

УДК 519.2

Кучанський Олександр Юрійович

Кандидат технічних наук, доцент кафедри інформаційних технологій, *orcid.org/0000-0003-1277-8031*
Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

Ніколенко Володимир Володимирович

Кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри кібернетики і прикладної математики
ДВНЗ «Ужгородський національний університет», Ужгород

Раченко Аліна Віталіївна

Магістрант кафедри кібернетики і прикладної математики
ДВНЗ «Ужгородський національний університет», Ужгород

МЕТОДИ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ТЕНДЕНЦІЙ ФІНАНСОВИХ ЧАСОВИХ РЯДІВ НА ОСНОВІ ТРЕНДОВИХ МОДЕЛЕЙ ПРОГНОЗУВАННЯ

***Анотація.** У процесі управління складними системами та прийняття рішень в економіці і фінансах часто виникає задача прогнозування дискретних часових рядів, а також ідентифікації моментів зміни їх тенденцій. Складність прогнозування та ідентифікації моментів зміни тенденцій фінансових часових рядів пов'язана з тим, що такі часові ряди можуть бути близькими до випадкових, наприклад, ряди курсових пар. В дослідженні формалізовано метод, який дозволяє ідентифікувати моменти зміни тенденцій, тобто точки локального максимуму та мінімуму з різними потужностями правих і лівих плечей на основі комплексу з найіших та трендових моделей прогнозування: плинні, ірраціональні, дробові, різницеві. Побудований метод може бути використано для формування стратегій прийняття рішень на біржі.*

***Ключові слова:** фінансові часові ряди; моделі прогнозування; методи ідентифікації тенденцій*

Вступ

На сьогодні суспільство потребує ефективного прогнозування різних політичних, економічних, фінансових та інших процесів. Важливою задачею при цьому є ідентифікація моментів в динаміці часових рядів, після яких може спостерігатися зміна тенденції або тренду.

Основне припущення, яке лежить в основі аналізу часових або динамічних рядів, полягає в тому, що фактори, які впливають на досліджуваний об'єкт у сьогоденні і минулому, впливатимуть на нього і в майбутньому. Таким чином, основна мета аналізу часових рядів полягає в ідентифікації та визначенні факторів, які мають значення для побудови прогнозів з максимальною точністю.

Алгоритми, які використовують на валютній або товарній біржах, як правило, базуються на основі теорій технічного і фундаментального аналізів, японських свічок [1] тощо. В основі методів прогнозування лежать переважно статистичні підходи [2], методи нейронних мереж [3], адаптивні моделі [4 – 7], моделі на основі нечіткої логіки та генетичних алгоритмів [8; 9].

В теорії прогнозування гостро відчувається відсутність математичної теорії, яка б формалізувала деякі типи біржових операцій,

описувала б природу часових рядів, будувала ефективні алгоритми пошуку точок для виконання операцій купівлі та продажу. Не повною мірою розроблені підходи для ідентифікації моментів зміни тенденцій та побудови ефективних моделей короткострокового прогнозування, особливо часових рядів, які близькі до випадкових. Існує дуже багато різних методів, але оскільки на механізм, який генерує нові члени часового ряду, здійснює вплив багато зовнішніх факторів, які зумовлені невизначеністю, то необхідно розробляти модифікації цих методів в даних умовах. Сьогодні ця проблема залишається актуальною і потребує вирішення.

Не існує методу прогнозування, на основі якого можна розрахувати прогноз стану певного об'єкта в майбутньому і який міг би бути застосований під цілий клас подібних задач. Тобто моделі та методи прогнозування не є універсальними. Тому для прогнозування поведінки часових рядів у майбутньому і для досягнення більш точного результату в порівнянні з іншими методами, доводиться комбінувати різні моделі прогнозування. До комбінацій моделей часто включають: моделі екстраполяції (звичайна екстраполяція, ідентифікація тренду, модель авторегресій, модель експоненціального згладжування та інші) [10]. В даній роботі зокрема буде розглянуто елементарні

трендові моделі, до яких належать дробові, різницеві, ірраціональні та плинні. Особливою задачею також можна виокремити побудову моделей прогнозування фінансових часових рядів, які є близькими до випадкових [11]. Одними з моделей для прогнозування таких рядів можуть бути саме трендові моделі. Дані моделі також можуть бути використані для ідентифікації моментів зміни тенденцій у фінансовому часовому ряді.

