

УДК 519.652:519.254

DOI: 10.18372/2310-5461.37.12367

П. О. Приставка, д-р техн. наук, проф.
Національний авіаційний університет
orcid.org/0000-0002-0360-2459
e-mail: ki@ukr.net;

О. В. Тиводар
Національний авіаційний університет
orcid.org/0000-0002-6018-9226
e-mail: ksenya_tyvodar@yahoo.com

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДІВ НА ОСНОВІ КОВЗНОГО СЕРЕДНЬОГО ТА СИНГУЛЯРНОГО РОЗКЛАДУ ПРИ ПРОГНОЗУВАННІ ПОВЕДІНКИ ЦІНИ АКЦІЙ

Вступ

Становлення і розвиток фондових бірж характеризується зростанням кількості акцій, обсягів торгових операцій, та скороченням часу на прийняття торгових рішень, а також низкою інших наслідків, що ускладнюють прийняття раціональних рішень при проведенні торгових операцій. Також актуальним є постійне вдосконалення та розробка нових підходів і методів підтримки та прийняття рішень в області проведення технічного аналізу.

Їх використання на практиці учасниками фондових бірж дозволить автоматизувати процес технічного аналізу, що в свою чергу, скоротить час на прийняття раціональних рішень при проведенні торгових операцій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Із розвитком економічних відносин в галузі міжнародної торгівлі спостерігається збільшення акціонерів компанії, що призводить до розширення керівного складу компанії. Процес збільшення управлінської ради відбувається за рахунок купівлі акцій додаткової емісії.

Тому актуальними, в наш час, є вакансії, які пов'язані із посередництвом цінних паперів (брокери, трейдери тощо). Значний внесок у розвиток теоретичних основ аналізу біржових ринків внесли вітчизняні та зарубіжні вчені, зокрема: В. Грем [1, с. 356], О. І. Дегтярьова [2, с. 679], М. О. Солодкий [3, с. 336], О. М. Сохацька [4, с. 602].

Беручи до уваги всю наукову значущість цих робіт, зазначимо, що на сучасному етапі розвитку біржової торгівлі постала необхідність подальшого удосконалення теоретичних засад аналізу та прогнозування цін на товари та фінансові інструменти, що реалізуються на біржах.

Постановка завдання

Нехай задано деякий часовий ряд $P = \{p_i, i = \overline{1, N}\}$. У загальному випадку можна припустити, що ряд P сформований на основі спостереження реалізацій однієї випадкової величини, наприклад

$$p_i = x_i,$$

або шляхом віднесення однієї величини до іншої (або декількох інших):

$$p_i = \frac{x_i}{y_i}.$$

У припущенні, що спостереження містять інформацію про деяку вартість, необхідно визначити моменти часу, коли оптимальним є купівля, або продаж носіїв такої вартості (акцій, матеріальних цінностей тощо).

Вочевидь, якщо для ряду P вирішувати задачу прогнозування, то критерієм оптимальної купівлі є виконання умови

$$p_i < p_{i+k}, \quad i = \overline{1, N}, \quad (1)$$

а продажу — виконання умови

$$p_i > p_{i+k}, \quad i = \overline{1, N}, \quad k = 1, 2, \dots \quad (2)$$

Зауважимо, що умови (1), (2) можна визначити і так:

$$p_i < \bar{p}_{i+k}, \quad i = \overline{1, N}, \quad k = 1, 2, \dots,$$

$$p_i > \bar{p}_{i+k}, \quad i = \overline{1, N}, \quad k = 1, 2, \dots,$$

де \bar{P} — послідовність, що визначає деякі усереднені значення часового ряду P (на зразок авторегресії) або тренд.

Поставимо за мету даної роботи, виходячи з запропонованого в подальшому викладенні моделі, дослідити показники (стратегії, індикатори) купівлі (продажу) носія ціни на основі аналізу похідних функції $p(t)$.

Виклад основного матеріалу

Можемо припустити, що модель ряду P можна подати як відліки деякої неперервної функції $p(t)$, $t \in [0, \infty)$, отже:

$$p(t) = \varphi(t) + \psi(t) + \varepsilon(t), \quad (3)$$

де φ — апроксимована складова ряду (тренд); ψ — деталізована складова ряду; ε — випадкова складова (шум), або для послідовностей:

$$p_i = \varphi_i + \psi_i + \varepsilon_i, \quad i = \overline{1, N}. \quad (4)$$

Тоді, аналізуючи лише деталізовану складову, можна зазначити, що $\psi(t)$ визначає відхилення ряду P у більший або менший бік від тренду, а це дає право запропонувати евристичне правило купівлі або продажу без перевірки умов (1) та (2).

