

УДК 330.4:336.7

ІДЕНТИФІКАЦІЯ НЕРІВНОВАЖНИХ СТАНІВ ФІНАНСОВОГО РИНКУ ЗА ДОПОМОГОЮ ГЕНЕТИЧНИХ АЛГОРИТМІВ

Р. Дорошук

*Львівський національний університет імені І. Франка
79008, м. Львів, пр. Свободи, 18
E-mail: doroshrus@gmail.com*

На основі аналізу часових рядів, які характеризують фінансові ринки, виявляються правила їх поведінки в короткостроковому періоді. На основі порівняння виявлених правил із використанням генетичних алгоритмів здійснюється виявлення нерівноважних станів досліджуваних фінансових ринків.

Ключові слова: нерівноважний стан ринку, фінансовий ринок, генетичні алгоритми, часові ряди.

Найбільш цікавими для агентів фінансового ринку є його стани, коли різко змінюється напрям розвитку подій, звідки і виникає задача виявлення нерівноважних станів. Оскільки, передбачити вплив усіх чинників фінансового ринку і спрогнозувати результат їх взаємодії надзвичайно складно, тому виникає потреба для виявлення нерівноважних станів застосовувати імітаційні методи. Розглядається використання методів генетичних алгоритмів для виявлення нерівноважних станів на фінансовому ринку з врахуванням впливу раціональних очікувань та непередбачуваних зовнішніх збурень.

Нерівноважні стани вивчаються термодинамікою нерівноважних процесів та статистичною теорією нерівноважних процесів. Класична нерівноважна термодинаміка, в основному розроблена Г. Хакеном, І. Пригожиним і Р. Томом в середині 20-го століття базується на фундаментальному припущенні про локальну рівновагу. Для виявлення нерівноважних станів поведінки складних систем зокрема застосовуються теорія термодинамічної стійкості для нерівноважних станів та теорія стійкості флуктуацій [1-2]. Моделюванням фінансових ринків та їх прогнозуванням займаються Резниченко Є.В., Кочегурова Є.А.[3], Л.О. Бабешко, Стрижиченко К. А., Дмитрусенко К. О. та ін. Проте питання виявлення та передбачення нестійких станів фінансових ринків, у яких змінюється їх поведінка потребують подальшого дослідження.

Якщо досліджуючи фізичні, хімічні та інші процеси можна реєструвати значення таких показників, то дослідники фінансових ринків мають справу в основному лише з одним чи кількома пов'язаними часовими рядами, тому використання методів термодинаміки тут не завжди є можливим. Тому при дослідженні фінансових ринків для виявлення нерівноважних станів пропонується використати методи імітаційного моделювання, зокрема генетичні алгоритми.

Очікування агентів ринку, які є основними чинниками, що чинять вплив на їх поведінку, залежать від зовнішніх збурень в момент прийняття рішення та досвіду, набутого в попередні періоди. Припустимо, що поведінка агентів є однаковою, якщо

на ринку виникають подібні ситуації, тобто існують «правила поведінки» ринку при однакових початкових умовах та зовнішніх збуреннях в моменти, коли динаміка поведінки ринку в попередні періоди була схожою. Позначимо через X_t значення ринкового індикатора (індекс біржі, значення котирувань цінного паперу, або інше) в момент часу t . Він характеризуватиме стан ринку в цей момент часу і залежатиме від станів у попередні періоди та зовнішніх збурень: $X_t = f(X_{t-1}, X_{t-2}, \dots, E_t)$, де E_t зовнішні збурення. Для моделювання цієї ситуації застосуємо інструментарій генетичного алгоритму. Розглянемо динаміку індикатора X на досить тривалому проміжку часу $[0, T]: X_0, X_1, X_2, \dots, X_T$.

Позначимо через j – вектор показників зміни індексу відносно попереднього періоду (в даному випадку – темп росту).

Нехай на поведінку агентів ринку суттєво впливає лише стан ринку в останні m періодів часу, тоді за одиницю моделювання візьмемо вектор **Ошибка! Объект не может быть создан из кодов полей редактирования.** Вектор j – це «правило поведінки ринку» на цьому проміжку, яке залежить від послідовності попередніх переходів. Це правило переходів ринку з одного стану в інший розглядатимемо як хромосому. Інтервал часу тривалістю n періодів, $n > m$, який назвемо вікном часу. У цьому вікні міститиметься $n-m$ хромосом, оскільки послідовність станів є чітко фіксованою. Значення m можна визначати на основі автокореляції[4], або методом експертної оцінки.

