

**НОРМАТИВНОЕ ПОДУШЕВОЕ ФИНАНСИРОВАНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ КАК МЕРА
ПО ПОВЫШЕНИЮ НАДЕЖНОСТИ И СНИЖЕНИЮ РИСКОВ ВЕДОМСТВЕННЫХ ЦЕЛЕВЫХ ПРОГРАММ
ОТРАСЛИ ОБРАЗОВАНИЯ**

4. Червонная Е. А. Об оценке рисков и надежности ведомственных целевых программ / Е. А. Червонная, Ю. А. Титаева // Актуальные проблемы экономики современной России : сб. материалов IV Всерос. науч.-практ. конф. / Приволжский науч.-исслед. центр. – Йошкар-Ола : Коллоквиум, 2011. – С. 63-65.
5. Гилев С. Е. Распределенные системы принятия решений в управлении региональным развитием / С. Е. Гилев, С. В. Леонтьев, Д. А. Новиков. – М. : ИПУ РАН, 2002. – 54 с.
6. Червонная Е. А. Оценка удорожающих факторов при установлении нормативов финансирования содержания имущества общеобразовательных учреждений / Е. А. Червонная // Информационные технологии и математическое моделирование (ИТММ - 2010) : материалы IX Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием (19–20 ноября 2010 г.). – Томск : Изд-во Том. ун-та, 2010. – Ч. 2. – С. 158-161.
7. Червонная Е. А. Оценка базового норматива и удорожающих факторов для расчета нормативов финансирования дошкольных образовательных учреждений / Е. А. Червонная, Я. Е. Ревушкина // Моделирование. Теория, методы и средства : материалы XI Междунар. науч.-практ. конф. (31 марта 2011 г.) / Юж.-Рос. гос. ун-т (НПИ). – Новочеркасск : ЮРГТУ, 2011. – С. 66-69.
8. Многомерный статистический анализ в экономике / под ред. В. Н. Томашевича. – М. : Юнити-Дана, 1999. – 598 с.

Щерба В.В.

УДК 330.115:336.763

ПОБУДОВА ПЕРЕДВІСНИКІВ КРИЗОВИХ ЯВИЩ ЗАСОБАМИ РЕКУРЕНТНОГО АНАЛІЗУ СКЛАДНИХ МЕРЕЖ

Постановка проблеми. Невизначеність на світових фінансових ринках, спричинена загрозою технічного дефолту у США, борговими проблемами країн Євросоюзу, робить надзвичайно актуальною задачу побудови таких передвісників кризових явищ, які були б адекватними структурі та динаміці складних соціально-економічних систем. Як показують дослідження останніх років складні системи організовані у вигляді мережних структур [1,2], зміна властивостей яких у передкризовий період може слугувати індикатором можливого наближення кризового стану.

Аналіз основних досліджень і публікацій. Ще Анрі Пуакаре наприкінці XIX ст. звернув увагу на універсальність проявів рекурентних (таких, які повторюються у просторі і/або часі) властивостей складних систем. З появою швидкодіючих комп'ютерів такі властивості стали активно досліджуватись [3]. Набула широкого розповсюдження техніка рекурентного аналізу [3], кількісного аналізу рекурентних діаграм [3]. Вдалося виявити основні індикативні міри кількісного аналізу рекурентних діаграм, які чутливі до критичних станів на фінансових ринках [4-7].

Інша цікава концепція аналізу структурних властивостей складних систем заснована на їх представленні як складних мереж [1,2]. Встановлено, що існує істотна концептуальна подібність між, з одного боку, реконструкцією мережної топології з просторово розподіленого часового ряду (наприклад у нейрофізіологічних, кліматичних, соціальних тощо мережах) та, з іншого боку, вивченням властивостей фазового простору динамічних систем, заснованих на окремих часових послідовностях. Це означає, що фундаментальні характеристики динамічної системи можуть бути зареєстровані належними складними системами побудованими навколо подібних часових послідовностей, а повторна інтерпретація матриці рекурентностей у вигляді матриці суміжностей незваженої складної мережі надає нову концепцію нелінійного аналізу часової послідовності.

