

УДК 519.688

В. М. СОЛОВЙОВ, А. В. БАТИР

Черкаський національний університет ім. Богдана Хмельницького

**РЕКУРЕНТНІ МІРИ ЯК МЕТОД КІЛЬКІСНОЇ ОЦІНКИ СКЛАДНОСТІ**

*У роботі визначено переваги застосування сучасних міждисциплінарних підходів до аналізу фінансових часових послідовностей, обґрунтовано доцільність використання мір рекурентності як засобу оцінки складності економічних систем. Здійснено перевірку ефективності методу на прикладі реальних фінансових рядів.*

**Ключові слова:** рекурентні міри, складність, криза, моніторинг, прогнозування, індикатори-передвісники.

Сучасна економічна динаміка є результатом дії двох протилежних за своїм напрямком тенденцій. З одного боку спостерігається укрупнення компаній-учасників ринку, з іншого – очевидним є розширення можливостей окремих індивідів у роботі з фінансовими інструментами та спрощення доступу до актуальної інформації. У цьому випадку, зростаюча волатильність ринків та тісна інтеграція складових глобалізованого суспільства лише посилюють ризик настання тривалих періодів економічної нестабільності. Відповідно виникає 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.

**Постановка завдання**

Мета роботи полягає в обґрунтуванні можливості використання мір рекурентності як засобу оцінки складності фінансово-економічних систем та перевірки ефективності методу на реальних часових послідовностях.

Об'єктом дослідження виступають процеси розгортання фінансової нестабільності.

Предметом дослідження є особливості передкризової динаміки та характерні зміни значень рекурентних мір у період релаксації.

Застосування ідей сучасної теорії складності в системах моніторингу і прогнозування економічної динаміки є логічним продовженням досліджень з вивчення довгої пам'яті [1] та рекурентних властивостей фінансових часових рядів [2]. Глобальна економіка розглядається як відкрита мультиагентна система, еволюція якої відбувається за деякою траєкторією та відзначається зміною станів шляхом динамічних переходів типу «порядок-хаос». Очевидно, що у процесі оцінки складності ваги набувають не лише поточні але й попередні значення, тобто передісторія аналізованої послідовності. Відповідно до цього, необхідно звернути увагу на групу хаос-динамічних методів, що являють собою комплекс технічних інструментів, які досліджують усталені взаємодії між окремими елементами та особливості еволюції траєкторії системи [3]. На відміну від засобів фундаментального аналізу, що передбачають дослідження впливу експертних оцінок та публікацій на цінові коливання світових ринків, зазначений підхід ґрунтується на ключовому положенні технічного аналізу, а саме ідеї кількісного відображення дії фундаментальних факторів у поточному рівні цін.

**Результати та їх обговорення**

Засоби аналізу рекурентностей становлять окрему групу в рамках хаос-динамічного підходу і включають комплекс віконних мір, заснованих на горизонтальних (ламінарність, час захвату) та діагональних (детермінізм, усереднена довжина діагональних ліній, ентропія) структурах рекурентної діаграми [4]. Розроблені в рамках міждисциплінарних досліджень, вони відрізняються високою

гнучкістю та універсальністю, що відкриває широкі можливості практичного застосування у таких прикладних сферах як геологія, медицина, дослідження галузевих економік.

До переваг рекурентних мір варто віднести можливість регулювання їх чутливості залежно від обраного кроку та вікна, що дозволяє значно спростити практичну реалізацію завдань моніторингу та прогнозування значень рядів з різною частотою дискретизації. Вищезазначений комплекс методів передбачає проведення глибинного аналізу, відхід від суто візуальної інтерпретації та зосередження на конкретних числових характеристиках ряду.

Серед усього спектру рекурентних показників варто окремо виділити детермінізм і коефіцієнт кластеризації, значення яких суттєво змінюються задовго до настання помітних проявів фінансової нестабільності. Обчислений як відношення рекурентних точок, що формують діагональні структури, до загальної кількості повторюваних станів, перший дозволяє оцінити зміни у рівні передбачуваності системи. Коефіцієнт кластеризації, у свою чергу, є мережевою характеристикою ряду та визначає інтенсивність кореляцій вищих порядків між кількома моментами спостереження. Для хаотичних послідовностей властивими є низькі значення коефіцієнта кластеризації, у той час як періодична динаміка породжує велику кількість складних структур.