Нехай згенерована випадкова хромосома $\bar{a}_i^k = \{a_1^k, a_2^k, \dots, a_m^k\}$. Введемо поняття віддалі цієї хромосоми від деякої популяції хромосом з вікна $A: \bar{a} \in \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, тобто всі хромосоми якої точно належать даному вікну часу –

$$e_k = \min_{j=0}^{n-m} \left(\sum_{i=1}^m |x_i^k - x_i| \right) \quad (1)$$

Тобто віддалей хромосоми від популяції, яка міститься у деякому вікні рівна сумі віддалей координат досліджуваної хромосоми від координати хромосоми з вікна, яка виявиться найближчою (1).

Ідея методу полягає в тому, що хромосоми з початково-побудованої популяції з певною похибкою e описують поведінку ринку, яка спостерігалася у досліджуваному періоді часу. Враховуючи можливість рекомбінації послідовності станів у правилах поведінки, яка моделюється за допомогою кросингверу, та можливості випадкових необумовлених даною моделлю відхилень від цих правил, які моделюються за допомогою мутації генів у хромосомах, припускаємо, що дана популяція після повного циклу свого розвитку повинна з наперед заданим допуском описувати поведінку ринку в наступному досліджуваному періоді. Для цього, після визначення віддалі кожної хромосоми нової популяції від нового вікна часу, визначаємо кількість хромосом, які задовольняють початкові умови. Розрахувавши коефіцієнт, який показує наскільки повинна оновитися популяція, щоб пояснити поведінку ринку в межах нового проміжку часу, використовуємо його як показник нестійкості поведінки досліджуваного об'єкта на даному проміжку часу.

Алгоритм дослідження можна подати так:

1) Згенеруємо випадковим чином початкову популяцію, з кількістю особин K , так, щоб кожна згенерована хромосома була віддалена від вікна часу на відстань не більшу, ніж на наперед задану величину ε :

$$a_k : e_k \leq \varepsilon, \quad k = \overline{1, K} \quad (2)$$

2) Проведемо схрещування та мутацію. Для схрещування відбираються дві випадкові хромосоми з популяції. Для мутації вибирається одна випадкова хромосома і змінюється один ген. Одна і та ж хромосома може неодноразово зазнати мутації [5-6].

3) Посортуємо особини нової популяції A' по спаданню e'_k .

4) Визначимо кількість особин нової популяції, які задовільнятимуть умову (2) для наступного вікна часу, позначимо цю кількість L .

5) Якщо $L \geq K$, то в новій популяції залишаються лише перші K особин, для яких e'_k є найменшим, якщо $L < K$, то випадковим чином генеруємо $K-L$ хромосом, які задовільнятимуть умову (1) для наступного «вікна» часу.

6) Маючи нову популяцію, для наступного «вікна часу» повторюємо розрахунки, починаючи з кроку 2, поки не досягнемо останнього вікна часу.

На кожній ітерації розраховуємо коефіцієнт оновлення популяції

$$\alpha = \frac{K^*}{K}, \quad \text{де } K^* = \begin{cases} K - L, & \text{якщо } K > L \\ 0, & \text{якщо } K \leq L \end{cases}$$

Цей коефіцієнт показуватиме, наскільки повинна оновитися популяція, щоб вона змогла описувати поведінку ринку в новому вікні часу. Тобто значення α значно більше від нуля, вказуватиме на зміну правил поведінки ринку, вплив сильних збурень, перехід на нову траєкторію розвитку. Порівнюючи його з визначеним експериментально критичним значенням, можна визначати ділянки, де ринок з нерівноважного стану на одній траєкторії розвитку переходить на іншу.

Розроблений метод було застосовано для дослідження часового ряду зміни індексу ПФТС протягом 500 днів (див. рис. 1). Оскільки абсолютні значення індексу характеризуються широким рівнем варіації, то досліджувався часовий ряд відносного темпу росту (див. рис. 2). Цей ряд зберігає всі основні характеристики поведінки досліджуваного ряду – напрям та силу зміни індексу, а її відносний розмір дозволяє ідентифікувати подібну поведінку ряду за різних рівнів абсолютного значення індексу.