Мета статті – провести мережний аналіз часових послідовностей, які включають кризові явища і встановити, яким чином кількісні характеристики таких мереж змінюються у власне кризові періоди.

Виклад основного матеріалу. Опишемо коротко основні елементи рекурентного аналізу, введемо необхідні міри кількісного аналізу рекурентних діаграм та дослідимо поведінку мережних мір у випадку криз на фінансових ринках.

Рекурентною діаграмою називається спосіб відображення m -вимірної фазової траєкторії станів системи $X(t)$ завдовжки N на двовимірну квадратну двійкову матрицю розміром $N \times N$, в якій 1 (чорна точка) відповідає повторенню стану при деякому часі i в деякий інший час j , а обидві координатні осі є осями часу. Саме таке представлення фіксує інформацію про рекурентну поведінку системи.

Математично вищесказане описується як

$$R_{i,j}^{m,\varepsilon_i} = \Theta(\varepsilon_i - \|x_i^p - x_j^p\|), \bar{x} \in \mathbb{R}^m, i, j = 1, \dots, N, \quad (1)$$

де N – кількість даних станів, x_i, ε_i – розмір околиці точки x^p у момент i , $\|\cdot\|$ – норма і $\Theta(\cdot)$ – функція Хевісайда.

Будемо досліджувати рекурентні властивості часових рядів, що містять відомі кризи фондового ринку США за даними щоденних значень індексу Доу Джонса (DJI), відповідно, 1929, 1987 та 2008 рр. Часові послідовності виберемо фіксованої довжини так, щоб точка кризи знаходилася посередині ряду, загальної

протяжності 2000 днів. Для кризи 2008 р. довжина ряду менша 2000, але точка кризи знаходиться на відмітці 1000 днів, як і інших випадках. Це дозволяє провести порівняльний аналіз розвитку кризових явищ.

На рис. 1 зображені типові кризові коливання індексу Доу Джонса (точка кризи відмічена стрілкою). На рисунку 2 для кризи 2008 року відображена рекурентна діаграма.

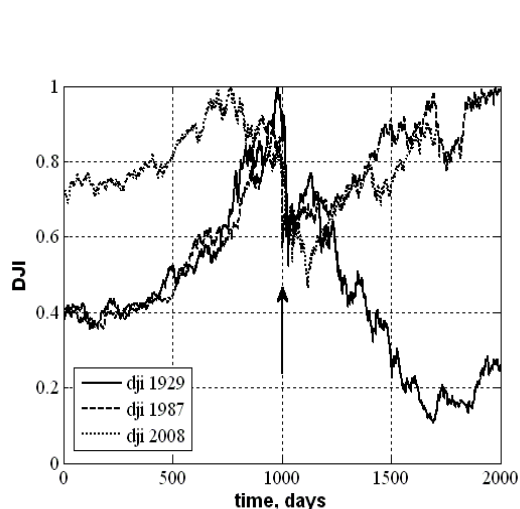


Рис.1. Динаміка індексу Доу Джонса у періоди визначних криз фондового ринку США

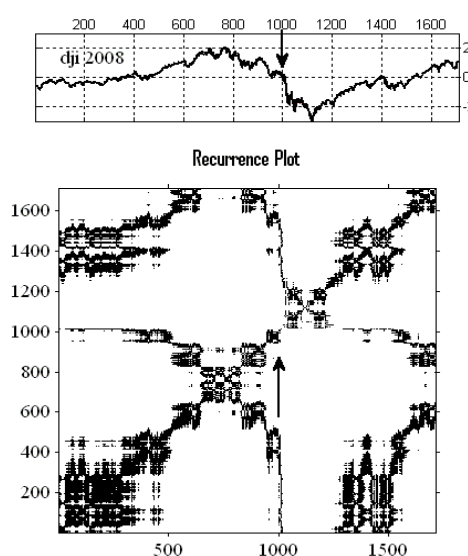


Рис.2. Рекурентна діаграма (нижня частина рисунку) індексу Доу Джонса в період кризи 2008 р.

