

# Моделювання в економіці, організація виробництва та управління проектами

УДК 004:519.2

О.Ю. Берзлев

ДВНЗ «Ужгородський національний університет», Ужгород

## МЕТОДИ ІДЕНТИФІКАЦІЇ МОМЕНТІВ ЗМІНИ ТЕНДЕНЦІЙ ЧАСОВОГО РЯДУ ДЛЯ ВИРОБЛЕННЯ СТРАТЕГІЙ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ НА ФІНАНСОВОМУ РИНКУ

*Розглянуто задачу ідентифікації моментів зміни тенденцій для фінансових часових рядів. Запропоновано критерій оцінки інвестиційної якості активів, які представляються фінансовими часовими рядами, на основі оцінювання потенційної дохідності, що може бути отримана при інвестуванні коштів в ці активи. Запропоновано метод оцінювання якості стратегій прийняття торгових рішень на фінансовому ринку.*

**Ключові слова:** ідентифікація моментів зміни тенденцій, стратегія прийняття рішень, фінансовий часовий ряд.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Розрізняють загалом дві основні торгові стратегії поведінки на фінансовому ринку: інвестиційна діяльність і трейдинг. Перша представляє собою вкладення коштів на термін від одного до трьох років і передбачає формування оптимального інвестиційного портфелю, тобто такого, що дозволяє диверсифікувати ризики. Трейдинг стратегія або, так звана, активна стратегія, полягає у виконанні фінансових операцій в основному коротко- і середньострокового типів, тобто від кількох операцій в день до хоча б однієї в квартал. Активний трейдинг передбачає неперервне спостереження за ринком і прийняття трейдером самостійних рішень про відкриття і закриття позицій. Трейдер, як правило, користується власними або існуючими підходами для визначення моментів, після яких з великою долею ймовірності ринок може змінити напрямку. Метод, на основі якого можна передбачити моменти появи таких точок, після яких ринок змінює напрямку, будемо називати методом ідентифікації моментів зміни тенденцій. Результати ідентифікації можуть використовуватися трейдером безпосередньо для прийняття рішення про вхід на ринок або вихід з нього. Виконання торгових операцій може бути результатом самостійного рішення трейдера, або базуватися на автоматичних системах трейдингу.

Нехай задано фінансовий часовий ряд  $Z = \{z_i\}_{i=1}^n$ , який представляє собою ціни закриття торгових сесій на фінансовій біржі. Тенденцією будемо називати не випадкову функцію, яка відобра-

жає напрямку руху значень часового ряду, який переважає. Моментом зміни тенденції часового ряду або значимою точкою назвемо таку точку ряду, після появи якої змінюється основний напрямку руху значень ряду, який мав місце до даної точки і зберігався протягом деякого відносно значного періоду. Ідентифікація моментів зміни тенденцій є невід'ємною складовою роботи трейдерів і аналітиків на фінансовому ринку. Успішне передбачення моментів появи таких точок є запорукою прибутковості торгівлі, адже як правило, ці точки використовують в якості сигналу до відкриття або закриття позицій на ринку в стратегіях прийняття торгових рішень. В теорії технічного аналізу розроблено багато інструментів, призначених для ідентифікації значимих точок, серед яких користуються популярністю методи перетину рівнів супротиву та підтримки, перетину пари або трійки плинних середніх, що розраховані за різними періодами [1] тощо. Для побудови методів ідентифікації моментів зміни тенденцій часових рядів можуть також використовуватися деякі моделі прогнозування рівнів та знаків приростів часових рядів з визначенням умов, за яких певна точка часового ряду вважатиметься значимою. Дані умови формуються особою, яка приймає рішення (аналітиком, прогнозистом) в процесі роботи з реальними часовими рядами. Одна з умов базується на класичних означеннях вершини і дна ринку. Точка часового ряду  $z_t$  називається вершиною, якщо їй передує додатний приріст  $z_{t-1} < z_t$  і за нею слідує приріст від'ємний  $z_{t+1} < z_t$ . Точка часового ряду  $z_t$  називається дном, якщо їй передує від'ємний приріст  $z_{t-1} > z_t$  і за нею слідує приріст додатний