На рис. 1 зображено результати обчислення показників детермінізму та кластеризації для значень фондових індексів FTSE 100, S&P 500 та HSI [5–7].

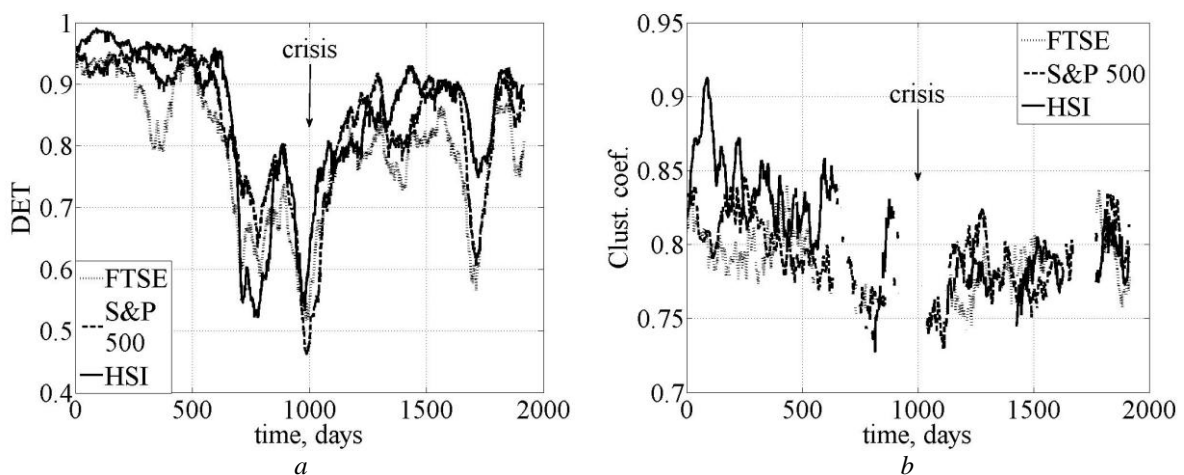


Рис. 1. Динаміка детермінізму (*a*) та коефіцієнта кластеризації (*b*) для фондових індексів FTSE 100, S&P 500, HSI, обчислена з вікном 100 для періоду фінансової нестабільності 2008–2012 рр.

Стрілками позначені моменти настання відомих кризових явищ.

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. Очевидно, що коефіцієнт кластеризації відрізняється специфічною передкризовою динамікою: графічне відображення міри стає переривчастим через неможливість обчислення значень. 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 глибину деструктивних явищ, порівняти наслідки криз, різних за природою, характером перебігу і часом настання. Окрім того, такий спосіб є одним із найпростіших засобів візуалізації динаміки рівня складності системи протягом її еволюції в часі.

На рис. 2 зображено результати розрахунку комплексу рекурентних мір для ряду історичних значень фондового індексу DAX [8], що містить кризи 1998, 2001 та 2008 років.

