

*Л.М. Зомчак,
Львівський національний університет імені Івана Франка*

ПЕРЕДПРОГНОЗНИЙ АНАЛІЗ ФОНДОВОГО ІНДЕКСУ ПФТС МЕТОДАМИ ВЕЙВЛЕТ-ТЕХНОЛОГІЙ

У статті запропоновано застосовувати методи вейвлет-аналізу для попередньої підготовки досліджуваних фінансових часових рядів до моделювання на базі теорії детермінованого хаосу. Як приклад вхідних даних вибрано фондовий індекс ПФТС, який є головним індикатором стану фондового ринку України.

Ключові слова: фондовий ринок, вейвлет-аналіз, вейвлет Дебоші, фінансовий часовий ряд, детермінований хаос.

Постановка проблеми. Моделювання динаміки фінансових ринків уже протягом багатьох років залишається головною проблемою як для фінансових аналітиків та учасників фінансових ринків (брокерів, дилерів, банкірів), так і для науковців. Якщо перші намагаються спрогнозувати поведінку ринку, то других більше цікавить природа залежностей на ньому. Останні тенденції, що спостерігаються на фінансових ринках, зокрема високий рівень складності процесів, нерегулярність поведінки, неочікувані різкі зміни динаміки, які не можна пояснити за допомогою спостережуваних явищ, спричинили деякі зміни в концепції моделювання фінансових ринків. На сьогодні найпопулярнішими є два підходи: стохастичний (традиційний) та на базі теорії детермінованого хаосу. Другий підхід почав інтенсивно розвиватись протягом останніх років і дозволяє пояснити нерегулярну поведінку нестохастичних систем як результат складних нелінійних внутрішніх залежностей. Окрім недостатньо адаптованого математичного апарата до моделювання економічних систем із урахуванням їх специфіки, іншою проблемою застосування методів теорії детермінованого хаосу до моделювання фінансових ринків є сильна зашумленість досліджуваних фінансових часових рядів. Класичні методи видалення шуму не дають результату, тому запропоновано застосувати методи теорії вейвлетів для вирішення цієї проблеми.

Аналіз основних досліджень і публікацій. Перші спроби застосування теорії детермінованого хаосу до моделювання фінансових часових рядів з'явилися наприкінці минулого століття, зокрема у працях В-Б. Занга, Е. Петерса, Л. Сергеевої, В. Перепелиці, Д. Хсеха, Б. ле Барона, Й. Шейкмена, С. да Сільви та інших. Сьогодні ці спроби продовжуються, оскільки достатніх підстав, щоб підтримати чи відкинути гіпотезу про хаотичну природу процесів на фінансових ринках, немає.

Щодо вейвлет-аналізу, то він також перебуває у стані динамічного розвитку і використовується для фільтрування і попередньої обробки даних, є потужною альтернативою класичному аналізу Фур'є. Серед учених, які

займаються розробками у галузі теорії вейвлетів, можна назвати І. Добеші, К. Чуї, Н. Астаф'єву, І. Дьоміна, Н. Смоленцева та інших. Головна перевага вейвлет-аналізу полягає в тому, що він дає змогу точно локалізувати зміну вхідного сигналу.

Мета статті – аналіз доцільності застосування передпрогнозного знешумлення фінансових часових рядів методами вейвлет-аналізу. Отримані таким чином дані використано як вхідні дані при моделюванні фінансових часових рядів методами теорії детермінованого хаосу.

Виклад основного матеріалу. З метою аналізу залежностей на фінансовому ринку України обрано індекс Першої фондової торговельної системи (ПФТС), який можна вважати основним показником ділової активності українського фондового ринку. Індекс ПФТС розраховується щоденно з листопада 1997 року на основі середньозваженої ціни простих акцій підприємств, що пройшли лістинг у ПФТС та мають найбільші показники ліквідності. Він враховує в середньому близько 70 % угод, що укладають на організованому фондовому ринку України. Множина вхідних даних значень індексу ПФТС охоплює період з 11.03.97 по 12.06.2007 і складається із 2362 значень [7]. Очевидно, що саме така довжина досліджуваних часових рядів зумовлена об'єктивними причинами. Для економіки така вибірка є достатньо великою, а от для інших природничих наук – занадто мала. Тому при застосуванні методів, розроблених для природничих наук, слід враховувати цю особливість економічних даних.

Суттєвою перевагою вейвлет-аналізу порівняно із класичними методами дослідження часових рядів є можливість його застосування як до стаціонарних, так і до нестационарних рядів. Однак у цьому дослідженні аналізуватимемо логарифмовані дохідності індексу, як це прийнято за традиційною методикою, з метою забезпечення порівнянності отриманих результатів.

Усі подальші обчислення, що стосуються вейвлет-аналізу, реалізовано за допомогою пакета інженерних розрахунків MatLab, більш детальні інструкції щодо розрахунків можна знайти в праці Н. Смоленцева [5]. Математичне обґрунтування теорії вейвлетів дано у працях [1; 3; 4].