Отже, при зростаючому тренді рекомендовано здійснювати купівлю, якщо за деяких $i = \overline{N-j, N}$, $j = 1, 2, \dots$, фактичні спостереження ряду, без урахування випадкової завади ε

$$p_i^* = \varphi_i + \psi_i,$$

перевищують значення трендової складової φ , тобто

$$\psi_i > 0, \quad i = \overline{N-j, N},$$

при цьому в околі i -го відліку $\psi(t)$ зростає, тобто похідна

$$\psi'(t) > 0. \quad (5)$$

Для послідовності $\{\psi_i, i = \overline{N-j, N}, j = 1, 2, \dots\}$ як умови (5) можна використати нерівності на основі різниць першого порядку

$$\psi_{N-j} - \psi_{N-j-1} > 0, \quad j = 0, 1, \dots$$

Наприклад, для останньої N -ї точки спостереження, за умову купівлі носія ціни можна використати такі нерівності:

$$\varphi_N - \varphi_{N-1} > 0 \text{ та } \psi_N - \psi_{N-1} > 0. \quad (6)$$

Із аналогічних міркувань при спадаючому тренді зазначимо, що для $i = \overline{N-j, N}$, $j = 1, 2, \dots$ продаж краще здійснювати, коли

$$\psi_i < 0, \quad i = \overline{N-j, N},$$

при цьому в околі i -го відліку $\psi(t)$ має спадати:

$$\psi'(t) < 0$$

або за використанням нерівності на основі різниць першого порядку:

$$\psi_{N-j} - \psi_{N-j-1} < 0, \quad j = 0, 1, \dots,$$

а для останньої N -ї точки спостереження, за умови продажу носія ціни можна використати нерівності:

$$\varphi_N - \varphi_{N-1} < 0 \text{ та } \psi_N - \psi_{N-1} < 0. \quad (7)$$

У подальшому викладенні розглянемо можливість оцінити чисельно складову ψ для побу-

дови показника купівлі (продажу). На сьогодні одним з популярних підходів до оцінки складових часового ряду є метод *SSA* [5, с. 8].

У результаті застосування сингулярного розкладу ряду $P = \{p_i, i = \overline{1, N}\}$ та подальшою його реконструкціонування, можемо отримати згладжену послідовність $P^* = \{p_i^*, i = \overline{1, N}\}$, яка, залежно від потреби, може пояснювати певний відсоток варіабельності даних. Фактично послідовність p^* є дискретною оцінкою трендової складової $\psi(t)$ в моделі (3), а відповідно різниця

$$\tilde{p}_i = p_i - p_i^* \quad (7)$$

— оцінкою складової $\psi(t) + \varepsilon(t)$.

Для оцінки $\psi(t)$ необхідно взяти для реконструкції малозначущі складові.

Для оцінки стратегії купівлі-продажу на основі методу *SSA* та умовами (6), (7), запропонуємо наступний експеримент. Для 25 рядів торгованих на біржі фондів (ETF) виділимо точки купівлі та продажу в режимі реального часу. Режим реального часу передбачає, що кожен ряд досліджуваного ряду вважаємо за останню, тому для проведення експерименту розділяємо кожен ряд на впіл: на історичну та досліджувану частини. На кожному кроці експерименту додаємо точку з досліджуваної частини до історичної та проводимо процедуру для визначення типу останньої точки: купівля, продаж або утримання від дій.

Якщо точка p_i була визначена як «купівля» або «продаж», тестуємо її на значущість на різних періодах перевіркою умов:

$$p_i < p_{i+1}. \quad (8)$$

для купівлі та для продажу:

$$p_i > p_{i+1}, \quad l = \{1, 5, 10, 15, 25, 35, 45, 65\}. \quad (9)$$

Невиконання умов (8, 9) вважаємо за помилкові спрацьовування та знаходимо частку правильних спрацьовувань μ .

Тобто, для кожної експериментальної точки здійснюємо перевірку таких статистичних гіпотез:

H_0 : діяти (купувати або продавати);

H_1 : утриматися від будь-яких дій.

Значення $1 - \mu$ є ймовірністю помилки другого роду: має місце гіпотеза H_1 , проте приймається гіпотеза H_0 , яка не є правильною [6, с. 91].