$z_{t+1} > z_t$ . Вершина (дно) часового ряду може вважатися значимою точкою, що вказує на майбутнє спадання (зростання) значень ряду, тобто сигналізує про появу тенденції, яка спадає (зростає). Моделі прогнозування знаків приростів (модель прогнозування рядів з нестабільним характером коливань Лукашина [2], модель на основі ідентифікації статистичних параметрів [3], комбінована модель з використанням індексації історій [4] тощо) можуть бути використані для прогнозування знаку приросту  $\Delta z = z_{t+1} - z_t$ . Це дозволяє з певною точністю ідентифікувати значиму точку ще до появи на ціновому графіку наступної точки. Моделі прогнозування рівнів (регресійні, авторегресійні моделі, адаптивні поліноміальні моделі [5-7] і їх комбінації [2], комбінована модель прогнозування рівнів з використанням індексації історій часового ряду [8] тощо) можуть бути використані для передбачення появи значимої точки на визначеному прогнозному горизонті. Ідентифікація значимих точок заздалегідь дозволяє інвесторам або аналітикам спланувати подальшу стратегію поведінки на фінансовому ринку. Якщо ймовірність появи значимої точки висока, то виконання відповідних ринкових операцій купівлі-продажу, не чекаючи підтвердження її на ціновому графіку, дозволяє збільшити прибутки або мінімізувати втрати. Саме тому, виникає задача розробки надійних методів ідентифікації точок зміни тенденцій для побудови стратегій прийняття торгових рішень і їх оцінювання.

#### Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Слід зазначити, що задача розробки методів ідентифікації точок зміни тенденцій ще не досліджена повною мірою і тому особливий інтерес становить не тільки практичне застосування даних методів, але і теоретичне обґрунтування і узагальнення, що можуть бути використані науковцями в подальших дослідженнях.

Дана задача, зокрема підходить визначення значимих точок на основі технічних індикаторів, досліджується в рамках теорії технічного аналізу [1]. В роботі [9] визначено принципи оцінювання стратегій прийняття торгових рішень з врахуванням потенціалу фінансового часового ряду.

В даній роботі розглядається підхід побудови методів ідентифікації зміни тенденцій на основі моделей прогнозування рівнів і знаків приростів часових рядів. Особливості побудови таких моделей висвітлено в роботах [2 – 8].

**Метою статті** є розробка математичного апарату для оцінювання стратегій прийняття рішень на фінансовому ринку, що формуються на основі визначених методів ідентифікації моментів зміни тенденцій часового ряду, а також розробка критерію для оцінювання інвестиційної якості активів, які представляються фінансовими часовими рядами.

## Потенціал часового ряду

Розглядається задача побудови критерію оцінки інвестиційної якості активів, які представляються фінансовими часовими рядами, що можуть бути відібрані інвестором до портфелю цінних паперів. Даний критерій, який будемо називати потенціалом часового ряду, використовується також для оцінювання методів ідентифікації моментів зміни тенденцій або стратегій прийняття торгових рішень на ринку, проте може вважатися також окремим математичним інструментом в передпрогнозному аналізі фінансового часового ряду.

Автором побудовано критерій, який базується на оцінці в динаміці фінансової дохідності та потенційних максимальних прибутків, які можуть бути отримані у випадку, якщо точки зміни тенденцій або значимі точки визначаються оптимальним чином. Будемо вважати, що вказані точки обрані оптимальним чином, якщо після виконання в даних точках відповідних ринкових операцій купівлі та продажу, отримується максимальний економічний ефект, тобто максимальний прибуток. Очевидно, що в такому разі точки зміни тенденцій повинні співпадати з точками локального екстремуму, які, як відомо, наявні в кожному дискретному часовому ряді.

*Означення 1.* Елемент  $z_d$  часового ряду  $\{z_i\}_{i=1}^n$ ,  $z_d \in \{z_i\}_{i=1}^n$  називається локальним максимумом (мінімумом) даного часового ряду, якщо для  $\forall b = 0, \beta - 1$  виконується умова  $z_{d+b} > z_{d+b+1}$  ( $z_{d+b} < z_{d+b+1}$ ), а для  $\forall a = 0, \alpha - 1$   $z_{d-a} > z_{d-a-1}$  ( $z_{d-a} < z_{d-a-1}$ ).

Підпоследовність  $\{z_d, z_{d+1}, \dots, z_{d+\beta}\} = \{z_i\}_{i=d}^{d+\beta}$  ( $\{z_d, z_{d-1}, \dots, z_{d-\alpha}\} = \{z_i\}_{i=d}^{d-\alpha}$ ) з  $\beta$  елементів, назвемо правим (лівим) плечем точки локального максимуму часового ряду  $\{z_i\}_{i=1}^n$ . Величину  $\beta$  назвемо потужністю правого (лівого) плеча.

