

IS

Моделювання та інформаційні системи в економіці

78'2008



Збірник
наукових праць

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Державний вищий навчальний заклад
«КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені ВАДИМА ГЕТЬМАНА»

Збірник наукових праць «Моделювання та інформаційні системи в економіці» входить до Переліку № 6 (Економічні науки, п. 6) наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата економічних наук, що затверджено постановою президії Вищої атестаційної комісії України від 11 жовтня 2000 р. № 1-03/8.

Моделювання та інформаційні системи в економіці

Збірник наукових праць

Заснований 1965 р.

Випуск 78

Відповідальний редактор В. К. Галіцин

Київ 2008

Збірник містить наукові матеріали, в яких досліджуються моделювання економічних систем, оцінки стану, розвитку, ефективності інформаційних систем та технологій в економіці та підприємстві, інформаційних процесів у фінансово-економічній сфері. Розглядаються питання ризик-менеджменту в широкому спектрі економічних проблем тощо.

Для широкого кола наукової громадськості, що використовує теоретичні засади моделювання різних аспектів в економіці та дослід їх упровадження в практичній діяльності в різних галузях народного господарства.

Редакційна колегія

В. К. Галіцин, д-р екон. наук, проф. (відп. ред.); О. Д. Шарапов, канд. техн. наук, проф. (заст. відп. ред.); А. Я. Махоткіна (відп. секр.); К. Г. Валєєв, д-р фіз.-мат. наук, проф.; А. П. Великий, чл.-кор. НАН України, д-р фіз.-мат. наук, проф.; В. В. Вітлінський, д-р екон. наук, проф.; Г. В. Лавінський, д-р техн. наук, проф.; С. Ф. Лазарева, канд. екон. наук, проф.; А. І. Макаренко, канд. фіз.-мат. наук, доц.; І. Г. Манцуров, д-р екон. наук, проф.; С. І. Наконечний, канд. екон. наук, проф.; С. В. Устенко, канд. техн. наук, доц.; О. П. Суслов, д-р екон. наук, проф.

Адреса редакційної колегії: 0453 м. Київ, Львівська пл., 14
Кім. 403, 413. Тел.: 537-07-42, 537-07-30, 537-07-29
kneu-sbornik@yandex.ru

Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана

Засновник та видавець

Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана

Засновано в Міністерстві юстиції України.

Свідоцтво про державну реєстрацію КВ № 11718-589Р від 11.09.06

*Рекомендовано до друку Вченою радою КНЕУ
Протокол № 10 від 26.06.08*

Рецензенти

М. М. Клименюк, д-р екон. наук, проф.
(Академія муніципального управління)

Н. О. Парфенцева, д-р екон. наук, проф.
(Українська національна академія

державного управління при Президентові України)

Редактор В. Антонюк. Художник обкладинки О. Покорницька.
Коректор Е. Піщаль. Верстка І. Грибанової

Підписано до друку 14.10.08. Формат 60×84/16. Папір офсет.
Гарнітура Тип Таймс. Друк офсетний. Ум. друк. арк. 16,74.
Обл.-вид. арк. 19,05. Наклад 100 пр. Зам. № 08-3576

Державний вищий навчальний заклад
«Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана»
03680, м. Київ, проспект Перемоги, 54/1
Тел./факс (044) 537-61-41; тел. (044) 537-61-44
E-mail: publish@kneu.kiev.ua

Друк ТОВ «Видавничо-поліграфічний дім «Формат»
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру
суб'єктів видавничої справи (серія ДК, №1976 від 19.10.2004)
Зам. 368. Тел. (044) 463-53-23

ЗМІСТ

Манцуров І. Г., Яценко А. В. Інтелектуальне забезпечення ефективної інноваційно-інвестиційної політики держави	5
Вітлінський В. В., Матвійчук А. В. Нейро-нечітке моделювання в інтелектуальних системах прийняття рішень	20
Устенко С. В., Степаненко О. П. Інтелектуальні системи прийняття рішень в організаціях	28
Верченко П. І. Багатокритеріальні моделі в інтелектуальних системах прийняття рішень	36
Дербенцев В. Д. Моделювання складних інтелектуальних систем	45
Вітлінський В. В., Шарапов О. Д. Теорія інтелектуальних систем прийняття рішень	58
Галіцин В. К., Лазарева С. Ф. Управління якістю проєктів інтелектуальних інформаційних систем	70
Козак І. А. Концепція онтологічного моделювання інформаційних систем	84
Кукоба В. П. Організаційне проєктування на основі вдосконалювання інформаційної системи підприємства	93
Гужва В. М. Еволюція організаційних форм управління підприємствами: від вертикальних до інтелектуальних підприємств	100
Данильчук Г. Б., Триус В. Ю. Ентропійні методи вимірювання складності	107
Лапшина М. А. Дослідження умов стійкості розв'язків моделі Самуельсона—Хікса	120

Головень О. В. Нечітка когнітивна модель ситуації, як інструмент покращення системних характеристик підприємства	132
Глуцевський В. В. Рішення задачі адаптивного планування розвитку та розміщення виробництва з оптимальним розподілом інвестиційних ресурсів методами стохастичного програмування	145
Джаладова І. А. Багатовимірний аналіз даних	161
Шарапов О. Д., Соловйов В. М. Використання вейвлет-ентропії для аналізу складних економічних систем.	170
Бегун А. В. Безпека інтелектуальних інформаційних систем	182
Вілінський В. В., Матвійчук А. В., Махоткіна А. Я. Методологічний підхід до розподілу бюджетних призначень з податку на додану вартість за регіонами	191
Нелюба В. М. Моделювання вибору постачальників прокату в умовах багатокритеріальної оптимізації.	209
Соловйов В. М., Щерба В. В. Застосування Кільського аналізу рекурентних діаграм для моделювання універсальних властивостей кризових явищ	220
Стрельченко І. І. Використання інтегрального рівняння Вінера—Хопфа для моделювання динаміки обмінних курсів	230
Городнов В. П., Ткач І. М. Мікроекономічна модель $ML/Mn/t$ вимог з очікуванням	240
Верченко П. І., Ніколаєв М. Г. Адаптивна модель бізнес-планування з урахуванням ризику	251
Іванченко Г. Ф., Потапенко С. Д. Особливості побудови мовних інтерфейсів у системах штучного інтелекту	261
Галіцин В. К., Лазарева С. В. Моніторинг інформаційних технологій у системі ІТ менеджменту	270