Моментом зміни тенденції часового ряду називається така точка ряду, після появи якої змінюється основний напрямок 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 [12].

Загалом задача ідентифікації моментів зміни тенденцій полягає у визначенні до якого з трьох можливих типів належить поточна точка часового ряду: точка зміни тенденції на зростання, точка зміни тенденції на спадання, незначуща точка (припускається, що тенденція, яка тривала до цього моменту буде продовжена ще хоча б на одну точку).

Деякі методи ідентифікації моментів зміни тенденцій описані в роботі [12]. Вони поділяються на два типи: ті, які базуються на основі моделей прогнозування рівнів часових рядів, а також ті, які базуються на моделях прогнозування знаків приростів часових рядів.

Мета статті

Ціллю дослідження є побудова методів ідентифікації моментів зміни тенденцій фінансових часових рядів, тобто визначення точок локального максимуму та мінімуму з різними потужностями правого і лівого плечей. Встановлення прогнозного правого плеча відбувається на основі наївних та трендових моделей прогнозування: плинних, дробових, ірраціональних та різницевих.

Виклад основного матеріалу

Використання наївних та трендових моделей прогнозування для ідентифікації моментів зміни тенденцій

Серед моделей, які можуть бути успішно застосовані для ідентифікації точок зміни тенденції можуть бути, так звані, наївні та трендові моделі.

Трендовими моделями називаються такі моделі прогнозування, які дають змогу зробити прогноз щодо збереження або зміни поточної тенденції

часового ряду, яка спостерігається на деякій локально-невеликій ділянці цього ряду.

Наївними моделями прогнозування називаються такі моделі, прогноз за якими будується на припущенні, що перспективні значення в точності збігаються з ретроспективними, причому зовнішні фактори не враховуються. Такі моделі не враховують сезонність, циклічність та випадкові коливання часових рядів. Проте, у випадку, якщо в часовому ряді чітко виражена сезонна складова, то припускається, що значення часового ряду в майбутньому періоді буде збігатися зі значенням, яке спостерігалось у відповідному минулому періоді. У випадку, якщо ідентифіковано середню довжину квазіциклу часового ряду і виявлено стадію розвитку поточного квазіциклу, можна також зробити відповідну модифікацію прогнозу за наївною та трендовими моделями. Середня довжина квазіциклу може бути визначена на основі фрактального аналізу часового ряду [13; 14]. Крім даного підходу до побудови наївних та трендових моделей, можуть бути розглянуті моделі, які описані в роботах [11; 15]. У даній моделі та інших моделях такого типу [16] короткостроковий прогноз часового ряду в точності збігається з ретроспективними значеннями цього ж ряду, які слідує після ділянки, яка подібна за деякою мірою близькості до поточної ділянки ряду визначеної довжини.

Нехай задано дискретний фінансовий часовий ряд $Z = \{z_i\}_{i=1}^n$, який будемо розглядати як скінченну послідовність дійсних чисел, $i = \overline{1, n}$.

Прогноз з періодом 1 за наївною моделлю визначається так:

$$\Phi(z_1, z_2, \dots, z_n) = \hat{z}_{n+1}, \quad (1)$$

де $\hat{z}_{n+1} \in \{z_1, z_2, \dots, z_n\}$.

Можна підвищити ефективність наївних моделей шляхом використання для розрахунку прогнозу одразу кількох значень часового ряду. До моделей, ціллю яких є встановлення трендів, належать:

1. Моделі плинних середніх, зокрема прості та зважені плинні середні:

$$\hat{z}_{n+1} = \frac{z_n + z_{n-1} + \dots + z_1}{n}, \quad (2)$$

$$\hat{z}_{n+1} = \frac{k_1 z_n + k_2 z_{n-1} + \dots + k_n z_1}{n}, \quad (3)$$

де $\sum_{i=1}^n k_i = 1$.