*Означення 2.* Підпоследовність часового ряду  $\{z_i\}_{i=1}^n$ , що складається з точок локального максимуму (мінімуму) з потужністю правого і лівого плечей відповідно  $\alpha$  та  $\beta$  назвемо последовністю точок локального максимуму (мінімуму) даного ряду і позначатимемо через  $\{\bar{z}_{n_j}\}_{j=1}^s$  ( $\{\bar{z}_{n_k}\}_{k=1}^c$ ).

*Означення 3.* Последовність, яка складається з елементів последовності точок локального максимуму  $\{\bar{z}_{n_j}\}_{j=1}^s$  і точок локального мінімуму  $\{\bar{z}_{n_k}\}_{k=1}^c$  з потужністю правого і лівого плечей відповідно  $\alpha$  та  $\beta$ , яка формується за правилом: кожен непар-

ний член обирається з послідовності  $\{\bar{z}_{n_j}\}_{j=1}^s$ , а парний – з послідовності  $\{\bar{z}_{n_j}\}_{j=1}^c$ , позначимо

$$\{\bar{z}_{n_1}, \bar{z}_{n_1}, \bar{z}_{n_2}, \bar{z}_{n_2}, \dots, \bar{z}_{n_g}, \bar{z}_{n_g}\} = \{\bar{z}_i\}_{i=1}^{2g},$$

де  $g = \min\{s, c\}$ , назовемо  $Q(\alpha, \beta)$ -послідовністю або  $Q(\alpha, \beta)$ -рядом з плечима  $\alpha$  та  $\beta$  з  $2g$  елементів і позначимо через  $Z_{Q(\alpha, \beta)} = \{\bar{z}_i\}_{i=1}^{2g}$ . Правило вибору такого ряду будемо називати правилом  $Q(\alpha, \beta)$ . Тут розглядається спрощена схема, за якою точки локальних мінімумів і максимумів чергуються між собою.

*Означення 4.*  $Q(\alpha, \beta)$ -потенціал часового ряду  $Z$  з визначеним  $Q(\alpha, \beta)$ -рядом  $Z_{Q(\alpha, \beta)} = \{\bar{z}_i\}_{i=1}^{2g}$  розраховується за формулою:

$$N^{Q(\alpha, \beta)} = \frac{\bar{z}_2 \bar{z}_4 \dots \bar{z}_{2g}}{\bar{z}_1 \bar{z}_3 \dots \bar{z}_{2g-1}} = \prod_{k=1}^g \frac{\bar{z}_{2k}}{\bar{z}_{2k-1}}. \quad (1)$$

*Означення 5.*  $Q(1,1)$ -потенціал часового ряду  $\{z_i\}_{i=1}^n$  називається абсолютним потенціалом і позначається  $\hat{A}(Z) = N(Z, Z_{Q(1,1)})$ .

Іншими словами,  $Q(\alpha, \beta)$ -потенціал деякого фінансового часового ряду вказує на теоретичний фінансовий дохід, який може отримуватися за умови виконання біржових операцій в точках ряду  $Z_{Q(\alpha, \beta)}$ , який будується на основі правила  $Q(\alpha, \beta)$ . Абсолютний потенціал ряду  $Z = \{z_i\}_{i=1}^n$  вказує на максимальний теоретичний прибуток, який неможливо перевершити. Слід зазначити, що в умовах реального ринку відкриття і закриття позицій відбуваються, як правило, зі зміщенням на певну кількість точок вправо від екстремального значення, тобто трейдери очікують підтвердження зміни попередньої тенденції. Тому при побудові потенціалів часового ряду доцільно врахувати ці зміщення. Для цього введемо поняття точок локального максимуму та мінімуму зі зміщенням.