Проведемо експеримент варіюючи довжиною вікна декомпозиції (L) та компонентами декомпозиції (m). Результати експерименту наведено на рисунках, де за віссю ординат відкладено частку вдалих операцій (рис. 1, 2).

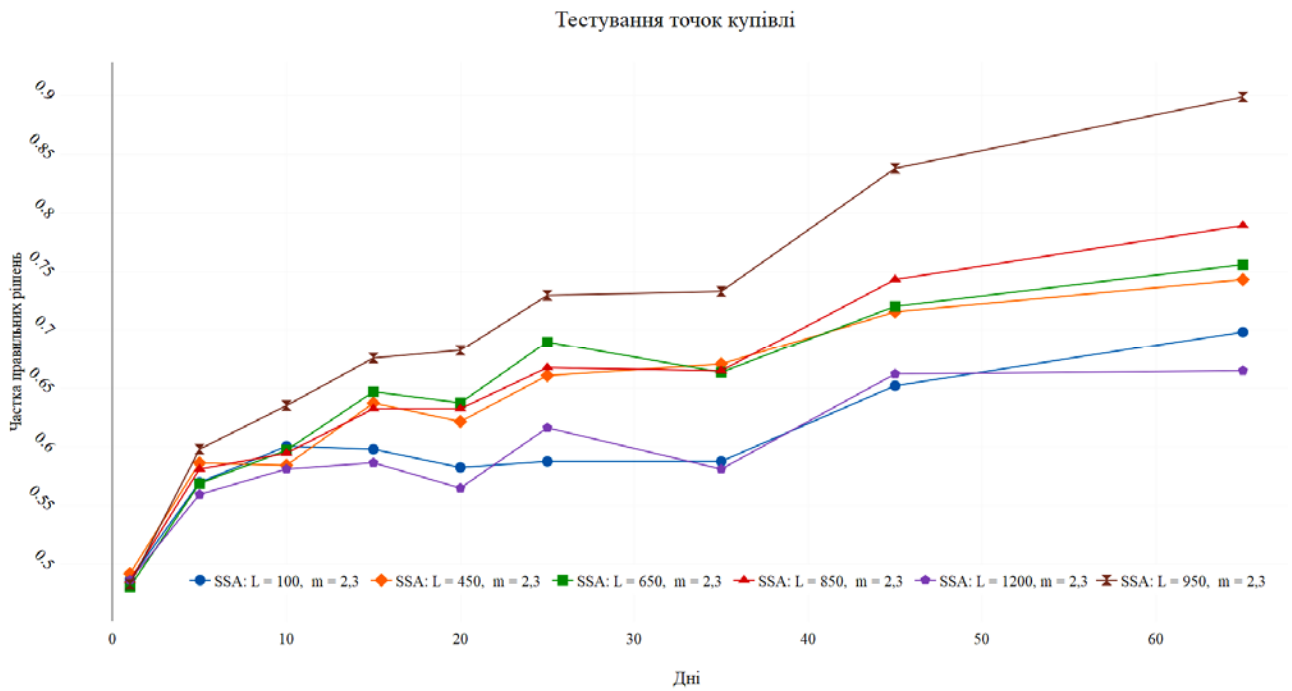


Рис. 1. Потужність (частка правильних рішень) критерію відносно гіпотези H_1 для точок купівлі, детектованих індикатором на основі SSA

