

## РЕКУРЕНТНІ МІРИ ЯК МЕТОД КІЛЬКІСНОЇ ОЦІНКИ СКЛАДНОСТІ

В. М. Соловійов, д.ф.-м.н., професор, А. В. Батир  
Черкаський національний університет ім. Б. Хмельницького

Розвиток міжнародної торгівлі та посилення глобалізаційних тенденцій спричиняє ускладнення світової економічної системи, що виявляється у збільшенні кількості агентів та інтенсивності взаємодій, а також зростанні волатильності ринків. Відповідно до цього формується об'єктивна необхідність у більш складних методах аналізу, здатних враховувати не лише зовнішні прояви динаміки системи, але й особливості її внутрішньої структури, ступеня притаманної їй кластеризації, тісноти кооперації окремих елементів та модулів.

Метою роботи є обґрунтування можливості використання мір рекурентності як засобу оцінки складності фінансово-економічних систем та перевірка ефективності методу на реальних часових послідовностях.

Одним з центральних понять сучасної теорії складності є концепція траєкторії системи, а саме шляху, яким вона досягає визначеної точки у фазовому просторі. Вивчення особливостей її еволюції дозволяє встановити моменти динамічних переходів від порядку до хаосу і навпаки [1]. Логічним продовженням цієї ідеї став розвиток групи методів квантифікації рівня складності, серед яких слід виокремити засоби аналізу рекурентностей, що включають комплекс віконних мір, заснованих на горизонтальних (ламінарність, час захвату) та діагональних (детермінізм, усереднена довжина діагональних ліній, ентропія) структурах рекурентної діаграми [2].

До переваг рекурентного аналізу варто віднести високу універсальність показників, що обумовлює можливість їх використання у процесі аналізу рядів різної природи. Окрім того, чутливість мір залежить від обраного кроку та вікна, а отже практична задача моніторингу та прогнозування значень рядів з різною частотою дискретизації суттєво спрощується. Вищезазначений комплекс методів передбачає проведення глибинного аналізу, що дозволяє відійти від суто візуальної інтерпретації та зосередитися на конкретних чисельних характеристиках ряду.

На рис. 1 зображено результати обчислення окремих рекурентних мір для значень фондових індексів FTSE, S&P 500 та HSI [3-5]. Помітною є синхронність руху показників протягом досліджуваного періоду, що є свідченням глобального характеру кризи. За умов стабільного розвитку системи, детермінізм зростає та максимально наближується до одиниці, однак, з початком розгортання деструктивних процесів, він виявляє стійку тенденцію до зниження. Коефіцієнт кластеризації, у свою чергу, є мережевою характеристикою ряду та відрізняється специфічною передкризовою динамікою: графічне відображення міри стає переривчастим через неможливість обчислення значень.

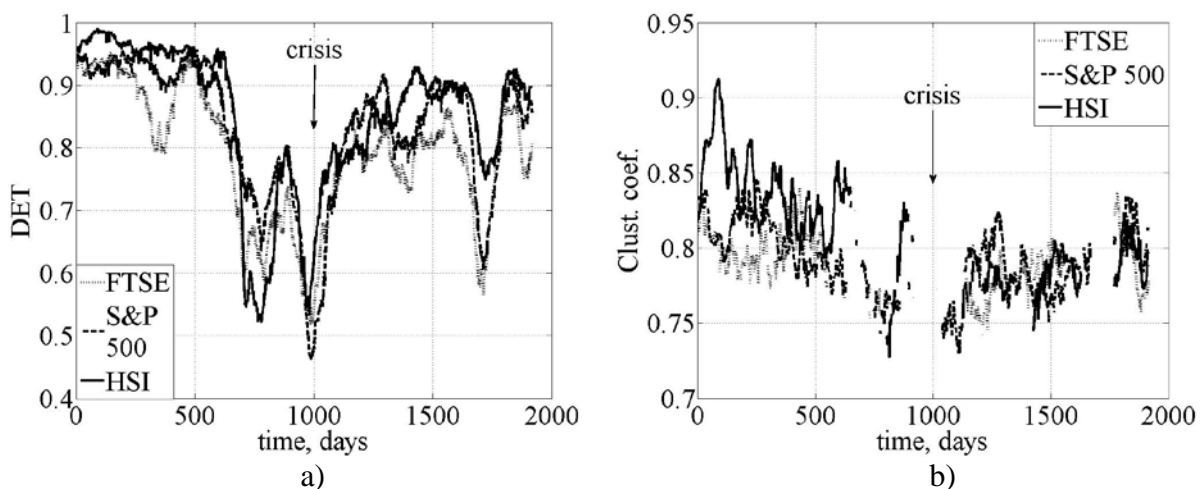


Рис. 1. Динаміка детермінізму (а) та коефіцієнта кластеризації (б) для фондових індексів FTSE, S&P 500, HSI, обчислена з вікном 100 для періоду фінансової нестабільності 2008-2012 рр. Стрілками позначені моменти настання відомих кризових явищ.