*Означення 6.* Підпослідовність, що складається з точок локального максимуму  $\bar{z}_{n_1}, \bar{z}_{n_2}, \dots, \bar{z}_{n_s}$  (точок локального мінімуму  $\bar{z}_{n_1}, \bar{z}_{n_2}, \dots, \bar{z}_{n_c}$ ) з потужністю правого і лівого плечей відповідно  $\alpha$  та  $\beta$  зі зміщенням вправо на потужність правого плеча, назовемо послідовністю точок локального максимуму (мінімуму) ряду  $\{z_i\}_{i=1}^n$  зі зміщенням  $\beta$ ,

$$\{\bar{z}_{n_j+\beta}\}_{j=1}^s \quad (\{\bar{z}_{n_j+\beta}\}_{j=1}^c).$$

*Означення 7.* Послідовність, яка складається з елементів зміщених послідовностей  $\{\bar{z}_{n_j+\beta}\}_{j=1}^s$  і  $\{\bar{z}_{n_j+\beta}\}_{j=1}^c$  з потужністю правого і лівого плечей відповідно  $\alpha$  та  $\beta$ , кожен непарний член якої обирається з послідовності  $\{\bar{z}_{n_j+\beta}\}_{j=1}^s$ , а парний – з послідовності  $\{\bar{z}_{n_j+\beta}\}_{j=1}^c$  за правилом:

$$\{\bar{z}_{n_1+\beta}, \bar{z}_{n_1+\beta}, \bar{z}_{n_2+\beta}, \bar{z}_{n_2+\beta}, \dots, \bar{z}_{n_g+\beta}, \bar{z}_{n_g+\beta}\} = \{\bar{z}_i\}_{i=1}^{2g},$$

де  $g = \min\{s, c\}$ , назовемо  $\tilde{Q}(\alpha, \beta)$ -послідовністю або  $\tilde{Q}(\alpha, \beta)$ -рядом з плечима  $\alpha$  та  $\beta$  з  $2g$  елементів і позначимо через  $Z_{\tilde{Q}(\alpha, \beta)} = \{\bar{z}_i\}_{i=1}^{2g}$ . Правило вибору елементів ряду  $Z_{\tilde{Q}(\alpha, \beta)}$  з плечима  $\alpha$  та  $\beta$  будемо називати стратегією  $\tilde{Q}(\alpha, \beta)$ .

*Означення 8.*  $\tilde{Q}(\alpha, \beta)$ -потенціал часового ряду  $Z = \{z_i\}_{i=1}^n$  з визначеним  $\tilde{Q}(\alpha, \beta)$ -рядом  $Z_{\tilde{Q}(\alpha, \beta)} = \{\bar{z}_i\}_{i=1}^{2g}$  розраховується за формулою:

$$N^{\tilde{Q}(\alpha, \beta)} = \frac{\bar{z}_2 \bar{z}_4 \dots \bar{z}_{2g}}{\bar{z}_1 \bar{z}_3 \dots \bar{z}_{2g-1}} = \prod_{k=1}^g \frac{\bar{z}_{2k}}{\bar{z}_{2k-1}}. \quad (2)$$

$\tilde{Q}(\alpha, \beta)$ -потенціал як фінансова дохідність представляє собою відносний показник ефективності вкладів у фінансові інструменти, що представляються часовими рядами.

**Критерій оцінки інвестиційної якості активів, які представляються фінансовими часовими рядами**

Актив, який представляється фінансовим часовим рядом  $\{z_i\}_{i=1}^n$  буде вважатися інвестиційно-якісним, якщо виконується умова:

$$N^{\tilde{Q}(\alpha, \beta)} > 1, \quad (3)$$

де  $N^{\tilde{Q}(\alpha, \beta)}$  –  $\tilde{Q}(\alpha, \beta)$ -потенціал часового ряду  $\{z_i\}_{i=1}^n$ . Параметри  $\alpha$  та  $\beta$  визначаються ОПР.

Даний критерій може бути корисним інструментом, для формування інвестором портфелю цінних паперів.

**Методи ідентифікації моментів зміни тенденцій**

Нехай задано фінансовий часовий ряд  $\{z_i\}_{i=1}^n$  фіксованої довжини  $n$ . Треба на основі результатів прогнозування за певними моделями віднести точку  $z_n$  до одного з трьох можливих типів:

- точка зміни тенденції на зростання (припускається, що рівні часового ряду після даної точки утворять тенденцію, яка зростає);
- точка зміни тенденції на спадання (припускається, що після цієї точки слідуватиме тенденція, яка спадає);
- незначима точка (припускається, що тенденція, яка тривала до даного моменту буде продовжена ще хоча б на одну точку).