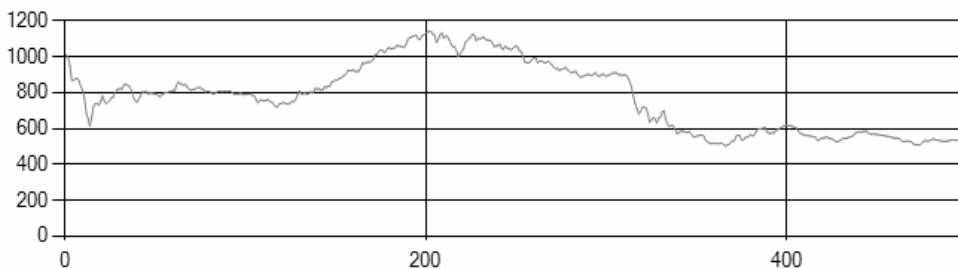


Рис. 1. Динаміка котирувань індексу ПФТС

На рис. 3 подано динаміку значення коефіцієнту оновлення популяції при довжині хромосоми у 5 часових періодів та розмірі вікна – 10 періодів. Розмір допустимого відхилення $\varepsilon = 0,25$, тобто допускається середнє відхилення значення

індексу на 5% для кожного моменту часу щоб хромосома вважалася такою, що описує хоча б одне правило поведінки ринку у досліджуваному вікні часу.

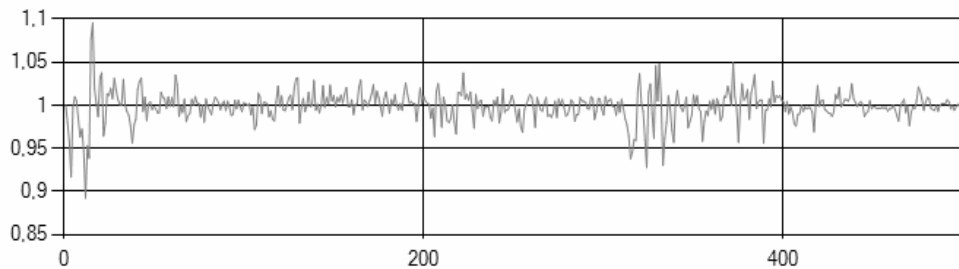


Рис. 2. Динаміка відносного темпу росту індексу

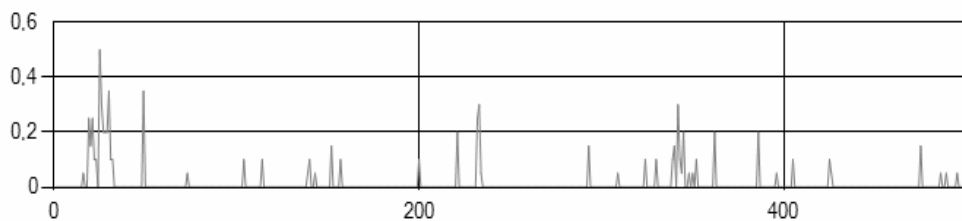


Рис. 3. Динаміка коефіцієнту оновлення популяції

Як видно з рис. 3, даний метод дозволяє виявляти періоди, коли різко змінюється поведінка часового ряду. Наприклад перехід від значної амплітуди коливань до більш стабільної поведінки на початку досліджуваного ряду відзначено значним піком в динаміці коефіцієнта оновлення популяції. Також піком відзначено закінчення переходу до рівномірного розвитку біля точки на графіках, що відповідає 50-му моменту часу.

За динамікою коефіцієнта оновлення популяції також можна визначити момент переходу від рівномірних коливань індексу до початку його поступового росту, момент зміни зростання значення індексу спаданням, а також нестабільну поведінку ряду в останній третині досліджуваного періоду. Зауважимо, що виявляються не моменти найбільших за абсолютним значенням змін індексу, а моменти часу, коли відбувається переходи від однієї поведінки до іншої, які якісно відрізняються одна від одної. Саме в цих точках досліджуваний ряд перебуває у нерівноважному стані.

Оскільки, кожна хромосома являє собою правило, за яким відбувався розвиток ситуації на ринку, то цей метод враховує очікування агентів на основі існуючої ситуації на ринку та короткострокової його динаміки, але застосування інструментарію генетичних алгоритмів дозволяє врахувати і випадкову складову, за допомогою якої можна змодельовати зовнішні збурення.