4. Тьюки Дж. Анализ результатов наблюдений. Разведочный анализ. — М.: Мир, 1981. — 693 с.
5. Дубров А. М., Трошин Л. И. Многомерные статистические методы: Учебник. — М.: Финансы и статистика, 1998. — 352 с.

Стаття надійшла до редакції 26.06.2008

УДК 519.722:330.342

О. Д. Шарапов, канд. техн. наук, проф.,
ДВНЗ «КНЕУ імені Вадима Гетьмана»
В. М. Соловійов, д-р фіз.-мат. наук, проф.,
Черкаський національний університет
ім. Богдана Хмельницького

ВИКОРИСТАННЯ ВЕЙВЛЕТ-ЕНТРОПІЇ ДЛЯ АНАЛІЗУ СКЛАДНИХ ЕКОНОМІЧНИХ СИСТЕМ

АНОТАЦІЯ. У роботі розглянуто методи розрахунку значень вейвлет-ентропії на основі дискретного та неперервного вейвлет-перетворення. За допомогою описаних методів проведено аналіз трьох економічних криз минулого сторіччя та зроблено висновки щодо можливості використання вейвлет-ентропії для дослідження економічних систем з точки зору наявності в їх функціонуванні критичних та кризових явищ.

ANNOTATION. This paper is devoted to the methods of calculation of values wavelet entropy based on discrete and continuous wavelet-transformation. By the described methods the analysis of three economic crises of past century is conducted and done conclusions in relation to possibility of the use of wavelet entropy for research of the economic systems from the point of view a presence in their functioning of the critical and crises phenomena

КЛЮЧОВІ СЛОВА. Складні економічні системи, вейвлет-ентропія, передкризові стани.

Вступ

Останні роки напрямки досліджень в галузі синергетики та нелінійної динаміки суттєво розширилися і стали міждисциплінарними, синергетичні методи стали активно застосовуватись до вивчення соціальних, екологічних, економічних систем. Досліджувані в рамках синергетичної парадигми об'єкти володіють спільною властивістю — вони є складними системами (complex system).

Головною метою досліджень є прагнення зрозуміти динаміку розвитку складних систем, що дасть змогу прогнозувати їх роз-

виток та ефективніше управляти ними. Однією із важливих задач є передбачення в еволюції системи особливих точок, які розмежовують її суттєво різні стани або траєкторії розвитку. Такі точки називають критичними чи кризовими. Що стосується економічних систем на макрорівні — то в якості таких точок можна розглядати відомі кризи, крахи та шоки, що спостерігались на фондових, валютних, товарних ринках у минулому столітті. Загалом критичні явища, що були причиною зміни стану системи, можуть бути пов'язані як із зовнішніми, так і з внутрішніми факторами. В той час як прогнозування криз та крахів, причиною яких стали зовнішні фактори, надзвичайно складне, вимагає побудови адекватних причинно-наслідкових моделей із численними контурами прямих та зворотних зв'язків, що пов'язано як з принциповими, так і з суто технічними проблемами.

Для критичних явищ, в основі появи яких знаходяться внутрішні властивості та зміни системи перспективним підходом до виявлення передкризових станів є застосування синергетичних методів, зокрема, підхід, головна ідея якого полягає в тому, що за деякою вихідною величиною (часовим рядом) в принципі можна діагностувати стан системи в цілому та виявляти передкризові, критичні режими функціонування та стани (наприклад, за серцевим пульсом або артеріальним тиском людини можна зробити висновки щодо стану здоров'я, за значеннями біржових індексів для фондових ринків можна зробити висновки щодо стану ринків).

У роботах по дослідженню критичних явищ, зокрема, в [1], висловлюється та підтверджується гіпотеза про колективну зміну поведінки суб'єктів (елементів) систем, що й приводить до загальної зміни їх структури. Так, перед кризою в економічній системі починає спостерігатись загальний рух трейдерів в одному напрямку на великих часових масштабах, в той час як на малих спостерігаються хаотичні дії, що загалом приводить до зростання складності поведінки системи та її невизначеності. На основі такої гіпотези можна зробити висновок про ймовірність дослідження критичних явищ за допомогою методів, що дозволяють визначати характеристики складності та невизначеності систем. Однією з таких характеристик є ентропія.

На даний момент відомо багато підходів до обчислення ентропії: ентропія подібності [2, 3] ентропія шаблонів [3, 4], багатомасштабова ентропія [5, 6], вейвлет-ентропія [7—11]. Всі ці підходи до обчислення ентропії використовують в якості початкових даних часові ряди. В той час як для перших трьох видів ентропії не

передбачається будь-яке перетворення вихідного ряду, остання розраховується на основі вейвлет-розкладу ряду, що, враховуючи сутність вейвлет-перетворення, може бути джерелом додаткової інформації про стан системи. Саме такі міркування в нашій роботі було покладено в основу вибору методів дослідження критичних явищ в економічних системах.