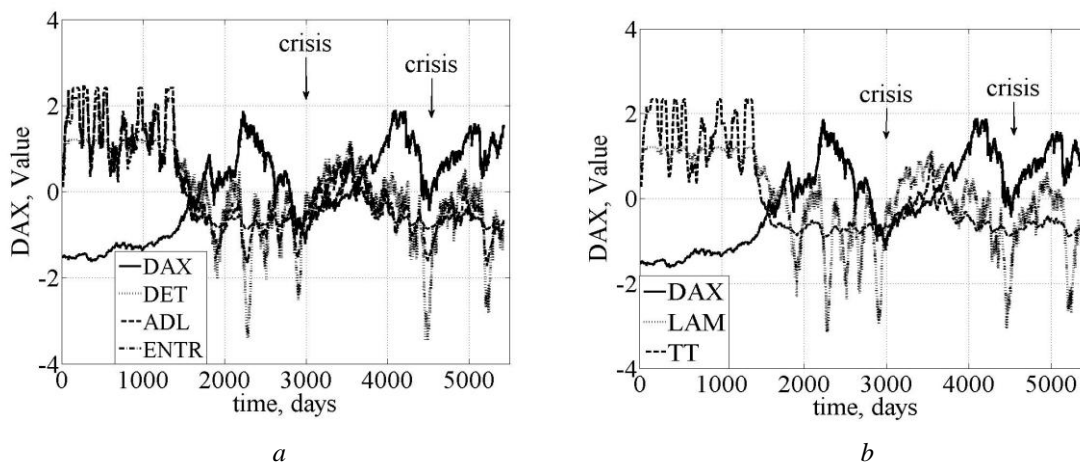


Рис. 2. Динаміка рекурентних мір, заснованих на діагональних (а) та горизонтальних (б) лініях рекурентної діаграми, обчислених для історичних значень фондового індексу DAX з вікном 100. Стрілками відмічені моменти настання відомих кризових явищ.

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. Слід зазначити подібну динаміку розрахованих показників, що є простим способом верифікації правильності обчислень, а також підтверджує обґрунтованість початкової гіпотези про відмінність рівнів детермінованості системи за різних умов функціонування. 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.

### Висновки

Рекурентні міри дозволяють враховувати специфіку фінансових криз, які, на противагу шоківим явищам, викликані суттєвим системним дисбалансом, що потребує деякого періоду розвитку та формування деструктивних тенденцій.

Включені до складу єдиного комплексу індикаторів-передвісників, вони надають можливість вчасно зреагувати та вжити необхідних заходів як у галузі державного управління так і у сфері захисту приватних інвестицій.

### Список використаної літератури

1. E. Panas. Long memory and chaotic models of prices on the London MetalExchange [Електронний ресурс] / 2002, – режим доступу <ftp://ftp.elet.polimi.it/users/Carlo.Piccardi/VarieCda/ArticoliStudenti/e13.pdf>

2. Eckmann, J.-P., Kamphorst, S. O. & Ruelle, D. Recurrence plots of dynamical systems [Електронний ресурс] / 1987, – режим доступу <http://iopscience.iop.org/0295-5075/4/9/004>
3. Дербенцев В.Д., Сердюк О.А., Соловійов В.М., Шарапов О.Д. Синергетичні та еконофізичні методи дослідження динамічних та структурних характеристик економічних систем – Черкаси: Брама-Україна, 2010. – 300 с.
4. 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>
5. Статистичні дані FTSE [Електронний ресурс] / режим доступу <http://finance.yahoo.com/q/hp?s=%5EFTSE+Historical+Prices>
6. Статистичні дані S&P 500 [Електронний ресурс] / режим доступу <http://finance.yahoo.com/q/hp?s=%5EGSPC+Historical+Prices>
7. Статистичні дані HSI [Електронний ресурс] / режим доступу <http://finance.yahoo.com/q/hp?s=%5EHSI+Historical+Prices>
8. Статистичні дані DAX [Електронний ресурс] / режим доступу <http://finance.yahoo.com/q/hp?s=%5EGDAXI+Historical+Prices>

Стаття надійшла до редакції 11.10.2012

#### **Рекуррентные меры как метод количественной оценки сложности**

Соловійов В.М., Батыр А.В.

*Черкасский национальный университет имени Богдана Хмельницкого*

Работа исследует преимущества использования современных междисциплинарных подходов к анализу временных последовательностей, обосновывает эффективность использования мер рекуррентности как способа оценки сложности экономических систем. Произведена проверка работоспособности метода на примере реальных финансовых рядов.

**Ключевые слова:** меры рекуррентности, сложность, кризис, мониторинг, прогнозирование, опережающие индикаторы.

#### **Recurrence measures as a method of quantifying of complexity**

Soloviev V., Batir A.

*Bogdan Khmelnytsky National University at Cherkassy*

Current research defines the advantages of modern interdisciplinary approaches to the analysis of financial time series, justifies the efficiency of using recurrence measures to evaluate the complexity of economic systems. The approach has also been tested on real financial data.

**Keywords:** recurrence measures, complexity, crisis, monitoring, prediction, leading indicators.