2. Різницеві моделі, які враховують величину приросту. Позначимо через $\Delta_i = z_i - z_{i-1}$, то можна сформулювати такі формули:

$$\hat{z}_{i+1} = z_i + \Delta_i = 2z_i + z_{i-1}, \quad (4)$$

$$\hat{z}_{i+1} = z_i + \frac{\Delta_i + \Delta_{i-1}}{2} = z_i + \frac{z_i - z_{i-2}}{2}, \quad (5)$$

$$\hat{z}_{i+1} = z_i + \frac{\Delta_i + \Delta_{i-1} + \dots + \Delta_2}{i-1} = z_i + \frac{z_i - z_1}{i-1}, \quad (6)$$

де $i = \overline{1, n}$.

3. Дробові моделі, які враховують величину швидкості зміни між сусідніми значеннями. Нехай

$\delta_i = \frac{z_i}{z_{i-1}}$, тоді оцінки прогнозів розраховуються за

формулами:

$$\hat{z}_{i+1} = z_i \cdot \delta_i = \frac{z_i^2}{z_{i-1}}, \quad (7)$$

$$\hat{z}_{i+1} = z_i \cdot \delta_i \cdot \delta_{i-1} = z_i \cdot \frac{z_i}{z_{i-1}} \cdot \frac{z_{i-1}}{z_{i-2}} = \frac{z_i^2}{z_{i-2}}, \quad (8)$$

$$\hat{z}_{i+1} = z_i \cdot \delta_i \cdot \delta_{i-1} \cdot \dots \cdot \delta_1 = \frac{z_i^2}{z_1}, \quad (9)$$

де $i = \overline{1, n}$.

4. Ірраціональні моделі, які використовують для розрахунку прогнозу середні геометричні значення:

$$\hat{z}_{i+1} = \sqrt{z_i \cdot z_{i-1}}, \quad (10)$$

$$\hat{z}_{i+1} = \sqrt[3]{z_i \cdot z_{i-1} \cdot z_{i-2}}, \quad (11)$$

$$\hat{z}_{i+1} = \sqrt[i]{z_i \cdot z_{i-1} \cdot \dots \cdot z_2 \cdot z_1}, \quad (12)$$

де $i = \overline{1, n}$.

5. Комбіновані моделі селективного та гібридного типів, які можуть використовувати при побудові прогнозу за результатами прогнозування на основі інших плинних, різницевих, дробових або раціональних моделей, а також наївних моделей прогнозування.

Описані наївні та трендові моделі прогнозування можуть використовуватися для побудови методів ідентифікації моментів зміни тенденцій.

Загалом алгоритм визначення моменту зміни тенденції часового ряду складається з таких основних кроків [12]:

1) реалізація в точці z_n деякої моделі прогнозування. Такими моделями можуть бути описані наївні, плинні, дробові, різницеві, ірраціональні моделі прогнозування або їх комбінації гібридного та селективного типів;

2) використання результатів прогнозування для ідентифікації моментів зміни тенденцій на основі наперед визначеного критерію ідентифікації.

Якщо моделі для розрахунку прогнозів вибрані і оцінки прогнозів розраховані, необхідно вибрати

критерій ідентифікації точок зміни тенденцій. Для цього спочатку сформулюємо такі означення.

Значення z_d часового ряду $Z = \{z_i\}_{i=1}^n$,

$z_d \in \{z_i\}_{i=1}^n$ називається локальним максимумом

даного часового ряду, якщо для всіх $b = \overline{0, \beta-1}$

виконується умова $z_{d+b} > z_{d+b+1}$, а для всіх

$a = \overline{0, \alpha-1} - z_{d-a} > z_{d-a-1}$.