I. Методологія розрахунків

Вейвлет-аналіз є методом, що полягає у введенні відповідного базису та характеристики сигналу шляхом розподілу амплітуд (відліків сигналу) у введеному базисі. Якщо при введенні базису висувається вимога до його ортогональності, будь-яка розглядувана функція може бути єдиним чином розкладена в ньому, причому такий розклад дозволяє відновлювати сигнал.

Дискретне вейвлет-перетворення дозволяє отримувати представлення сигналу в такий спосіб, щоб його значення складалося з коефіцієнтів у послідовності вейвлетів. Такі вейвлет-коефіцієнти надають повну інформацію про сигнал та дозволяють безпосередньо отримувати локальні енергії складових сигналу на різних часових масштабах. Більш того, інформація може бути організована у вигляді ієрархічної системи вкладених підпросторів, що носить назву багатомасштабного аналізу. Базою вейвлет-перетворення є деяка функція ψ , що називається материнським вейвлетом. При використанні вейвлет-перетворення часто застосовують термінологію цифрової обробки сигналів, де часовий ряд називають сигналом, а його елементи часовими відліками.

Для опису основ вейвлет-ентропії звернемося до [8—10].

Нехай маємо часовий ряд (сигнал) X , що складається зі значень (відліків) x_i , $i = 1, \dots, M$, поданих на рівномірній сітці з частотою (часом вибірки) ω_s (t_s). В результаті, при використанні множини масштабів $1, \dots, N$, буде отримано наступне вейвлет-перетворення:

$$X(t) = \sum_{j=1}^N \sum_k C_j(k) \psi_{j,k}(t) = \sum_{j=1}^N r_j(t). \quad (1)$$

$r_j(t)$ містить інформацію про ряд X відповідно на частотах $2^{j-1} \omega_s \leq |\omega_s| \leq 2^j \omega_s$.

Оскільки сімейство $\{\psi_{j,k}(t)\}$ є ортонормальним базисом в $L^2(R)$, можна використовувати концепцію енергії з використанням відповідної термінології, взятої з теорії розкладів Фур'є. Вейвлет-коефіцієнти, що отримуються як $C_j(k) = \langle S, \psi_{j,k} \rangle$, дозволяють енергію на кожному масштабі $j = 1, \dots, N$ інтерпретувати як енергію елементів ряду

$$E_j = \|r_j\|^2 = \sum_k |C_j(k)|^2. \quad (2)$$

Загальна енергія ряду може бути отримана у вигляді

$$E_{tot} = \|X\|^2 = \sum_{j=1}^N \sum_k |C_j(k)|^2 = \sum_{j=1}^N E_j. \quad (3)$$

На основі отриманих значень, можна визначити нормалізовані p_j — значення, що представляють відносну вейвлет-енергію

$$p_j = \frac{E_j}{E_{tot}}. \quad (4)$$

на масштабах $j = 1, \dots, N$. Значення p_j , взяті на різних масштабах, утворюють розподіл ймовірності енергії, тобто,

$$\sum_{j=1}^N p_j = 1. \quad (5)$$

Розподіл $\{p_j\}$ може розглядатись як часово-масштабова щільність, що є цінним інструментом для визначення характеристик та особливостей часового ряду як у часовому, так і частотному просторах.

Необхідним критерієм для аналізу та порівняння розподілу ймовірності є ентропія Шенона. Вона надає міру інформації, що міститься в будь-якому розподілі. Визначимо нормалізовану за-

гальну вейвлет-ентропію (Normalized Total Wavelet Entropy, NTWE) [7, 8] як

$$E_{WT} = \frac{-\sum_{j=1}^N p_j \cdot \ln p_j}{X_{\max}}, \quad (6)$$

де $X_{\max} = \ln N$ є нормуючою константою. NTWE може використовуватись як міра ступеня порядку/безпорядку часового ряду, і, таким чином, надавати корисну інформацію про приховані динамічні процеси, асоційовані з часовим рядом. Високовпорядкований процес, навпаки, може бути представлений періодичним монотонним сигналом (часовим рядом), тобто сигналом з вузьким частотним спектром. Вейвлет-подання такого часового ряду буде використовувати лише один масштаб, тобто, всі відносні вейвлет-енергії будуть майже рівні нулю на всіх масштабах, за виключенням масштабу, що включає репрезентативну частоту ряду. На цьому масштабі відносна енергія буде майже рівною 1. Відповідно, NTWE буде набувати дуже малого значення.

Часовий ряд, що відповідає випадковому процесу, буде демонструвати надзвичайно невпорядковану поведінку. Такий вид часових рядів буде мати вейвлет-представлення з порівняно великими значеннями на всіх частотних масштабах. Більш того, можна очікувати, що всі значення будуть приблизно однакові (одного порядку). Відповідно, відносні вейвлет-енергії на всіх масштабах будуть практично рівними між собою, і NTWE буде набувати свого найбільшого можливого значення.

Логічним продовженням ускладнення алгоритмів розрахунку характеристик вейвлет-ентропії є розбиття часового ряду на вікна, що не перекриваються. Для розрахунку нових характеристик вибираються вікна довжини L та утворюються i інтервалів,

$i = 1, \dots, N_T$, де $N_T = \frac{M}{L}$. На кожному інтервалі відповідні значення

часового ряду асоціюються з центральною точкою часового вікна. У випадку діадичного вейвлет-розкладу кількість вейвлет-коефіцієнтів на рівні j удвічі менша за кількість на попередньому рівні, $j+1$. Тому найменша довжина відповідного вікна буде включати щонайменше один вейвлет-коефіцієнт на кожному масштабі.