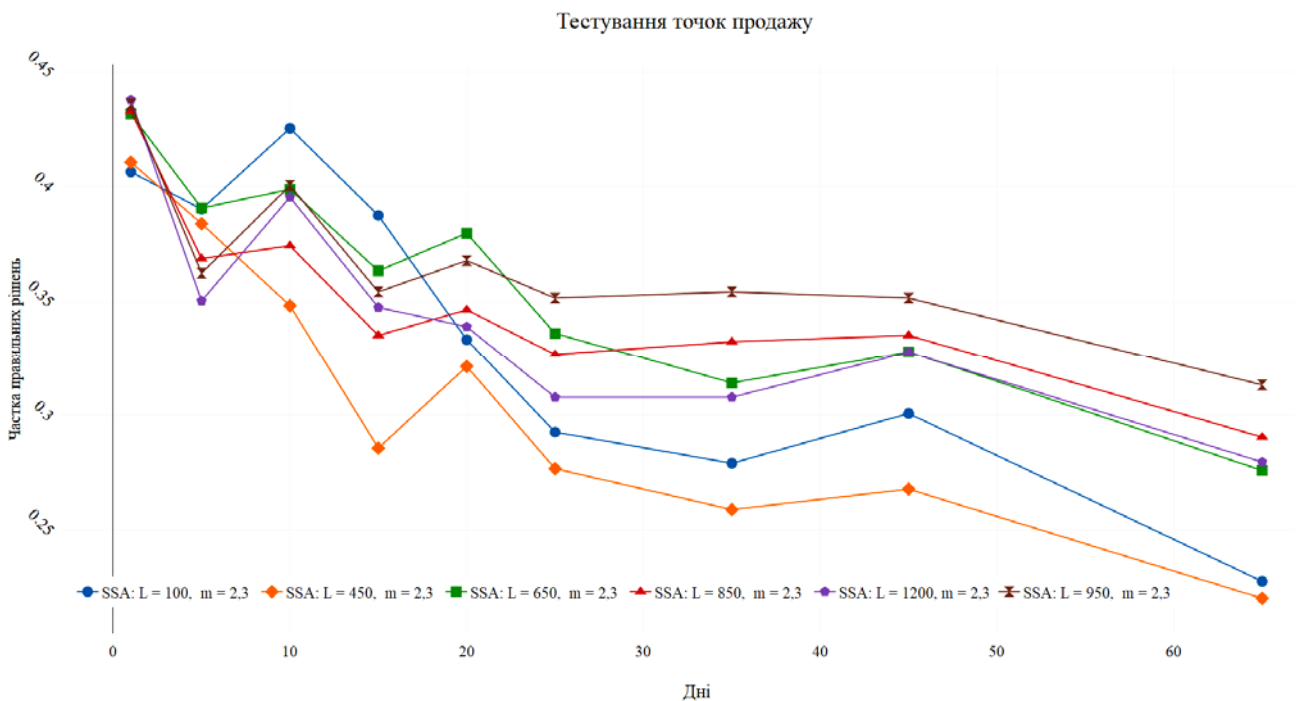


Рис. 2. Потужність (частка правильних рішень) критерію відносно гіпотези H_1 для точок продажу, детектованих індикатором на основі SSA

Найпоширенішим методом технічного аналізу для перевірки сили і напрямку тренду, а також визначення критичних точок, є індикатор MACD [7, с. 165], який будується на основі ковзних середніх. Для розрахунку лінійного MACD для деякого процесу $p(t)$ використовують експоненціальні згладжування у вигляді:

$$MACD = EMA_s(P) - EMA_f(P)$$

або

$$MACD = EMA_a(EMA_s(P) - EMA_f(P)), \quad (10)$$

де $EMA_s(P)$ — експоненціальне ковзне середнє з коротким періодом, наприклад, 5; $EMA_f(P)$ — експоненціальне ковзне середнє з довгим періодом, наприклад, 25; $EMA_a(P)$ — згладжувальне експоненціальне ковзне середнє з коротким

періодом від різниці двох інших ковзних; P — початковий сигнал (вартість деякого цінного паперу).

Зазвичай критерієм для купівлі вважають перетин ковзного середнього з меншим періодом знизу вгору ковзне з більшим періодом. Сигналом для продажу вважають перетин ковзного середнього з меншим періодом зверху вниз ковзне з більшим періодом. Чим більшими є періоди ковзних середніх, тим меншою буде кількість хибних сигналів.

Разом з експоненціальним ковзним середнім на практиці використовується подвійне експоненціальне ковзне середнє (DEMA):

$$\text{DEMA} = (1 + a)\text{EMA}(p, n) - a\text{EMA}(\text{EMA}(p, n), n),$$

$$a \in [0, 1].$$

Вочевидь, оператор (10) є оцінкою складової $\psi(t)$ в моделі (3), проте, така оцінка дає «запізнення», що зумовлено використанням відповідних операторів експоненціального згладжування. На відміну від SSA, наведені вище індикатори тренду включають у себе період затримки (лаг). Це означає, що рух угору у відносній ціні насправді відбувається до того, як індикатор MACD перетинає позначку 0 і навпаки.

Дослідження методів проводимо на різних наборах вхідних параметрів. Для MACD на основі EMA та DEMA варіюємо довжинами короткого та довгого періодів згладжування — f та s відповідно. На рисунках (рис. 3–6) наведено частки вдалих операцій для індикатора MACD на основі EMA та DEMA згладжування.