Значення z_d часового ряду $Z = \{z_i\}_{i=1}^n$,

$z_d \in \{z_i\}_{i=1}^n$ називається локальним мінімумом

даного часового ряду, якщо для всіх $b = \overline{0, \beta-1}$

виконується умова $z_{d+b} < z_{d+b+1}$, а для $\forall a = \overline{0, \alpha-1}$

$-z_{d-a} < z_{d-a-1}$.

Підпоследовність $\{z_d, z_{d+1}, \dots, z_{d+\beta}\} = \{z_i\}_{i=d}^{d+\beta}$ з β

елементів, назвемо правим плечем точки локального

максимуму або мінімуму часового ряду $\{z_i\}_{i=1}^n$.

Величину β назвемо потужністю правого плеча.

Підпоследовність $\{z_d, z_{d-1}, \dots, z_{d-\alpha}\} = \{z_i\}_{i=d}^{d-\alpha}$ з

α елементів, назвемо лівим плечем точки

локального максимуму або мінімуму часового ряду

$\{z_i\}_{i=1}^n$. Величину α назвемо потужністю лівого

плеча.

У випадку, якщо на основі моделей

прогнозування виконується прогноз з періодом 1, то

в критерії ідентифікації моментів зміни тенденцій

прогнозоване праве плече має потужність $\beta=1$. А

фактичне ліве плече визначається на основі

попереднього аналізу ретроспективних значень

часового ряду. Нехай це значення $\alpha=2$. Тоді один

з критеріїв ідентифікації моментів зміни тенденцій

може бути такий:

1. Точка z_n буде вважатися моментом зміни

тенденції на спадання, якщо $z_{n-2} < z_{n-1} \leq z_n$ і

$\hat{z}_{n+1} - z_n < 0$.

2. Точка z_n буде вважатися моментом зміни

тенденції на спадання на зростання, якщо

$z_{n-2} > z_{n-1} \geq z_n$ і $\hat{z}_{n+1} - z_n > 0$.

3. Точка z_n є незначущою, якщо жодна з

наведених умов не виконується.

Точки локального максимуму з фактичним

лівим плечем $\alpha=2$ і прогнозованим правим плечем

$\beta=1$ зображені на рис. 1. та рис. 2, локального

мінімуму – на рис. 3 та рис. 4. На рис. 1 та рис. 3

зображені випадки, коли $z_{n-2} < z_{n-1} < z_n$ і

$z_{n-2} > z_{n-1} > z_n$ відповідно. На рис. 2 та рис. 4 –

випадки, коли $z_{n-2} < z_{n-1} \leq z_n$ і $z_{n-2} > z_{n-1} \geq z_n$.

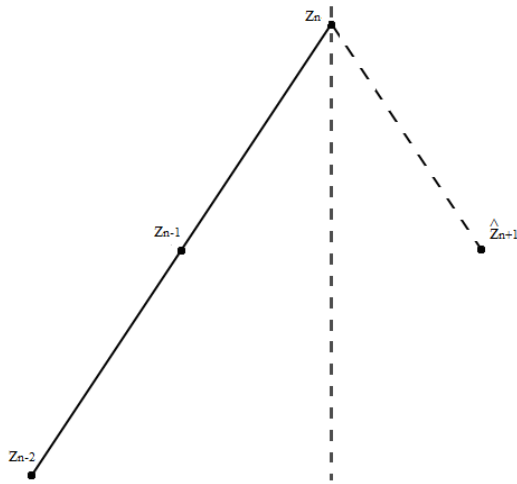


Рисунок 1 – Точка локального максимуму часового ряду при $\alpha = 2$ і $\beta = 1$ (перший випадок)

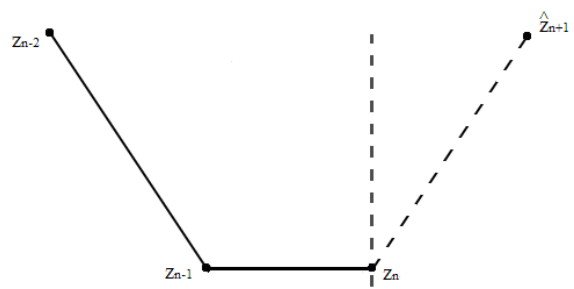


Рисунок 4 – Точка локального мінімуму часового ряду при $\alpha = 2$ і $\beta = 1$ (другий випадок)