Вейвлет-енергія на масштабі j для часового вікна i розраховується за формулою

$$E_j^{(i)} = \sum_{k=(i-1)L+1}^{iL} |C_j(k)|^2, \quad i=1, \dots, N_T. \quad (7)$$

Загальна енергія у цьому часовому вікні буде дорівнювати

$$E_{tot}^{(i)} = \sum_{j=-N}^{-1} E_j^{(i)}. \quad (8)$$

Зміна з часом відносної вейвлет-енергії та нормалізованої загальної вейвлет ентропії буде отримана за формулою:

$$p_j^{(i)} = \frac{E_j^{(i)}}{E_{tot}^{(i)}}, \quad (9)$$

$$E_{WT}^{(i)} = - \sum_{j=-N}^{-1} p_j^{(i)} \cdot \frac{\ln p_j^{(i)}}{X_{\max}}.$$

II. Алгоритми розрахунків

При розрахунку коефіцієнтів використовуються наступні типи вейвлет-перетворень:

— неперервне вейвлет-перетворення — розрахунок неперервних вейвлет-коефіцієнтів часового ряду t на цілих додатніх масштабах з використанням в якості материнського вейвлета похідної 8-го порядку функції Гауса;

— дискретне вейвлет-перетворення — розрахунок дискретних вейвлет-коефіцієнтів часового ряду t на дійсних додатніх масштабах у просторі з ортонормованим базисом із сімейства материнських функцій Морле з шістьма хвилями та періодами, що є дійсними степенями двійки;

— дискретне вейвлет-перетворення з цілими масштабами — розрахунок дискретних вейвлет-коефіцієнтів часового ряду t на цілих додатніх масштабах у просторі з базисом із сімейства материнських функцій, що є похідними 2-го порядку функції Гауса.

При виконанні вейвлет-перетворення до вихідного ряду зліва та справа додавались його екземпляри, що дозволило отримувати

однакову кількість вейвлет-коефіцієнтів на всіх масштабах. Тому в подальшому для позначення вейвлет-коефіцієнтів (та відповідних енергій) використовуватимемо нижні індекси C_{ij} , де i — номер масштабу, j — номер точки.

В якості базової формули розрахунку значення ентропії нами було обрано ентропію Шенона внаслідок досить простого методу отримання розподілу щільності ймовірності енергії сигналу.

На основі енергій вейвлет-коефіцієнтів було визначено два показники вейвлет-ентропії — масштабової та точкової ентропії. У випадку розрахунку масштабової вейвлет-ентропії формула Шенона застосовується до оброблених даних по масштабах, в іншому випадку обробка даних проводиться за часовою шкалою.

При розрахунку обох показників вейвлет-ентропії спочатку знаходиться поле енергій вейвлет-коефіцієнтів $E_{ij} = C_{ij}^2$, яке нормалізується середнім квадратичним відхиленням вихідного часового ряду $\tilde{E}_{ij} = \frac{E_{ij}}{\sigma_t}$. Подальші кроки залежать від виду розраховуваної ентропії.

Для розрахунку масштабової ентропії визначається розподіл щільності ймовірності енергій $p_{ij} = \frac{\tilde{E}_{ij}}{\tilde{E}_{tot}}$, де $E_{tot} = \sum_i \sum_j \tilde{E}_{ij}$. Значення

ентропії знаходяться за формулою $E_{WS} = -\sum_i \left(\left(\sum_j p_{ij} \right) \cdot \frac{\log_2 \sum_j p_{ij}}{\log_2 N} \right)$,

де $\log_2 N$ — константа, що є нормуючим множником, N — кількість елементів часового ряду.

Для розрахунку точкової ентропії визначаються суми енергій на кожному масштабі $\tilde{E}_i = \sum_j \tilde{E}_{ij}$ та знаходиться розподіл щільності ймовірності енергій шляхом ділення енергій вейвлет-коефіцієнтів на сумарну енергію відповідного масштабу $p_{ij} = \frac{\tilde{E}_{ij}}{\tilde{E}_i}$. Значення ентропії у кожній точці знаходиться за формулою Шенона

$$E_{WP} = -\sum_i \left(\left(\sum_j p_{ij} \right) \cdot \frac{\log_2 \sum_j p_{ij}}{\log_2 N} \right).$$

III. Використовувані економічні дані

Для дослідження було використано наступні щоденні індекси: Dow Jones, Standard & Poor's 500, Nasdaq, NYSE. Для можливості порівняння результатів використовувались ряди однакової довжини. Точкою відліку вибиралась точка максимального значення індексу або точка, вказана у [1]. Всі ряди мали довжину у 2001 спостереження.

Досліджувались кризи минулого століття (в дужках вказано дату, що відповідає середній точці ряду):

- криза 1929 р. (01.10.1929 р.);
- крах 1987 р. (19.10.1987 р.);
- криза 1962 р. (1.1.1962 р.);
- обвал індекса Nasdaq у 2000 р. (17.4.2000 р.).

IV. Дослідження кризових явищ

При аналізі економічних систем нас цікавила, в першу чергу, динаміка зміни показника ентропії. Хоча описані нижче явища спостерігались для усіх досліджуваних часових рядів, в якості демонстрації ми вибрали індекс Dow Jones.

Як і очікувалось, ентропія системи зростає при наближенні до точки обвалу (падіння) і набуває свого найбільшого значення безпосередньо у цій точці. Така тенденція спостерігається для всіх досліджуваних нами рядів. На рис. 1 зображено значення вейвлет-ентропії при дослідженні часового ряду індексу Dow Jones з використанням дискретного вейвлет-перетворення. Точка кризи показана вертикальною прямою. Для кризи 1929 р. та краху 1987 р. максимальне значення ентропії практично співпадає з точкою найбільшого падіння індекса. Для кризи 1962 р. максимальне значення ентропії зміщене вправо від центральної точки, що може бути пояснене тривалістю кризи та послідовністю падінь індексу приблизно однакової величини замість одного значного обвалу. Зауважимо також наявність більшої ширини піка, що містить максимальне значення ентропії для кризи 1962 р.