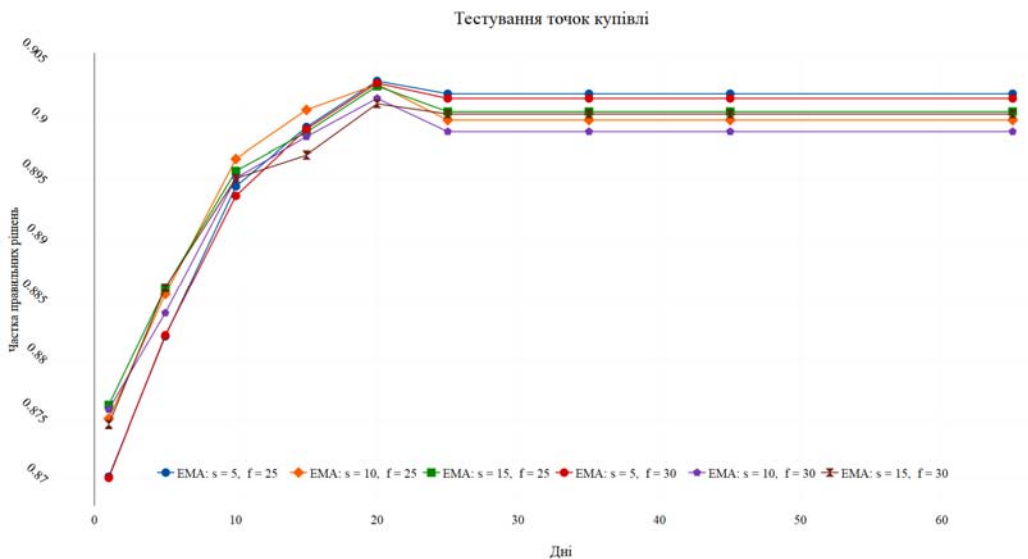


Рис. 3. Потужність (частка правильних рішень) критерію відносно гіпотези H_1 для точок купівлі, детектованих індикатором на основі EMA

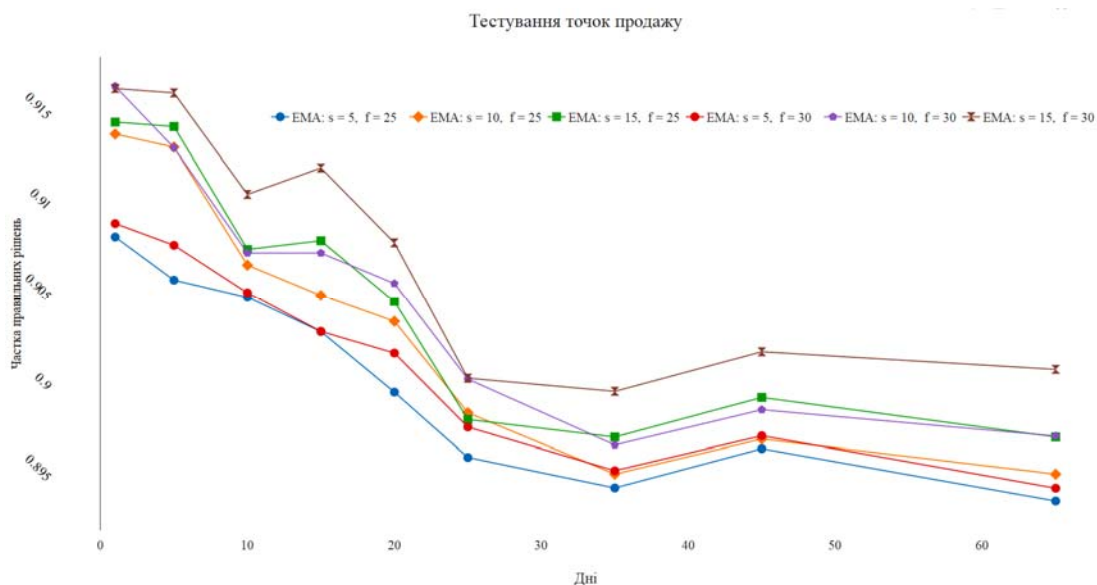


Рис. 4. Потужність (частка правильних рішень) критерію відносно гіпотези H_1 для точок продажу, детектованих індикатором на основі EMA

На графіках (рис. 5–6) бачимо, що індикатор на основі згладжування з лагом (EMA, DEMA) дає більшу ймовірність прийняття правильного рішення, ніж *SSA*. Це можна пояснити тим, що великі інвестори, отримавши інформацію, яка має вплив на цінні папери, що їх цікавлять, діють негайно, впливаючи своїми грошовими потоками на тенденції на ринку, тобто їх дії уже відображені у біржових цінах. Єдино можливими є ті зміни, котрі пояснюються наявністю фактора непередбачуваності або випадковості.