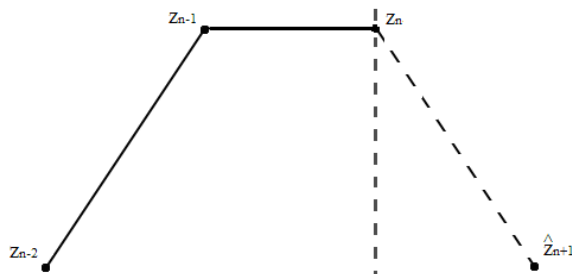


Рисунок 2 – Точка локального максимуму часового ряду при $\alpha = 2$ і $\beta = 1$ (другий випадок)

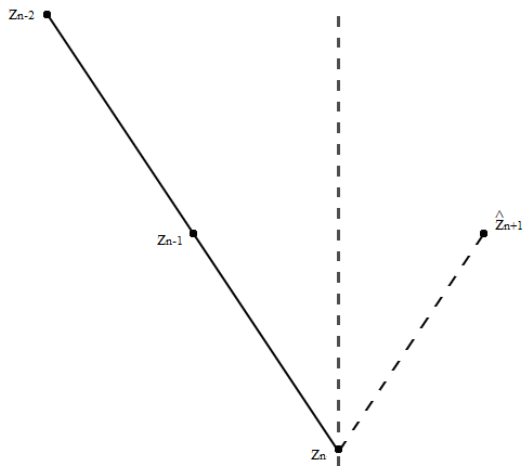


Рисунок 3 – Точка локального мінімуму часового ряду при $\alpha = 2$ і $\beta = 1$ (перший випадок)

Такі схеми для ідентифікації точок локального максимуму та мінімуму, як моментів зміни тенденцій часового ряду, можуть бути узагальнені на довільну потужність правого та лівого плечей.

Висновки

У результаті проведених досліджень було встановлено:

1. Побудовано метод для ідентифікації моментів зміни тенденцій фінансових дискретних часових рядів без пропусків. Цей метод узагальнюється на довільну потужність правого та лівого плечей точок локального максимуму та мінімуму. Наведені формальні означення, які можуть бути використані для побудови систем підтримки прийняття рішень та торгових стратегій на біржі для автоматизації розрахунків.

2. Ліве плече для встановлення точок локального максимуму та мінімуму визначається експертним шляхом або на основі попереднього фрактального аналізу часового ряду для розрахунку середньої довжини квазіциклів.

3. Праве плече точок локального максимуму та мінімуму розраховується на основі наївних (2) та трендових моделей прогнозування фінансових часових, зокрема плинних (2), (3) різницевих (4) – (5), дробових (6) – (9), ірраціональних моделей (10) – (12). Такі моделі можуть використовуватися в комплексі з моделями зіставлення зі зразком на основі індексації, адаптивними економетричними моделями тощо. Крім того, на основі викладеного, можуть бути побудовані комбіновані селективні та гібридні моделі прогнозування таких часових рядів.

Список літератури

1. Ниссон С. За гранью японских свечей [Текст]: Учеб. пособие / С. Ниссон – М.: Диаграмма, 2001. – 304 с.
2. Єріна А.М. Статистичне моделювання та прогнозування [Текст]: Навчальний посібник / А. Єріна. – К.:КНЕУ, 2001. – 170 с.
3. Azoff, M. E. *Neural Network Time Series Forecasting of Financial Markets [Text]* / M. E. Azoff. – John Wiley and Sons, 1994. – 212 p.