Метод, на основі якого визначаються значимі точки або точки зміни тенденції будемо називати методом ідентифікації моментів зміни тенденції. Він може бути складовою стратегії прийняття рішень на ринку, згідно з якою після надання трейдеру, особі, що приймає рішення (ОПР) сигналу про появу значимої точки, приймається рішення про здійснення торгових операцій купівлі-продажу, тобто про входження на ринок або вихід з нього у певний, оптимальний для ОПР момент. Це може бути безпосередньо момент, в який ідентифікована значима точка або через певну кількість точок після неї. Остання стратегія може застосовуватися обережними інвесторами. Якщо значимі точки теоретично представляють собою локальні екстремуми, то даний метод можна назвати методом ідентифікації моментів локальних екстремумів.

**Метод ідентифікації моментів зміни тенденцій на основі прогнозування знаків приростів**

Розглянемо один з варіантів методу ідентифікації моментів зміни тенденцій, який базується на моделі прогнозування знаків приростів, а за схемою визначення значимих точок подібний процедурі знаходження точок локального екстремуму з заданими плечима.

Алгоритм встановлення значимості точки за цим методом складається з двох кроків (рис. 1):

- 1) реалізація в точці  $n$  деякої моделі прогнозування знаків приростів. Такою моделлю може бути комбінована модель прогнозування знаків приростів з використанням індексації історій, описана в роботі [4];
- 2) використання результатів прогнозування для ідентифікації значимих точок на основі наперед визначеної схеми.

Нехай  $\chi_1(n)$  – прогноз знаку приросту, що розраховується в точці  $n$  на одну точку вперед за деякою моделлю прогнозування знаків приростів. Тоді точка  $z_n$  буде вважатися точкою зміни тенденції на спадання, якщо  $z_{n-2} < z_{n-1} < z_n$  і  $\chi_1(n) < 0$ , на зростання, якщо  $z_{n-2} > z_{n-1} > z_n$  і  $\chi_1(n) > 0$ . Точка  $z_n$  є незначимою, якщо жодна з наведених умов не виконується. Описана схема може бути змінена відповідно до вимог ОПР з огляду на структуру часового

ряду або за результатами якості ідентифікації на попередніх кроках.

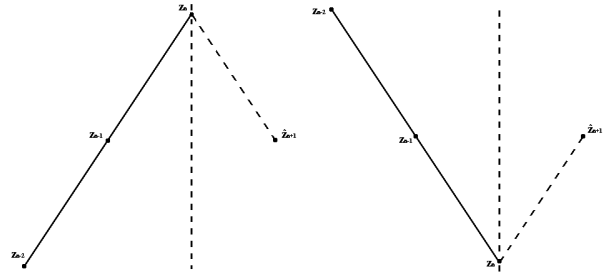


Рис. 1. Схема ідентифікації моментів зміни тенденцій на основі моделі прогнозування знаків приростів часового ряду

**Метод ідентифікації моментів зміни тенденцій на основі прогнозування рівнів часового ряду**

Алгоритм встановлення значимості точки за цим методом складається з таких кроків (рис. 2):

Крок 1. Реалізація в точці  $n$  моделі прогнозування рівнів ряду, такою моделлю може бути, наприклад, комбінована модель гібридного або селективного типів з використанням індексації історій за методом найближчого сусіда [7]. В результаті отримуємо послідовність прогнозних значень

$$\hat{z}_1(n), \hat{z}_2(n), \dots, \hat{z}_\theta(n),$$

де  $\theta$  – горизонт прогнозування.

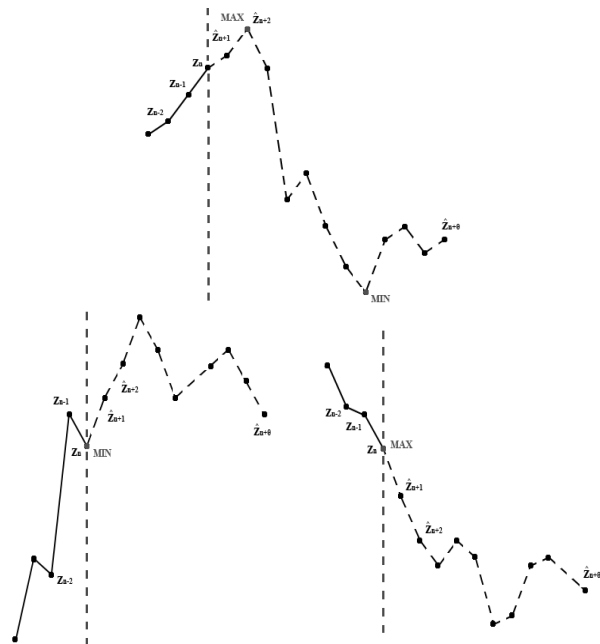


Рис. 2. Схема ідентифікації моментів зміни тенденцій на основі моделі прогнозування рівнів часового ряду з визначенням горизонтом