Саме через миттєву реакцію великих гравців на передбачувану поведінку ринку є виправданим використання моделей із запізненням [8, с. 1056].

Виходячи із зазначеного, можна скоригувати для моделі (3) подання трендової складової.

Більш реалістичною оцінкою тренду на зростання буде

$$\varphi(t) = \varphi(t) - \beta\varphi(t), \quad (11)$$

де $\varphi(t)$ — тренд на основі даних; β — деякий коефіцієнт «запізнення».

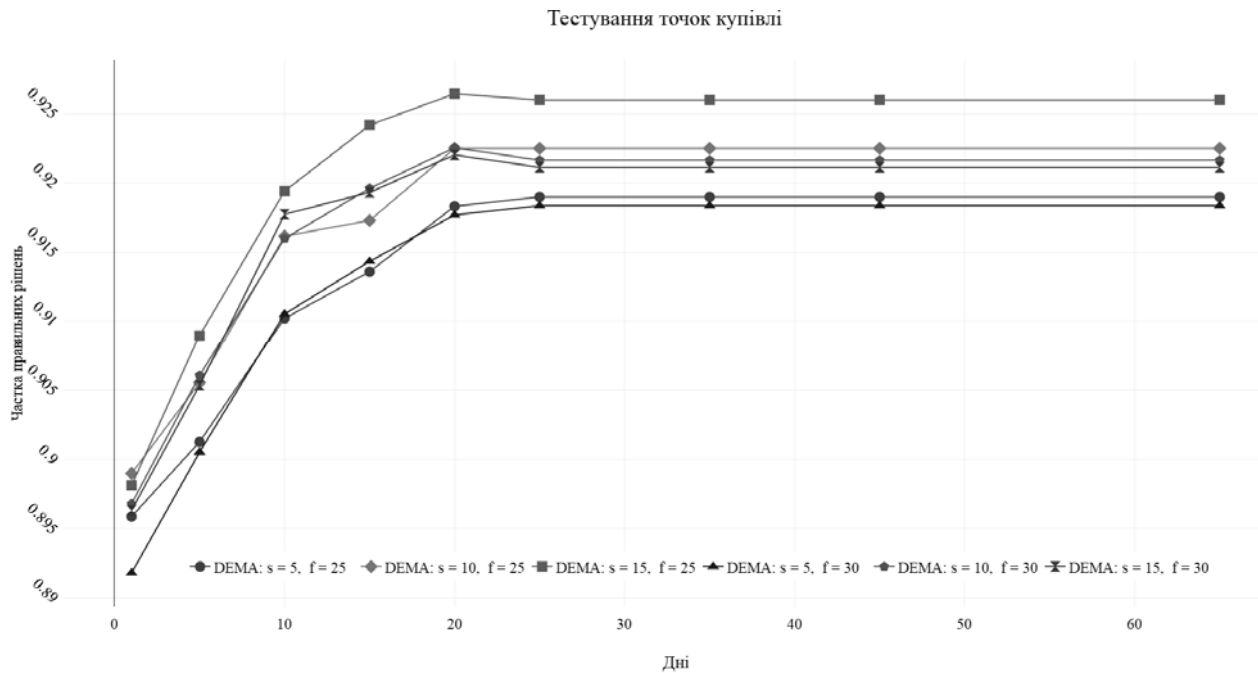


Рис. 5. Потужність (частка правильних рішень) критерію відносно гіпотези H_1 для точок купівлі, детектованих індикатором на основі DEMA