4. Лукашин Ю.П. *Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования временных рядов [Текст]: Учеб. пособие / Ю.П. Лукашин.* – М.: Финансы и статистика, 2003. – 416 с.
5. Box G. E. P. *Time series analysis: forecasting and control [Text] / G. E. P. Box, G. M. Jenkins.* – San Francisco: Holden-Day, 1976. – 575 p.
6. Brown Robert G. *Statistical forecasting for inventory control [Text] / R.G. Brown.* – US: McGraw-Hill Inc., 1959. – 223 p.
7. Holt Charles C. *Forecasting trends and seasonal by exponentially weighted averages [Text] / C. Holt // International Journal of Forecasting.* – 1957. – Vol.20, no.1. – P. 5-10.
8. Снитюк В.С. *Прогнозування. Моделі. Методи. Алгоритми [Текст]: Навчальний посібник / В. Снитюк.* – К.: «Маклаут», 2008. – 364 с.
9. Матвійчук А.В. *Моделювання економічних процесів із застосуванням методів нечіткої логіки [Текст] / А.В. Матвійчук.* – К.: КНЕУ, 2007. – 264 с.
10. Vercellis, C. *Business intelligence: data mining and optimization for decision making [Text] / C. Vercellis.* – Cornwall: John Wiley & Sons Ltd. Publication, 2009. – 417 p.
11. Кучанський О.Ю. *Прогнозування часових рядів методом зіставлення зі зразком [Текст] / О.Ю. Кучанський, В.В. Ніколенко // Управління розвитком складних систем.* – Київ, 2015. – Вип. 22. – С. 101-106.
12. Берзлев О.Ю. *Методи ідентифікації моментів зміни тенденцій часового ряду для вироблення стратегій прийняття рішень на фінансовому ринку [Текст] / О.Ю. Берзлев // Системи обробки інформації.* – Харків, 2013. – Вип. 9(116). – С. 194-199.
13. Берзлев О.Ю. *Методика передпрогнозного фрактального аналізу часових рядів [Текст] / О.Ю. Берзлев // Управління розвитком складних систем.* – Київ, 2013. – Вип. 16. – С. 76-81.
14. Hurst H.E. *Long-term storage capacity of reservoirs [Text] / H. Hurst // Transactions of the American Society of Civil Engineers.* – 1951. – Vol. 116. – P. 770–799.
15. Берзлев О.Ю. *Метод прогнозування знаків приростів часових рядів [Текст] / О.Ю. Берзлев // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies.* – Харків, 2013. – Вип. 2/4, ном. 62. – С. 8-11.
16. Singh S. *Pattern Modeling in Time-Series Forecasting [Text] / S. Singh // Cybernetics and Systems. An International Journal.* – 2000. – Vol. 31, no. 1. – P. 49–65.

Стаття надійшла до редколегії 09.10.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. А.О. Білощичкий, Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ.

Кучанський Александр Юрьевич

Кандидат технических наук, доцент кафедры информационных технологий, orcid.org/0000-0003-1277-8031
Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев

Николенко Владимир Владимирович

Кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры кибернетики и прикладной математики
ДВНЗ «Ужгородский национальный университет», Ужгород

Раченко Алина Витальевна

Магистрант кафедры кибернетики и прикладной математики
ДВНЗ «Ужгородский национальный университет», Ужгород

МЕТОДЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ ТЕНДЕНЦИЙ ФИНАНСОВЫХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ НА ОСНОВЕ ТРЕНДОВЫХ МОДЕЛЕЙ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

Аннотация. При управлении сложными системами и принятии решений в экономике и финансах часто возникает задача прогнозирования дискретных временных рядов, а также идентификации моментов изменения их тенденций. Сложность прогнозирования и идентификации моментов изменения тенденций финансовых временных рядов связана с тем, что такие временные ряды могут быть близки к случайным, например, ряды курсовых пар. В исследовании формализован метод, который позволяет идентифицировать моменты изменения тенденций, то есть точки локального максимума и минимума с разными мощностями правых и левых плечей на основе комплекса наивных и трендовых моделей прогнозирования: скользящие, иррациональные, дробовые, разностные. Построенный метод может быть использован при формировании стратегий принятия решений на бирже.