Запропонований алгоритм дозволяє на підставі виявлених закономірностей у поведінці ринку, які виявляються у вигляді хромосом, виявляти періоди, в яких ринок перебуває у нестійкому стані. Застосування мутації, схрещування та інших інструментів генетичних алгоритмів дозволяє змодельовати як вплив випадкових збурень так і можливу зміну поведінки ринку на основі досвіду розвитку в попередніх періодах.

Недоліком даного методу і водночас перспективою його розвитку є врахування напрямку зміни поведінки ряду – чи вона стане більш стабільною, тобто ряд перейде на постійну траєкторію свого подальшого розвитку, чи амплітуда коливань буде збільшуватися. В подальших дослідженнях необхідно розробити чітку методологію визначення основних параметрів моделі (довжина хромосоми та досліджуваного вікна, поріг чутливості до змін популяції ε , та ін.) а також механізми здійснення мутації, рекомбінації та відбору особин в популяції в процесі застосування генетичного алгоритму. Необхідно виявити закономірності, які описують розвиток побудованої популяції для прогнозування її еволюції. Широкі можливості варіації цих параметрів дають змогу досліджувати як короткострокові так і довгострокові закономірності розвитку явищ, що описуються часовими рядами.

Даний метод може бути корисний для ідентифікації нерівноважних станів на фінансових ринках, і використаний для подальшого моделювання поведінки фінансових ринків на основі аналізу історії динаміки їх розвитку та з врахуванням можливості появи випадкових зовнішніх збурень.

1. Пригожин И. Современная термодинамика. От тепловых двигателей до диссипативных структур: Перекл. з англ. Ю. А. Данилова і В.В. Білого / Пригожин И., Кондепуди Д. – М.: Мир, 2002, 461 с.
2. Жоу Д. Расширенная необратимая термодинамика / Д. Жоу, Х. Касас-Баскес, Дж. Лебон — Москва-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика»; Институт компьютерных исследований, 2006. — 528 с.
3. Резниченко Е.В. Методы краткосрочного прогнозирования финансовых рынков // Известия Томского политехнического университета – Е.В. Резниченко, Е.А. Кочегурова – Томск, 2007, – том 311, – выпуск 6.
4. Курейчик В. М. Поиск адаптации: теория и практика / В. М. Курейчик, Б. К. Лебедев, О. К. Лебедев — М: Физматлит, 2006. — С. 272.
5. Субботін С. О. Неітеративні, еволюційні та мультиагентні методи синтезу нечіткологічних і нейромережних моделей: Монографія / С. О. Субботін, А. О. Олійник, О. О. Олійник – Запоріжжя: ЗНТУ, 2009. – 375 с.
6. Панченко, Т. В. Генетические алгоритмы / Т.В. Панченко — Астрахань : «Астраханский университет», 2007. — 87 с.

DETECTION OF CRITICAL POINTS OF FINANCIAL MARKETS WITH USING THE GENETIC ALGORITHMS

R. Doroshchuk

Ivan Franko National University of Lviv, Svobody, 18 UA-79007 Lviv, Ukraine

E-mail: doroshrus@gmail.com

Rules of behavior of financial markets in the short period detecting by methods based on the analysis of time series. Comparison of the identified rules with using genetic algorithms allow to identify non-equilibrium states of financial markets.

Key words: detection of critical points, financial market, of the genetic algorithm, time series.

**ІДЕНТИФІКАЦІЯ НЕРІВНОВАЖНИХ СТАНІВ ФІНАНСОВОГО РИНКУ ЗА
ДОПОМОГОЮ ГЕНЕТИЧНИХ АЛГОРИТМІВ****Р. Дорошук***Львівський національний університет імені І. Франка**79007, м. Львів, пр. Свободи, 18**E-mail: doroshrus@gmail.com*

На основі аналізу часових рядів, які характеризують фінансові ринки, виявляються правила їх поведінки в короткостроковому періоді. На основі порівняння виявлених правил із використанням генетичних алгоритмів здійснюється виявлення нерівноважних станів досліджуваних фінансових ринків.

Ключові слова: нерівноважний стан ринку, фінансовий ринок, генетичні алгоритми, часові ряди.