Вейвлетний аналіз – це особливий вид лінійного перетворення сигналів. Його використовують у тому випадку, коли результат аналізу деякого сигналу повинен нести інформацію не лише про його характерні частоти, але й інформацію щодо певних локальних координат, при яких ці частоти проявляються. Таким чином, головна сфера застосування вейвлет-аналізу – обробка нестационарних (у часі) або неоднорідних (у просторі) сигналів різних типів. Порівняно із розкладом Фур'є вейвлети здатні із вищою точністю виявляти локальні особливості сигналів аж до розривів першого роду. На відміну від традиційного аналізу Фур'є, вейвлет-перетворення забезпечує двомірну розгортку досліджуваного одновимірного сигналу, причому частота і координата розглядаються як незалежні змінні. Головна ідея вейвлетного подання сигналу полягає у його представленні на різних

рівнях декомпозиції, тобто розбитті функції наближення до сигналу на дві групи: апроксимуючу – грубу функцію із повільною динамікою, і деталізуючу – з швидкою динамікою змін. Вейвлет-перетворення одномірного сигналу, яким є фінансовий часовий ряд, полягає у його розкладі по базі, сконструйованій із функцій, що володіють певними властивостями солітоноподібної функції (вейвлета), через масштабні зміни та переноси.

Не слід розглядати методи вейвлетного аналізу як нову універсальну технологію, але вони можуть суттєво вплинути на розширення інструментальної бази інформаційних технологій обробки даних. Останнім часом вейвлети все частіше починають застосовуватись для прямого числового моделювання, а не лише для аналізу властивостей сигналу. Це зумовлено тим, що вейвлети утворюють ієрархічний базис, що застосовується для опису динаміки складних нелінійних процесів, які характеризуються взаємодією збурень у широких діапазонах просторових і часових частот. На сьогодні вейвлети уже широко застосовуються для розпізнавання образів, у згортці великих об'ємів інформації (наприклад, відбитків пальців), при аналізі мовних сигналів, райдужної оболонки ока, рентгенограм та кардіограм, турбулентних полів, супутникових зображень планет. Застосування вейвлетних технологій в економіці ще не набуло поширення, а щодо моделювання фінансових ринків, то одна із спроб зроблена у працях зарубіжних вчених [6]. Звертає увагу на схожість процесів виникнення землетрусів та криз на фінансових ринках і А. Любушин [2].

Неперервне вейвлет-перетворення дозволяє оцінити прогнозованість фінансового часового ряду. На рис. 1 зображено систему графіків неперервного вейвлет-перетворення часового ряду логарифмічних дохідностей індексу ПФТС за досліджуваний період. Розмірність вікна дослідження, яке має дорівнювати двійці у певному степені, вибрана рівною 64, що приблизно дорівнює одному кварталу.