Ключевые слова: финансовые временные ряды; модели прогнозирования; методы идентификации тенденций

Kuchansky Alexander

Candidate of Technical Sciences, Docent of Information Technology Department, *orcid.org/0000-0003-1277-8031*
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

Nikolenko Volodymyr

Candidate of Science (Physics and Mathematics), Docent of Cybernetics and Applied Mathematics Department
Uzhgorod National University, Uzhgorod

Rachenko Alina

Master student of Cybernetics and Applied Mathematics Department
Uzhgorod National University, Uzhgorod

**A METHOD FOR IDENTIFYING TRENDS IN FINANCIAL TIME SERIES BASED
ON TREND MODELS OF FORECASTING**

Abstract. Often there is a problem of discrete time series prediction and identifying trends in the management of complex systems and decision-making in economics and finance. The complexity of forecasting and identification of changes in trends points of financial time series due to the fact that such time series may be close to random, for example, ranks exchange pairs. In a study formalized method which allows to identify the moments of changing trends, that is a point of local maxima and minima with different capacities of right and left arms on the basis of a set of naive and trend forecasting models: moving, irrational, shotgun, difference. Construction method can be used in the formation of policy decisions on the exchange.

Keywords: financial time series; forecasting models; method for identifying trends

References

1. Nison, S. (2001). *Beyond candlesticks*. Moscow: Diagram, 304.
2. Yerina, A. (2001). *Statistical modeling and forecasting*. Kyiv: Kyiv National Economic University, 170.
3. Azoff, M. E. (1994). *Neural Network Time Series Forecasting of Financial Markets*. John Wiley & Sons, Ltd., Publication, 212.
4. Lukashin, Yu. P. (2003). *Adaptive methods of near-term time series forecasting*. Moscow: Finance and Statistics, 416.
5. Box, G. E. P., Jenkins, G. M. (1976). *Time series analysis: forecasting and control*. San Francisco: Holden-Day, 575.
6. Brown, R. G. (1959). *Statistical forecasting for inventory control*. US: McGraw-Hill Inc., 223.
7. Holt, C. C. (1957). *Forecasting trends and seasonal by exponentially weighted averages*. *International Journal of Forecasting*, 20 (1), 5–10.
8. Snytyuk, V. E. (2008). *Forecasting. Models. Methods. Algorithms*. Kyiv: Maklout, 364.
9. Matviychuk, A. V. (2007). *Economic processes modeling using fuzzy logic methods*. Kyiv: KNEU, 264.
10. Vercellis, C. (2009). *Business intelligence: data mining and optimization for decision making*. Cornwall: John Wiley & Sons, 417. doi: 10.1002/9780470753866
11. Kuchansky, A., Nikolenko, V. (2015). *Pattern matching method for time-series forecasting*. *Management of Development of Complex Systems*, 22, 101–106.
12. Berzlev, A. (2013). *Method of identification of the time series moments of trends variation for decision strategies on the financial market*. *Information processing systems*, 9 (116), 194–199.
13. Berzlev, A. (2013). *Methods of pre-forecasting fractal time series analysis*. *Management of development of difficult systems*, 16, 76 – 81.
14. Berzlev, A. (2013). *A method of increments sings forecasting of time series*. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (4 (62)), 8–11. Available at: <http://journals.urau.ua/eejet/article/view/12362/10250>
15. Hurst, H. E. (1951). *Long-term storage capacity of reservoirs*. *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, 116, 770–799.
16. Singh, S. (2000). *Pattern modeling in time-series forecasting*. *Cybernetics and Systems. An International Journal*, 31 (1), 49–65. doi: 10.1080/019697200124919

Посилання на публікацію

- APA Kuchansky Alexander, Nikolenko Volodymyr, Rachenko Alina (2015). *A method for identifying trends in financial time series based on trend models of forecasting*. *Management of Development of Complex Systems*, 24, 84–89.
- ГОСТ Кучанський, О. Ю. *Методи ідентифікації тенденцій фінансових часових рядів на основі трендових моделей прогнозування [Текст] / О.Ю. Кучанський, В.В. Ніколенко, А.В. Раченко // Управління розвитком складних систем. – 2015. - № 24. – С. 84 - 89.*