Перспективним напрямом для моніторингу поточної динаміки та прогнозування майбутніх тенденцій є паралельний аналіз вихідного ряду та обчислених мір, а саме порівняння їх відхилень з фактичними змінами значень часової послідовності. Слід зазначити, що такий підхід дозволяє виявити порогові значення показника, а відтак, може відігравати важливу роль у формуванні індикаторів-передвісників. На рис. 2 зображено результати розрахунку рекурентних мір для фондового індексу DAX [6].

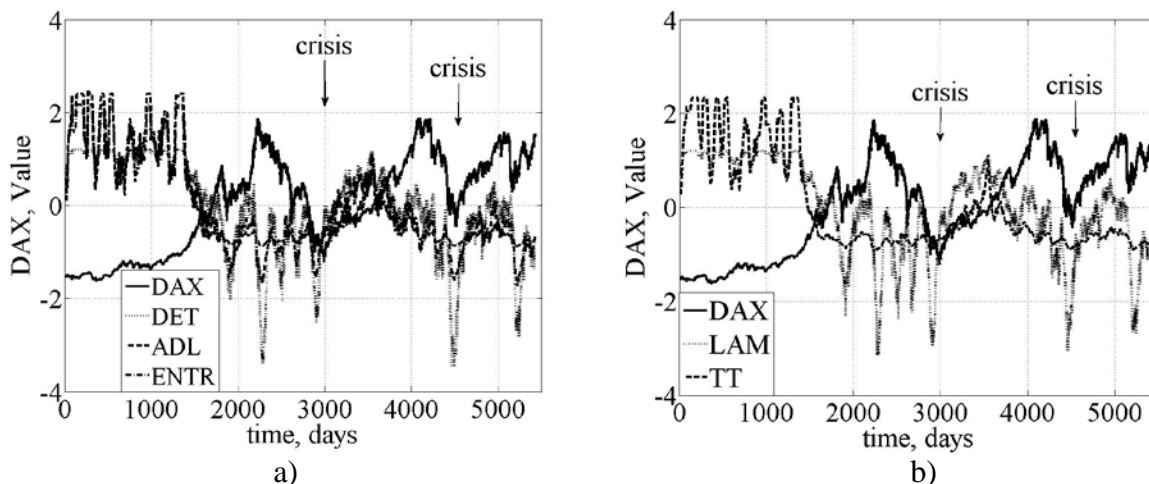


Рис. 2. Динаміка рекурентних мір, заснованих на діагональних (а) та горизонтальних (б) лініях рекурентної діаграми, обчислених для історичних значень фондового індексу DAX з вікном 100. Стрілками відмічені моменти настання відомих кризових явищ.

Очевидно, що у процесі розгортання фінансової нестабільності знижується рівень впорядкованості системи, руйнуються попередньо сформовані кластери. Відповідно, спостерігається суттєве зменшення рівня складності системи з подальшим підвищенням у період релаксації. Такий аналіз рівня деструкції стійких економічних зв'язків дозволяє оцінити глибину рецесії та поточний ступінь невизначеності системи, врахувати вплив фундаментальних індикаторів, тобто максимально ефективно використати наявну інформацію про систему.

Таким чином, рекурентні міри являють собою комплексний метод дослідження економічних систем, що ґрунтується на концепції складності та приділяє особливу увагу особливостям періодичного руху траєкторій та еволюційної зміни станів.

Список використаної літератури:

1. Дербенцев В.Д., Сердюк О.А., Соловійов В.М., Шарапов О.Д. Синергетичні та екофізичні методи дослідження динамічних та структурних характеристик економічних систем – Черкаси: Брама-Україна, 2010. – 300 с.

2. Norbert Marwan, M. Carmen Romano, Marco Thiel, Jürgen Kurths. Recurrence plots for the analysis of complex systems [Електронний ресурс] / 2007, – режим доступу <http://www.pik-potsdam.de/members/kurths/publikationen/2007/305.pdf>

3. Статистичні дані FTSE [Електронний ресурс] / режим доступу <http://finance.yahoo.com/q/hp?s=%5EFTSE+Historical+Prices>

4. Статистичні дані S&P 500 [Електронний ресурс] / режим доступу <http://finance.yahoo.com/q/hp?s=%5EGSPC+Historical+Prices>

5. Статистичні дані HSI [Електронний ресурс] / режим доступу <http://finance.yahoo.com/q/hp?s=%5EHSI+Historical+Prices>

6. Статистичні дані DAX [Електронний ресурс] / режим доступу <http://finance.yahoo.com/q/hp?s=%5EGDAXI+Historical+Prices>