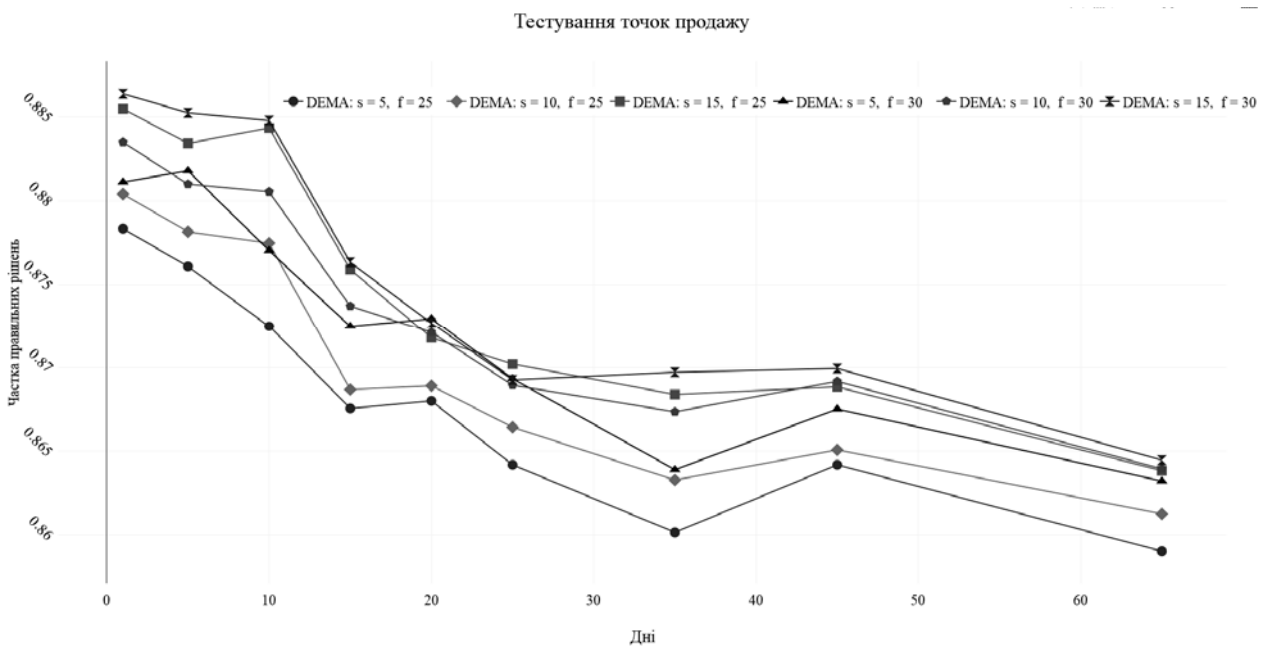


Рис. 6. Потужність (частка правильних рішень) критерію відносно гіпотези H_1 для точок продажу, детектованих індикатором на основі DEMA

Аналогічно для тренду при спаді:

$$\tilde{\varphi}(t) = \varphi(t) + \beta\varphi(t). \quad (12)$$

Аналіз та дослідження зроблених зауважень стосовно коригувань (12) для моделі (3), а також оцінка величин β буде проведено в подальших дослідженнях авторів.

Висновки

В роботі запропоновано модель часового ряду матеріальних цінностей та стратегії для їх купівлі та продажу. Проведено експеримент з порівняння індикаторів на основі різних концепцій згладжування: з (ЕМА, ДЕМА) та без запізнення, використовуючи цінові показники 25 торговельних на біржі фондів.

Показано, що індикатори на основі ЕМА та ДЕМА згладжування мають більшу ймовірність прийняття правильного рішення, що зумовлюється тим, що грошові потоки великих інвесторів впливають на тенденцію ринку, тому є виправданим використання моделей із запізненням.

Перспективи подальших досліджень

Подальші дослідження можуть базуватися на аналізі відсоткових змін замість абсолютних значень ціни, розділенні досліджуваних рядів на дві категорії — з загальною тенденцією до зростання та до спадання, та проведення двох незалежних експериментів.

Приставка П. О., Тиводар О. В.

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДІВ НА ОСНОВІ КОВЗНОГО СЕРЕДНЬОГО ТА СИНГУЛЯРНОГО РОЗКЛАДУ ПРИ ПРОГНОЗУВАННІ ПОВЕДІНКИ ЦІНИ АКЦІЙ

У статті вперше формально визначено задачу прогнозування поведінки ціни акції на основі спостереження реалізацій ціни носіїв такої вартості та наведено критерії для їх оптимальної купівлі та продажу. Використовуючи дані торгованих на біржі американських фондів ETF та розроблену інформаційну технологію для роботи з ними, проведено порівняльний аналіз методів на основі ковзного середнього та сингулярного розкладу стохастичних даних котирувань акцій. Порівняно точність прогнозування методів, наведених вище. Визначено, що індикатори на основі ковзних середніх мають більшу ймовірність прийняття правильного рішення про купівлю або продаж. Визначено науково-прикладний напрямок подальшого дослідження: аналіз відсоткових змін замість абсолютних значень ціни, розділенні досліджуваних рядів на дві категорії: з загальною тенденцією до зростання та до спадання та проведення двох незалежних експериментів.