Однак, при використанні дискретного вейвлет-перетворення враховуються не всі допустимі масштаби, що приводить до часткової втрати інформації, яку стає неможливо отримати шляхом аналізу вейвлет-коефіцієнтів. Розрахунки вейвлет-ентропії, виконані з використанням неперервного вейвлет-перетворення, дають більш інформативні результати. На рис. 2 показано результати

дослідження тих же рядів з використанням SWT. Аналіз дозволяє виявити нові особливості поведінки ентропії:

— максимальне значення ентропії не співпадає з центральною точкою ряду, що є, як згадувалось раніше, точкою найбільшого падіння;

— з'являються коливання значень ентропії, які повторюють коливання вейвлет-коефіцієнтів на великих масштабах. Вони добре узгоджуються (особливо на графіку (с) для краху 1987 р.) з лог-періодичним законом розвитку критичного явища, що був досліджений [1];

— тривалість періоду розвитку критичного явища в більшості випадків співпадає з тривалістю періоду релаксації.

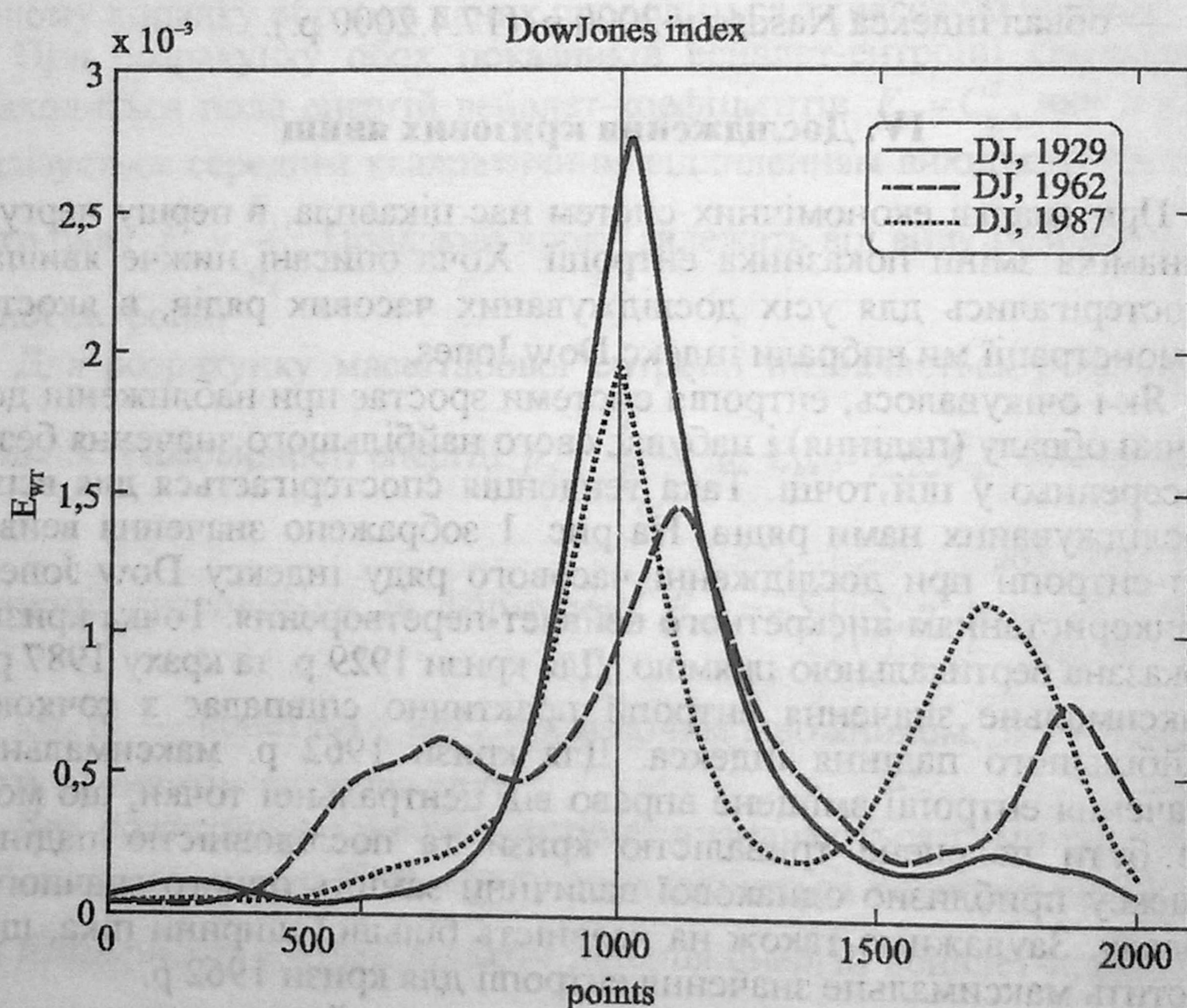


Рис. 1. Значення вейвлет-ентропії, розрахованої при використанні дискретного вейвлет-перетворення, для трьох часових рядів індексу Dow Jones, що містять кризи. Суцільна лінія відображує значення вейвлет-ентропії для ряду, що містить кризу 1929 р.; штрихова лінія — для ряду, що містить кризу 1962 р.; пунктирна лінія — для ряду, що містить крах 1987 р.