Крок 2. Визначаємо екстремуми серед прогнозних значень  $\hat{z}_1(n), \hat{z}_2(n), \dots, \hat{z}_\theta(n)$ . Позначимо через  $m = \min\{\hat{z}_1(n), \hat{z}_2(n), \dots, \hat{z}_\theta(n)\}$  – мінімальне, через  $M = \max\{\hat{z}_1(n), \hat{z}_2(n), \dots, \hat{z}_\theta(n)\}$  – максима-

льне прогнозне значення. Точка  $z_n$  буде вважатися точкою зміни тенденції на зростання, якщо  $z_n = m$ , на спадання – якщо  $z_n = M$ . Точка вважатиметься незначимою, якщо  $z_n \neq m$  і  $z_n \neq M$ . Після надходження нової точки  $z_{n+1}$ , алгоритм повторюється спочатку з реалізації моделі прогнозування вже в даній точці (перехід до кр. 1).

### Оцінювання якості стратегій прийняття торгових рішень на фінансовому ринку

Під стратегією прийняття рішень на фінансовому ринку будемо розуміти правило, згідно з яким визначаються точки, оптимальні для відкриття та закриття позицій на ринку. Це правило поведінки трейдера на ринку, яке базується передусім на методах ідентифікації моментів зміни тенденцій та моделювання прогнозування.

Нехай  $W$  – стратегія прийняття торгових рішень, на основі якої визначаються точки для відкриття і закриття позицій на ринку. За деяким методом ідентифікації моментів зміни тенденцій побудуємо дві підпоследовності  $\{\bar{z}_{nj}\}_{j=1}^s$  і  $\{\bar{z}_{nj}\}_{j=1}^c$ , які

складаються з рівнів ряду, моменти настання яких вказують на зміну основних тенденцій часового ряду на спадання та зростання відповідно. Ці підпоследовності представляють собою значимі точки часового ряду  $Z$ . Будемо вважати, що задано чергування цих точок, тобто після моменту настання кожної значимої точки «зростання», слідує значима точка «спадання». Розглянемо варіант, коли точки для відкриття і закриття позицій на ринку стратегії  $W$  співпадають зі значимими точками на зростання і спадання деякого методу ідентифікації моментів зміни тенденцій. Для зручності позначимо через

$$\{\bar{z}_{n_1}, \bar{z}_{n_1}, \bar{z}_{n_2}, \bar{z}_{n_2}, \dots, \bar{z}_{n_h}, \bar{z}_{n_h}\} = \{\bar{z}_i\}_{i=1}^{2h},$$

$h = \min\{s, c\}$  спільну последовність з  $2h$  елементів, причому правило її вибору визначається стратегією  $W$ . Тоді по аналогії з означенням  $Q(\alpha, \beta)$ -потенціалу часового ряду, можна сформулювати означення потенціалу стратегії прийняття рішень  $W$ , яка реалізується на даному часовому ряді.

*Означення 9.* Потенціалом стратегії прийняття рішень  $W$ , яка реалізується на часовому ряді  $Z = \{z_i\}_{i=1}^n$  або показником нагромадження її фінансової дохідності називається величина, яка розраховується за формулою:

$$N^W = \frac{\bar{z}_2 \bar{z}_4 \dots \bar{z}_{2h}}{\bar{z}_1 \bar{z}_3 \dots \bar{z}_{2h-1}} = \prod_{k=1}^h \frac{\bar{z}_{2k}}{\bar{z}_{2k-1}}. \quad (4)$$

Середній потенціал стратегії буде визначатися за формулою:

$$\bar{N}^W = \frac{N^W}{h}. \quad (5)$$

Середній  $Q(\alpha, \beta)$ - та  $\tilde{Q}(\alpha, \beta)$ -потенціали часового ряду визначаються відповідно за формулами:

$$\bar{N}^{Q(\alpha, \beta)} = \frac{N^{Q(\alpha, \beta)}}{g}, \quad \bar{N}^{\tilde{Q}(\alpha, \beta)} = \frac{N^{\tilde{Q}(\alpha, \beta)}}{g}. \quad (6)$$