Видно, що рекурентна діаграма змінюється з наближенням до точки кризи. Для переходу від якісного до кількісного аналізу діаграм вводяться певні міри, які характеризують розмір та функції розподілу окремих елементів діаграми: точок чи груп точок, горизонтальних і вертикальних ліній тощо. Так, якщо ввести величину

$$R_{ij} = \begin{cases} 1, \text{якщо } (i, j) \text{ рекурентні,} \\ 0, \text{інакше} \end{cases}$$

то так званий коефіцієнт самоподібності буде рівним

$$RR = \frac{1}{N^2} \sum_{i,j=1}^N R_{ij} \tag{2}$$

Він характеризує міру самоподібності проміжків часового ряду і у випадку кризи помітно зменшується. Всі аналогічні міри знаходяться у рамках алгоритму рухомого вікна фіксованої довжини у вигляді залежностей від часу.

В роботі [6] ми провели кількісний аналіз рекурентних діаграм для кризових явищ і встановили, що такі міри, як коефіцієнт самоподібності, довжина діагональних ліній, ентропія можуть слугувати передвісниками кризових явищ, оскільки вони помітно зменшуються у передкризовий період.

В даній роботі проведемо рекурентний мережний аналіз, який базуються на статистичних залежностях вищих порядків, тобто характеризує взаємні співвідношення околів більш ніж двох точок у фазовому просторі. Отже, мережно-теоретичні міри охоплюють додаткові аспекти складних систем порівняно не лише з класичним кількісним аналізом діаграм, а й переважною більшістю поширених методів аналізу часових послідовностей.

Із кількісних мір, що введені з теорії складних мереж використаємо коефіцієнти кластеризації та транзитивності. Коефіцієнт кластеризації C являє собою середнє значення локальних показників і характеризує локалізовані просторові кореляції вищих порядків між окремими спостереженнями часового ряду:

$$C = \sum_{i=1}^N \frac{\sum_{j,k=1}^N R_{i,j}^{m,\epsilon} R_{j,k}^{m,\epsilon} R_{k,i}^{m,\epsilon}}{RR_i} \tag{3}$$

де $RR_i = \sum_{j=1}^N R_{i,j}^{m,\epsilon}$ є локальним коефіцієнтом самоподібності.

Транзитивність T є специфічною мірою теорії графів, передбачає наявність транзитивного співвідношення між вузлами графа і визначається виразом:

$$T = \frac{\sum_{i,j,k=1}^N R_{i,j}^{m,\varepsilon} R_{j,k}^{m,\varepsilon} R_{k,i}^{m,\varepsilon}}{\sum_{i,j,k=1}^N R_{i,j}^{m,\varepsilon} R_{k,i}^{m,\varepsilon}} \quad (4)$$

У випадку рекурентних мереж та мережових адаптацій часового ряду, вузлами виступають індивідуальні рекурентні точки, отримані з матриці рекурентності або матриці суміжності графа. Відомо, що через відмінність топологічних властивостей показники кількісних мір істотно відрізняються для періодичних та хаотичних траєкторій фазового простору. Так, для періодичних орбіт характерні великі значення C і T , тоді як хаотичній динаміці притаманне значне їх зниження [1,2].

На рисунках 3-4 представлена динаміка коефіцієнтів кластеризації і транзитивності. Розрахунки проводились для вікна довжини у 250 днів з кроком в один день. Точка кризи знаходиться на позначці у 750 днів. Очевидно, що обидва коефіцієнти по мірі наближення до кризи помітно зменшуються, що свідчить про перехід складної мережі, яка представляє фондовий ринок, до більш хаотичного стану, притаманному кризовому явищу.