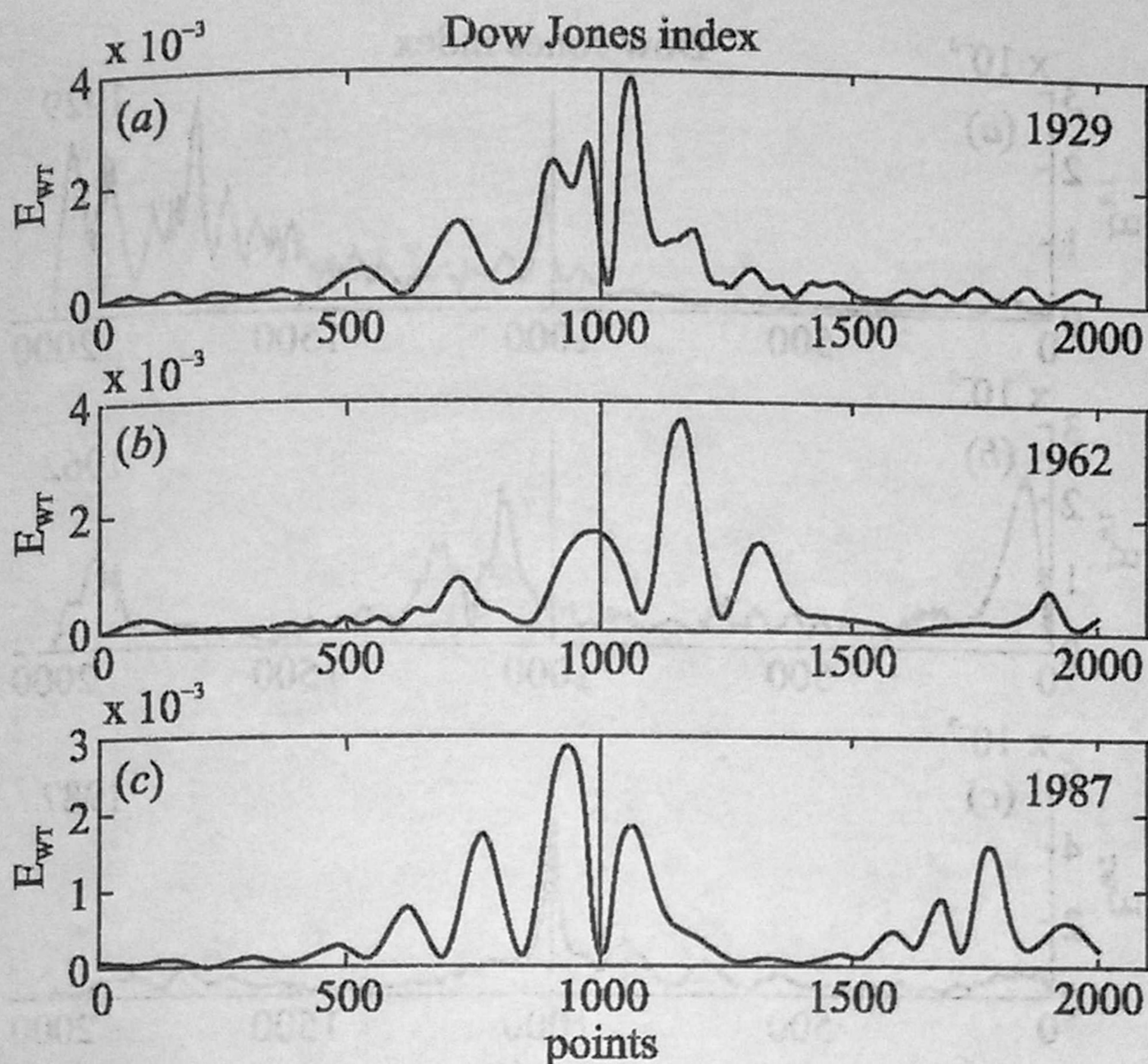


Рис. 2. Значення вейвлет-ентропії, розрахованої при використанні неперервного вейвлет-перетворення, для трьох часових рядів індекса Dow Jones, що містять кризи. На вкладці (a) відображено значення вейвлет-ентропії для ряду, взятого за період кризи 1929 р.; на вкладці (b) — для ряду, що містить кризу 1962 р.; на вкладці (c) — для ряду, що містить крах 1987 р.

Оскільки при дослідженні часових рядів часто використовують похідні від них (зокрема, returns), ми провели дослідження повернень. На рис. 3 зображено значення вейвлет-ентропії для рядів повернень індексу Dow Jones. Отримані ряди дозволяють зробити припущення про тривалість кризи, однак не містять ознак, описаних вище. Зрозуміло, що при використанні повернень більші значення ентропії будуть знаходитись на ділянках ряду, що містять великі падіння чи підйоми, оскільки в цьому випадку в ряді повернень спостерігатиметься пік, що суттєво впливає на значення вейвлет-коефіцієнтів. Аналіз отриманого показника також виявляє можливість досліджувати структуру критичного явища. Зокрема, для кризи 1929 р. — порівняно спокійне наближення та бурне протікання, навпаки, для краху 1987 р. — тривала підготовка з виявленням наростаючого хаотичного руху та порівняно невеликий період релаксації.