Тоді потенціали стратегії прийняття рішень  $W$  в порівнянні з  $Q(\alpha, \beta)$ -,  $\tilde{Q}(\alpha, \beta)$ -потенціалами у відсотках визначаються за формулами:

$$F_{Q(\alpha, \beta)} = \frac{\bar{N}^W}{\bar{N}^{Q(\alpha, \beta)}} \cdot 100 = \frac{g}{h} \prod_{k=1}^h \frac{\bar{z}_{2k}}{\bar{z}_{2k-1}} \prod_{k=1}^g \frac{\bar{z}_{2k-1}}{\bar{z}_{2k}} \cdot 100, \quad (7)$$

$$F_{\tilde{Q}(\alpha, \beta)} = \frac{\bar{N}^W}{\bar{N}^{\tilde{Q}(\alpha, \beta)}} \cdot 100 = \frac{g}{h} \prod_{k=1}^h \frac{\bar{z}_{2k}}{\bar{z}_{2k-1}} \prod_{k=1}^g \frac{\tilde{z}_{2k-1}}{\tilde{z}_{2k}} \cdot 100 \quad (8)$$

Як частковий випадок, потенціал стратегії  $W$  відносно абсолютного потенціалу  $\hat{A}(Z)$  у відсотках визначається за формулою:

$$F_{\hat{A}} = \frac{g}{h} \frac{\bar{N}^W}{\bar{N}^{Q(1,1)}} \cdot 100. \quad (9)$$

Нехай задано  $m$  стратегій прийняття рішень на ринку  $W_1, W_2, \dots, W_m$ . Використовуючи формули 1-3 можна дослідити поведінку потенціалів в динаміці. Для цього необхідно побудувати динамічні ряди значень потенціалів кожної з  $m$  стратегій, а також ряди  $Q(\alpha, \beta)$ -,  $\tilde{Q}(\alpha, \beta)$ -потенціалів в моменти  $j = \bar{1}, \bar{n}$ . На основі асимптотичної теорії, побудувавши графіки відповідних динамічних рядів, можна провести оцінку стратегій прийняття рішень в кожній точці часового ряду  $Z$ . Верхня асимптота (характеристика, яка визначає мету або максимальний теоретичний дохід) може бути представлена динамічним рядом з абсолютного потенціалу або  $Q(\alpha, \beta)$ -потенціалів для невеликих значень плечей,  $\alpha < 3$ ,  $\beta < 3$ . Нижня асимптота (характеристика, яка визначає обмеження знизу) може представлятися рядом  $\tilde{Q}(\alpha, \beta)$ -потенціалів. Зафіксувавши довільний момент на часовому ряді  $Z$ , за формулами 4-9 можна кількісно оцінити і розрахувати переваги будь-якої зі стратегій прийняття торгових рішень.

### Висновки

Описана методика була протестована і реалізована в програмному середовищі. Для тестування було обрано часові ряди цін на сировину: бензин, алюміній, мідь, срібло за останні 3 роки (щоденні дані). Кожен ряд по більш ніж 700 вимірювань. Були

розраховані значення  $Q(\alpha, \beta)$ -,  $\tilde{Q}(\alpha, \beta)$ -потенціалів і потенціали обраної стратегії прийняття рішень, побудовано графік асимптот, за формулами 4-9 розраховані оцінки  $F_{Q(\alpha, \beta)}$ ,  $F_{\tilde{Q}(\alpha, \beta)}$  та  $F_A$  у відсотках.

На основі проведених експериментів, можна зробити висновок, що чим більше відношення середнього потенціалу стратегій прийняття рішень до середнього  $Q(\alpha, \beta)$ -потенціалу, тим менш ризикованим для інвестування є актив. Для обраних часових рядів у випадку застосування стратегії прийняття торгових рішень, точки входу на ринок і виходу з нього якої співпадають зі значимими точками, що визначаються за методом ідентифікації моментів зміни тенденцій на основі моделі прогнозування рівнів часових рядів за комбінованою моделлю (описана в роботі [8]), найбільша фінансова дохідність відповідає ряду цін на алюміній. Для ряду цін на алюміній оцінка  $F_{Q(2,2)} = 40.20\%$ , бензин –  $F_{Q(2,2)} = 33.20\%$ , мідь –  $F_{Q(2,2)} = 22.15\%$ , срібло –  $F_{Q(2,2)} = 18.60\%$ .

