішення за допомогою автоматизованої експертної системи.

Тепер розглянемо методику побудови шкали оцінювання відхилення прогнозованої ціни активу від її значення на момент прогнозування та прийняття експертного рішення за допомогою отриманого результату.

1. Спочатку необхідно провести відбір фінансових активів, з якими планується працювати на ринку, підготувати всі дані, необхідні для прогнозування, вибрати часовий проміжок, протягом якого буде проведено прогноз поведінки активу.

Авторами статті в якості вхідних даних було відібрано 100 фінансових активів для перевірки ефективності прогнозування за допомогою розробленої моделі.

2. Наступним кроком є здійснення прогнозу поведінки відібраних активів за допомогою GARCH-моделі (3) і визначення прогнозованої ціни активу на момент закінчення обраного часового проміжку.

Для проведення прогнозування була взята вся необхідна інформація про денні курси відібраних активів (ціна відкриття, закриття тощо). Часовий проміжок, протягом якого проводилось прогнозування, склав – 40 хвилин. Для побудови розробленої математичної моделі використовувались дані для 1 лютого 2003р. з

9.30 до 10.10 ранку. Прогнозувалась ціна відкриття акцій на протязі 40-хвилинного проміжку з 10.10 до 10.50.

3. Для того, щоб визначити, яке значення відхилення буде відповідати сигналу експертної системи «Strong» - рішення про купівлю або продаж в залежності від знаку відхилення -, «Not Strong» - рішення тримати короткі або довгі позиції, але не відкривати нових, «Weak» - рішення чекати і не розпочинати ніяких дій, необхідно використати статистичну обробку отриманих результатів. А саме визначити основні статистичні показники (математичне очікування та середньоквадратичне відхилення), побудувати криву нормального закону розподілу та визначити проміжки відхилення, які будуть відповідати експертним сигналам системи.

В результаті статистичної обробки отриманих результатів прогнозування відібраних 100 активів було обраховано всі необхідні показники та побудовано графік щільності розподілу ймовірності доходу по фінансовому інструменту, зображену на рисунку 2.

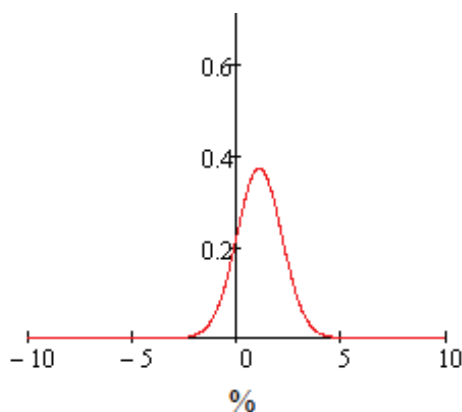


Рисунок 2 - Графік щільності розподілу ймовірності доходу по фінансовому інструменту

На основі цих даних складено таблиці відповідності значення відхилення і експертного рішення, наведені нижче.

Таблиця 1

Оцінювання відхилень для випадку «SELL»

Тип сигналу	Weak Signal	Not Strong Signal	Strong Signal
Значення відхилення, %	Deviation <0.31 Deviation >1.89	0.31 < Deviation < 0.63 1.47 < Deviation < 1.89	0.63 < Deviation < 1.47
Дія	Чекати	Тримати відкриті короткі позиції, але не відкривати нові	Продавати

Таблиця 2

Оцінювання відхилень для випадку «BUY»

Тип сигналу	Weak Signal	Not Strong Signal	Strong Signal
Значення відхилення, %	Deviation < 0.1 Deviation > 2.08	0.1 < Deviation < 0.595 1.585 < Deviation < 2.08	0.595 < Deviation < 1.585
Дія	Чекати	Тримати відкриті довгі позиції, але не відкривати нові	Купувати

В результаті проведеного прогнозування, розрахунку відхилень і прийняття рішень, вироблених експертною системою, із 100 випадків 62 були успішними з точки зору справедливості прогнозування. На рисунку 3 зображений приклад одного з успішних випадків прогнозування для компанії BVF (), де крива 1 показує реальну поведінку фінансового активу, а крива 2 - прогнозовану. Серед успішних випадків прогнозування 4 активи з значеннями відхилення, які лежать в необхідних межах, отримали сигнал «Strong» для продажу та 11 активів – для купівлі.

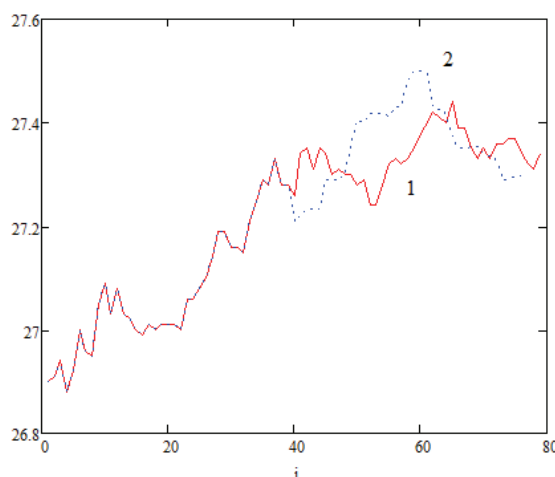


Рисунок 3 - Приклад «успішного» прогнозування за допомогою GARCH-моделі

Розглянемо на прикладі застосування результатів прогнозування та прийняття експертних рішень, вироблених системою. Нехай в результаті прогнозування інвестор відібрав серед наявних активи, які попали в групу «Strong», для подальшої роботи: 4 активи – для операції «Sell», 11 активів – для операції «Buy». Тоді початкова сума витрат буде складати 5834\$. Тоді інвестор, отримавши експертні рішення системи на основі результатів прогнозування, здійснив необхідні дії. Через 40 хвилин порівнявши затрачену суму і отриману прибуток склав 104\$ або це 1,78% від початкової суми вкладень.

Висновки

Розроблено методологію підвищення ефективності прийняття рішень на основі прогнозування з використанням нелінійних GARCH-методів. Для цього було обрано і проаналізовано лінійні регресійні моделі та доповнено їх нелійними елементами у вигляді GARCH-помилки. Крім того розроблено структурну схему системи, алгоритм прийняття рішення та шкалу оцінювання відхилень прогнозованих цін від поточних, за допомогою якої система приймає експертне рішення. Авторами проведено аналіз практичних результатів роботи системи умовах реального фінансового ринку і було отримано позитивні результати та прибуток у розмірі 104\$ або 1,78% від початкової суми вкладень, що підтверджують доцільність використання представленої експертної системи для прогнозування на практиці.

ЛІТЕРАТУРА

1. <http://www.nsu.ru/ef/tsy/ecmr/index.htm> – ARCH-моделі: 10.10.07
2. А. Цыплаков Модели ARCH. – М.: Финансы и статистика, 2003. – 396 с.
3. Л.А.Дмитриева, Ю.А.Куперин, И.В.Сорока Методы и теории сложных систем в экономике и финансах// Экономика и математические методы. – 2002. – Т. 28, вып. 5 – 6. – С. 794 - 801.
4. Kramer, W., and H. Sonnberger. The Linear Regression Model Under Test. Phisica-Verlag, 1986.
5. Песаран, М., Слейтер, Л. Динамическая регрессия: теория и алгоритмы. – М: Финансы и статистика, 1984. – 263 с.
6. Р.Н.Кветний, В.В.Кабачій, В.Ю. Коцюбинський, Л.М. Кислиця Оптимізація моделі для прийняття рішень з використанням GARCH-методів// Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. Вип. 6 – Вінниця, –2007 – С. 122 - 127.

Получено 07.03.2008 г.