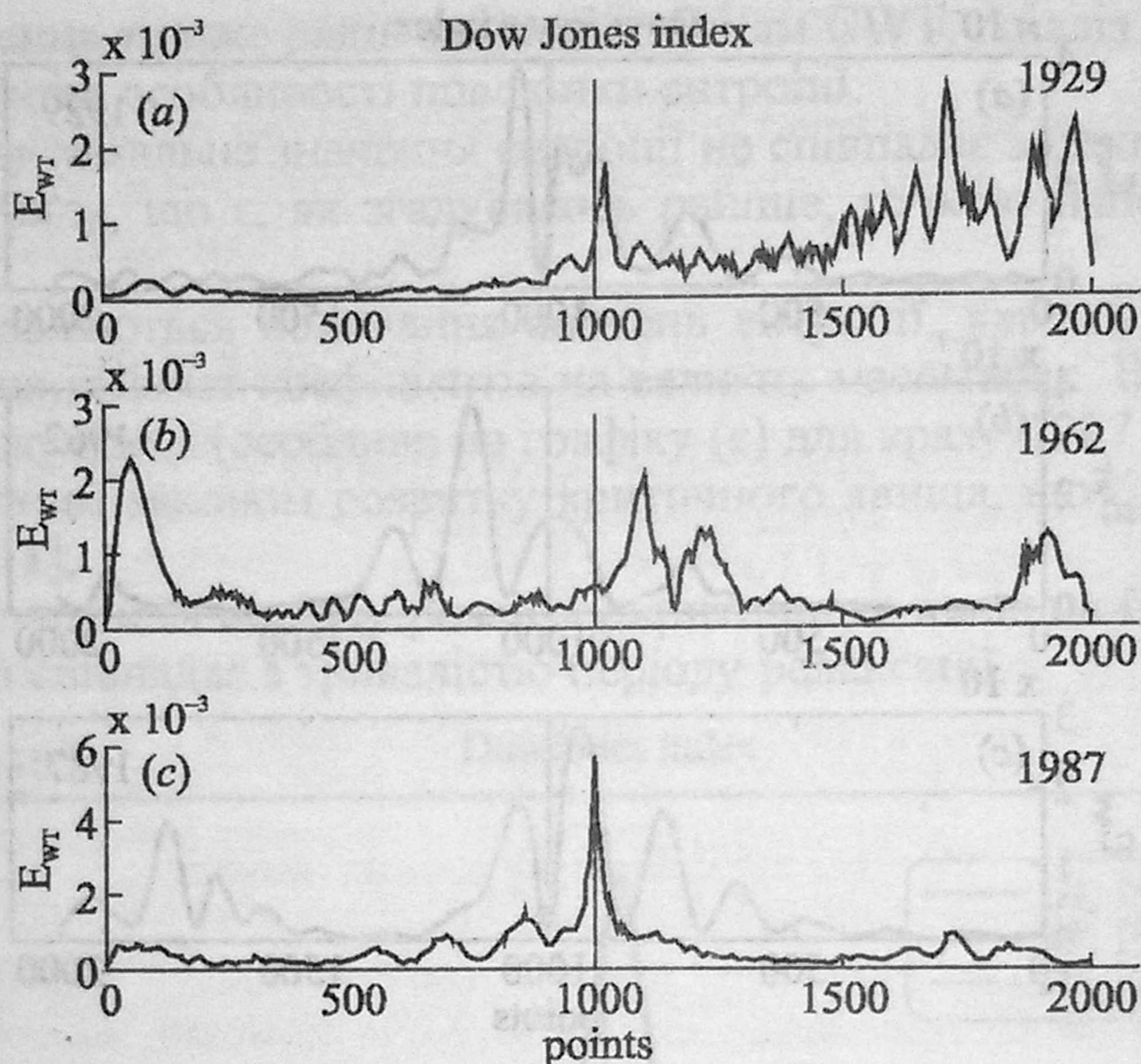


Рис. 3. Значення вейвлет-ентропії, розрахованої при використанні неперервного вейвлет-перетворення, для трьох часових рядів прибутків, розрахованих на основі рядів індекса Dow Jones, що містять кризи. На вкладці (a) відображено значення вейвлет-ентропії для ряду повернень, взятого за період кризи 1929 р.; на вкладці (b) — для ряду повернень, що містить кризу 1962 р.; на вкладці (c) — для ряду повернень, що містить крах 1987 р.

Нарешті, нами було проведено тест на перемішування даних, що часто використовується для перевірки значимості отриманих результатів. Аналіз за допомогою вейвлет-ентропії перемішаних рядів (рис. 4) показав відсутність систематичності в показниках ентропії як для перемішаного ряду початкових даних, так і для перемішаних рядів повернень та модулів повернень.

Висновки

На основі проведених досліджень можна зробити наступні висновки:

— вейвлет-ентропія підтверджує тезу про зростання складності поведінки системи (її невизначеності) в момент критичних та кризових явищ;

— перед критичним явищем спостерігається поступове зростання показника ентропії, причому це зростання є періодичним, близьким до логперіодичного;

— аналіз прибутків за допомогою вейвлет-ентропії дозволяє досліджувати тривалість кризи та, можливо, визначати її механізм на основі результуючого ряду;

— перемішування часового ряду показує відсутність будь-яких системних результатів, що свідчить значимість отриманих показників.