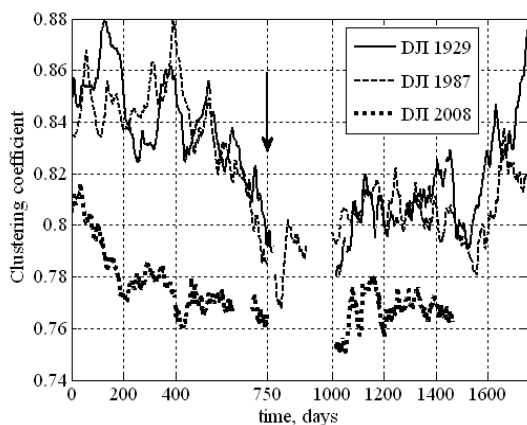


Рис.3. Динаміка коефіцієнта кластеризації з наближенням до точки кризи (вказана стрілкою)

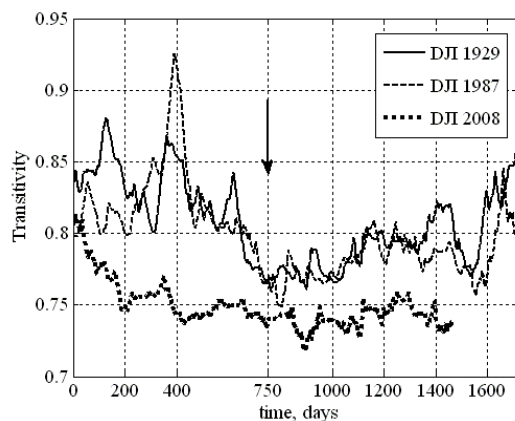


Рис.4. Поведінка коефіцієнта транзитивності для кризових явищ на фондовому ринку США

Висновки. Отже, рекурентний аналіз та кількісні міри рекурентного аналізу являються потужним інструментом дослідження нелінійних властивостей складних систем. Комплексна використання як стандартних мір кількісного аналізу, так і мережних дозволяє стверджувати, що вони можуть бути використані у якості передвісників кризових явищ на фінансових ринках.

Джерела та література:

1. Donner R. V. Recurrence-based time series analysis by means of complex network methods / R. V. Donner, M. Small, J. F. Donges, N. Marwan, Y. Zou, R. Xiang, J. Kurths // International Journal of Bifurcation and Chaos. – 2011. – Vol. 21 (4). – P. 1019-1046.
2. Reik V. D. Recurrence networks—a novel paradigm for nonlinear time series analysis / V. D. Reik, Y. Zou, J. F. Donges, N. Marwan, J. Kurths // New Journal of Physics. – 2010. – Vol. 12 (3). – P. 033025.
3. Marwan N. Recurrence plots for the analysis of complex systems / N. Marwan, M. C. Romano, M. Thiel, J. Kurths // Phys. Rep. – 2007. – Vol. 438. – P. 237-329.
4. Fabretti A. Recurrence Plot and Recurrence Quantification Analysis Techniques for detecting a critical regime. Examples from financial market indices / A. Fabretti, M. Ausloos // Int. Journ. Mod. Phys. – 2005. – Vol. 16. – P. 134-148.
5. Fabretti A. Recurrence analysis of the NASDAQ crash of April 2000 : [Electronic resource] / A. Fabretti, M. Ausloos. – Access mode : arXiv:physics/0505170 v1 24 May 2005.
6. Соловійов В. М. Застосування кількісного аналізу рекурентних діаграм для моделювання універсальних властивостей кризових явищ / В. М. Соловійов, В. В. Щерба // Моделювання та інформаційні системи в економіці. – 2008. – Вип. 78. – С. 220-230.
7. Bastos J. A. Recurrence quantification analysis of global stock markets / J. A. Bastos, J. Caiado // Physica A. – 2011. – Vol. 390 (7). – P. 1315-1325.
8. Синергетичні та екофізичні методи дослідження динамічних та структурних характеристик економічних систем / В. Д. Дербенцев, О. А. Сердюк, В. М. Соловійов, О. Д. Шарапов. – Черкаси : Брама-Україна, 2010. – 300 с.