*Наукова новизна.* Автором запропонована методика, яка може використовуватися для оцінювання стратегій прийняття торгових рішень на фінансовому ринку, а також для розрахунку величини ризику інвестування у фінансові активи, які представляються відповідними часовими рядами. Запропонований метод дозволяє оцінювати зміну фінансової дохідності активів в динаміці, а також порівнювати стратегії прийняття рішень на ринку між собою, використовуючи представлення їх потенціалів на графіку.

*Практична цінність* роботи в тому, що описаний метод може використовуватися як складова частина інформаційних систем прогнозування і прийняття рішень на фінансовому ринку на етапі передпрогнозного аналізу часового ряду, для розрахунку ризику фінансового інвестування або безпосередньо

в процесі роботи системи з метою відбору стратегій прийняття торгових рішень, які забезпечують необхідну дохідність.

## Список літератури

1. Акелис Стивен Б. *Технический анализ от А до Я* / Акелис Стивен Б. – М.: Диаграмма, 1999. – 315 с.
2. Лукашин Ю.П. *Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования временных рядов: Учеб. пособие* / Ю.П. Лукашин. – М.: Финансы и статистика, 2003. – 416 с.
3. Поляновский Н.А. *Прогнозирование валютных курсов на основе идентификации статистических параметров математической модели* / Н.А. Поляновский, В.Н. Подладчиков // *Научный вестник КУЕИТУ. Инф. техн. та сист., обчисл. техніка, автоматизація. Нові технології.* – 2009. – №1 (23), – С. 122-126.
4. Берзлев О.Ю. *Метод прогнозування знаків проростів часових рядів* / О.Ю. Берзлев // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies.* – 2013. – Вип. 2/4, ном. 62. – С. 8-11.
5. Vercellis Carlo. *Business intelligence: data mining and optimization for decision making* / Vercellis Carlo. – John Wiley & Sons, Ltd., Publication, 2009. – 417 p.
6. Box G.E.P. *Time series analysis: forecasting and control* / G.E.P. Box, G.M. Jenkins. – San Francisco: Holden-Day, 1976. – 575 p.
7. Тихонов Э.Е. *Методы прогнозирования в условиях рынка: учеб. пособие* / Э.Е. Тихонов. – Невинномысск, 2006. – 221 с.
8. Берзлев А.Ю. *Разработка комбинированных моделей прогнозирования с кластеризацией временных рядов по методу ближайшего соседа* / А.Ю. Берзлев // *Автоматизированные системы управления и приборы автоматики, Харьковский национальный университет радиоэлектроники.* – 2012. – Вып. 161. – С. 51-59.
9. Берзлев А.Ю. *Оценка эффективности прогнозирования и принятия решений на финансовом рынке* / А.Ю. Берзлев // «Problems of Computer Intellectualization», V.M. Glushkov Institute of Cybernetics of NAS of Ukraine. – Kyiv-Sofia: ITHEA, 2012. – С. 249-257.

Надійшла до редколегії 30.09.2013

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. Й.Г. Головач, ДВНЗ «Ужгородський національний університет», Ужгород.

## МЕТОДЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ МОМЕНТОВ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕНДЕНЦИЙ ВРЕМЕННОГО РЯДА ДЛЯ ВЫРАБОТКИ СТРАТЕГИЙ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ НА ФИНАНСОВОМ РЫНКЕ

А.Ю. Берзлев

*Рассмотрено задачу идентификации моментов изменения тенденций для финансовых временных рядов. Предложен критерий оценки инвестиционного качества активов, представляемых финансовыми временными рядами, на основе оценки потенциальной доходности, которая может быть получена при инвестировании средств в эти активы. Предложен метод оценки качества стратегий принятия торговых решений на финансовом рынке.*

**Ключевые слова:** идентификация моментов изменения тенденций, стратегия принятия решений, финансовый временной ряд.

## METHOD OF IDENTIFICATION OF THE TIME SERIES MOMENTS OF TRENDS VARIATION FOR DECISION STRATEGIES ON THE FINANCIAL MARKET

A.Yu. Berzlev

*The problem of identification of for financial time series moments of variation trends is considered. A criterion for assessing the investment quality of assets which are represented by financial time series, based on the evaluation of potential yield that can be obtained by investing in these assets is proposed. The method of quality evaluation of trading decisions strategy in the financial markets is offered.*

**Keywords:** identification of time series moments of trend variation, decision strategy, financial time series.