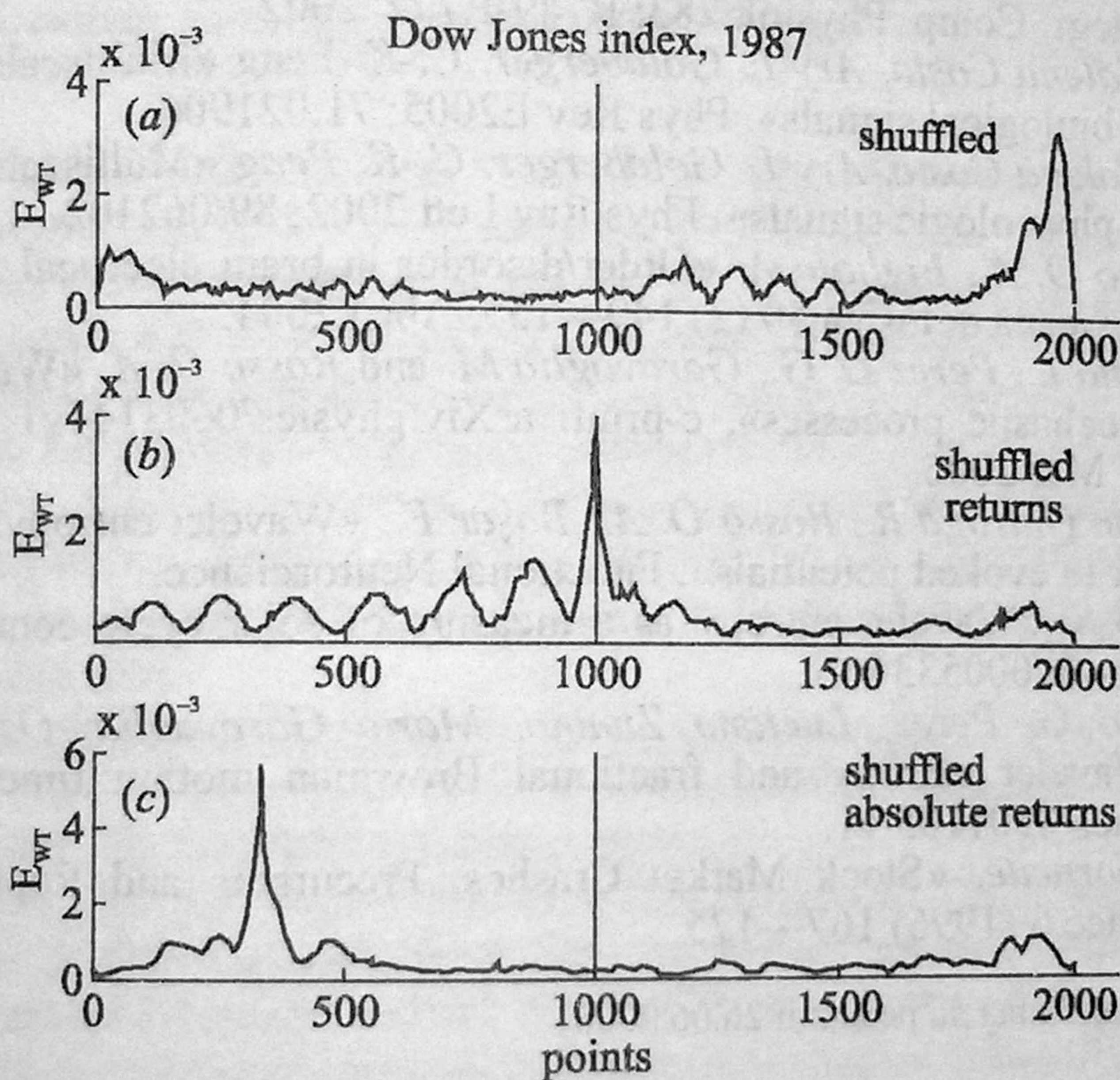


Рис. 4. Значення вейвлет-ентропії, розрахованої при використанні неперервного вейвлет-перетворення, для трьох часових рядів, похідних від індекса Dow Jones, що містять крах 1987 р.

На вкладці (а) відображено значення вейвлет-ентропії для перемішаного ряду значень індекса; на вкладці (b) — для перемішаного ряду повернень; на вкладці (c) — для перемішаного ряду модулів повернень.

Підсумовуючи, зауважимо, що обчислення показників ентропії, які характеризують міру складності та хаотичності поведінки системи, дозволяє будувати індикатори передкризових станів економічних систем, зокрема, валютних, товарних та фондових ринків.

Література

1. *Sornette D.* «Critical market crashes». *Physics Reports* 378 (2003) 1-98.
2. *Pincus S. M.* «Approximate entropy as a measure of system complexity». *Proc. Natl. Acad. Sci.* Vol. 88, pp. 2297—2301.
3. *S. Joshua, J. Richman, Randall Moorman* «Physiological time-series analysis using approximate entropy and sample entropy». *Am. J Physiol. Heart Circ. Physiol.* 278: H2039-H2049, 2000.
4. *Douglas E. Lake, Joshua S. Richman, M. Pamela Griffin, J. Randall Moorman* «Sample entropy analysis of neonatal heart rate variability». *Am J Physiol. Integr. Comp. Physiol.* 283: R789-R797, 2002.
5. *Madalena Costa, Ary L. Goldberger, C.-K. Peng* «Multiscale entropy analysis of biological signals». *Phys Rev E* 2005; 71:021906.
6. *Madalena Costa, Ary L. Goldberger, C.-K. Peng* «Multiscale entropy analysis of physiologic signals». *Phys Rev Lett* 2002; 89:062102.
7. *Rosso O. A., Figliola A.* «Order/disorder in brain electrical activity», *Revista Mexicana de Física* 50 (2) 149—155, Abril 2004.
8. *Zunino L., Perez D. G., Garavaglia M. and Rosso O. A.* «Wavelet entropy of stochastic processes», e-print: arXiv:physics/0603144v1 [physics. data-an] 17 Mar 2006.
9. *Quian Quiroga R., Rosso O. A., Başar E.,* «Wavelet entropy: a measure of order in evoked potentials», *Functional Neuroscience*.
10. *Sello S.* «Wavelet entropy as a measure of solar cycle complexity», arXiv: astro-ph/0005334 v1.
11. *Dario G. Perez, Luciano Zunino, Mario Garavaglia, Osvaldo A. Rosso,* «Wavelet entropy and fractional Brownian motion time series», arXiv:physics/0501105 v1.
12. *D. Sornette.* «Stock Market Crashes, Precursors and Replicas», *J. Phys. I France* 6 (1996) 167—175.

Стаття надійшла до редакції 26.06.2008

УДК 007:519.876.5

А. В. Бегун, канд. екон. наук,
ДВНЗ «КНЕУ імені Вадима Гетьмана»

БЕЗПЕКА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

АНОТАЦІЯ. Розглянуто деякі питання безпеки інтелектуальних інформаційних систем. Проаналізовано існуючі підходи до захищеності інтелектуальних інформаційних систем. Виявлено низку проблемних питань. На основі політики безпеки запропоновано напрямлення розроб-