Ключові слова: часовий ряд; ковзне середнє; сингулярний розклад; ймовірність помилки; модель часового ряду.

Prystavka P. O., Tyvodar O. V.

COMPARATIVE ANALYSIS OF METHODS BASED ON MOVING AVERAGE AND SINGULAR DECOMPOSITION IN STOCK PRICES BEHAVIOR PREDICTION

In the article the task of forecasting the price behavior of a stock based on the observation of the realizations of the price of the securities and the criteria for their optimal periods for buy or save are formally determined for the first time. Using the data of the ETF's stock exchanges and the information technology developed for their analysis, a comparative analysis of methods based on the moving average and singular expansion of stochastic stock quotes data was conducted. The accuracy of these forecasting methods is compared. It has been determined that moving-average indicators have a greater likelihood of making the right buy or sale decision. The scientific and applied direction of further research is defined: the analysis of percentage changes instead of absolute values of prices, the division of the studied series into two categories: with the general tendency to growth and decline and conducting two independent experiments.

Keywords: time series; moving average; singular decomposition; probability of error; time series model.

Для порівняння двох можливостей інвестування в цінні папери, може бути проаналізовано ряд з відношенням цін одного паперу до іншого.

ЛІТЕРАТУРА

1. **Graham B.** Security Analysis. The Classic 1934 Edition / B. Graham, D. Dodd. — McGraw-Hill Companies, 1996. — 356 p.
2. **Дегтярєва О. И.** Биржевое дело: учебник для вузов / О. И. Дегтярєва. — М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2000. — 679 с.
3. **Солодкий М. О.** Біржовий ринок / М. О. Солодкий. — К. : Джерела М, 2002. — 336 с.
4. **Сохацька О. М.** Біржова справа: підручник / О. М. Сохацька. — Тернопіль : Карт-бланш, 2003. — 602 с.
5. **Golyandina, N., V. Nekrutkin and A. Zhigljavsky** (2001): Analysis of Time Series Structure: SSA and related techniques. Chapman and Hall/CRC. doi: 10.1201/9781420035841 (eng).
6. **Приставка П. О.** Аналіз даних / П. О. Приставка, О. М. Мацуга. — Дніпропетровськ: РВВ ДНУ, 2008. — 91 с.: іл.
7. **Мэрфи Джон Дж.** Технический анализ фьючерсных рынков: Теория и практика / Джон Дж. Мэрфи; [пер. с англ.: О. Новицкая, В. Сидоров] 2 99-30/165-5.
8. **Сигел Э.** Практическая бизнес-статистика. разное: пер. с англ. — М. : Издательский дом «Вильямс», 2008. — 1056 с.

Приставка П. О., Тиводар О. В.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ НА ОСНОВЕ СКОЛЬЗЯЩЕГО СРЕДНЕГО И СИНГУЛЯРНОГО РАЗЛОЖЕНИЯ ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ ПОВЕДЕНИЯ ЦЕНЫ АКЦИЙ

В статье впервые формально определено задачу прогнозирования поведения цены акции на основе наблюдения реализаций цены носителей такой стоимости и приведены критерии для их оптимальной покупки и продажи. Используя данные торгуемых на бирже американских фондов ETF и разработанную информационную технологию для работы с ними, проведен сравнительный анализ методов на основе скользящего среднего и сингулярного разложения стохастических данных котировок акций. Проведено сравнение точности прогнозирования методов, приведенных выше. Определено, что индикаторы на основе скользящих средних имеют большую вероятность принятия правильного решения о покупке или продаже. Определено научно-прикладное направление дальнейшего исследования: анализ процентных изменений вместо абсолютных значений цены, разделении исследуемых рядов на две категории: с общей тенденцией к росту и к падению и проведения двух независимых экспериментов.

Ключевые слова: временной ряд; скользящее среднее; сингулярное разложение; вероятность ошибки; модель временного ряда.

Стаття надійшла до редакції 22.12.2017 р.

Прийнято до друку 22.12.2017 р.

Рецензент — д-р техн. наук, проф. Грехов А. М.