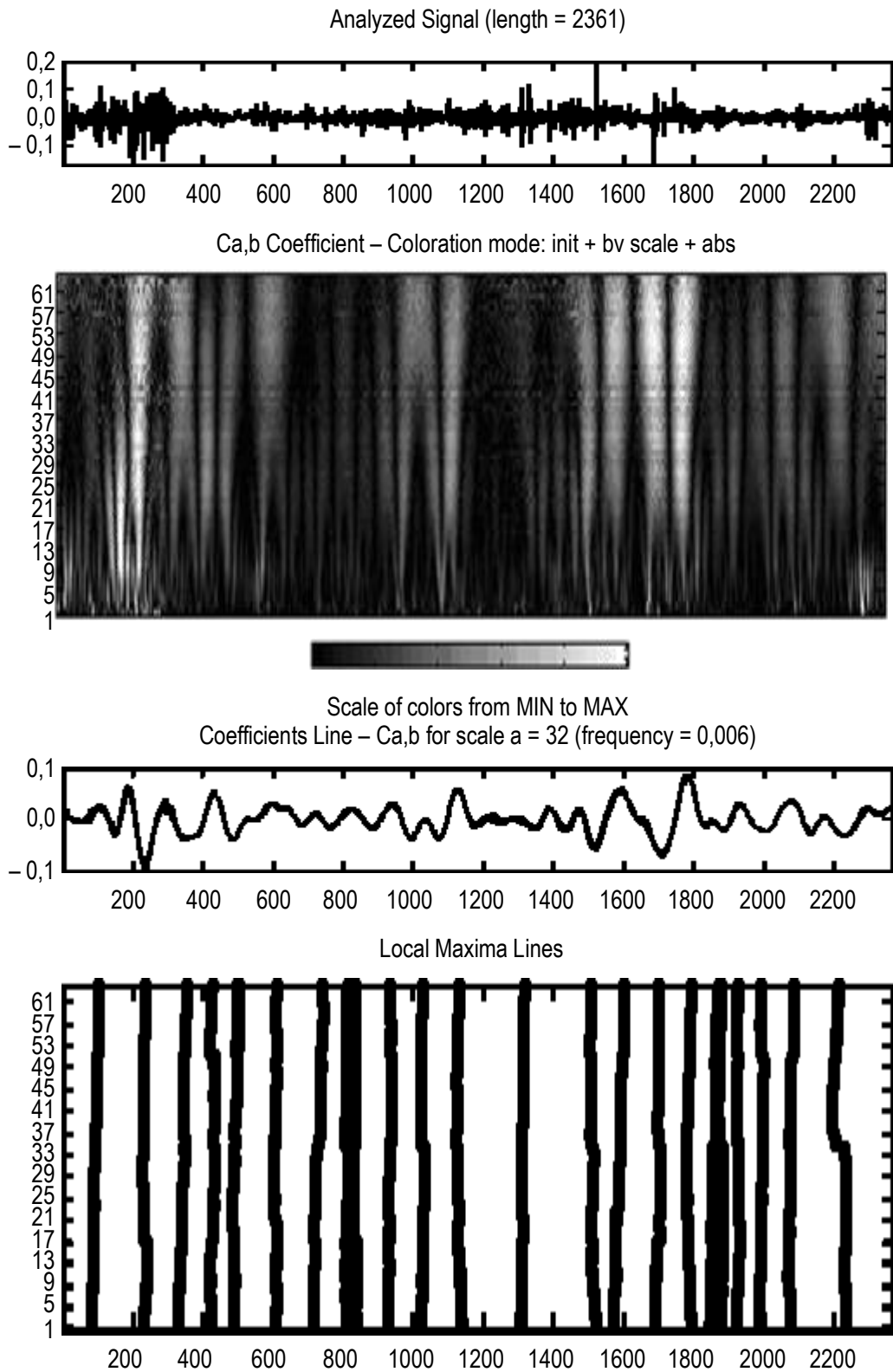


Рис. 1. Графіки неперервного вейвлет-перетворення дохідностей індексу ПФТС

Вертикальні криві, що розгалужуються на другому графіку (рис. 1), показують ті моменти, коли часовий ряд логарифмічних дохідностей індексу ПФТС змінює свою структуру. Чим сильніше розгалуження кривих, тим складніша поведінка досліджуваного процесу, тому такі моменти дуже

важливі при аналізі. Графічне подання неперервного вейвлет-аналізу дозволило чітко визначити періоди найбільших змін у дохідності індексу ПФТС: крах фінансового ринку восени 1998 року (так звана азійська криза), Помаранчева революція 2004 року та період до і після неї. Їм відповідають локальні мінімуми третього графіка на рис. 1. Отже, на підставі графіка неперервного вейвлет-аналізу логарифмічних дохідностей індексу ПФТС можна зробити висновок, що прогнозування між цими критичними значеннями можливе.

Ще один напрямок застосування результатів вейвлет-аналізу – це обчислення з його допомогою показника Херста. Як відомо, цей показник дозволяє виявити фрактальні структури і нелінійні цикли у часовому ряді, тобто відрізнити випадковий ряд від невідповідного. Метою фрактального аналізу фінансових часових рядів є підтвердження чи спростування наявності довгострокової пам'яті, оцінка її глибини у випадку наявності, оцінка трендовості або “повернення до середнього”. Обчислення показника Херста за допомогою вейвлет-технологій дозволяє отримати більш надійне значення порівняно із тим, що отримують класичними методами. Розрахунок значення показника Херста за допомогою класичного R/S-аналізу дав значення 0,65, тоді як при застосуванні методу Арбі-Вейча, що базується на теорії вейвлетів, отримано значення 0,438, тобто значно менше. Перше значення трактується як ознака персистентності ряду, а друге – антиперсистентності. Тобто отримані результати є протилежними по суті. Для того, щоб робити висновки, необхідно використати інші методики оцінки показника Херста та попередньо обробити досліджуваний ряд.

У ході дослідження фінансових часових рядів курсової динаміки акцій українських компаній найбільшою проблемою, яка не дозволяє робити однозначні висновки щодо природи цих рядів, є їх велика зашумленість. Вейвлет-аналіз має потужний інструментарій для видалення шуму із сигналу, який доцільно застосувати у даному випадку. На рис. 2 зображено для порівняння прямий сигнал (дохідність індексу ПФТС) та цей же ж сигнал, очищений від шуму за допомогою вейвлета Дебеші із глибиною, рівною одиниці, а на рис. 3 – залишки від такого очищення. Вибір базового вейвлета Добеші порядку 1 пояснюється тим, що він найбільш близький до класу ступінчастих функцій. У загальному випадку вибір вейвлет-функції можна обґрунтовувати як на основі відповідних економічних теорій, так і за допомогою аналітичних критеріїв, наприклад, аналізу коефіцієнтів автокореляції залишків.

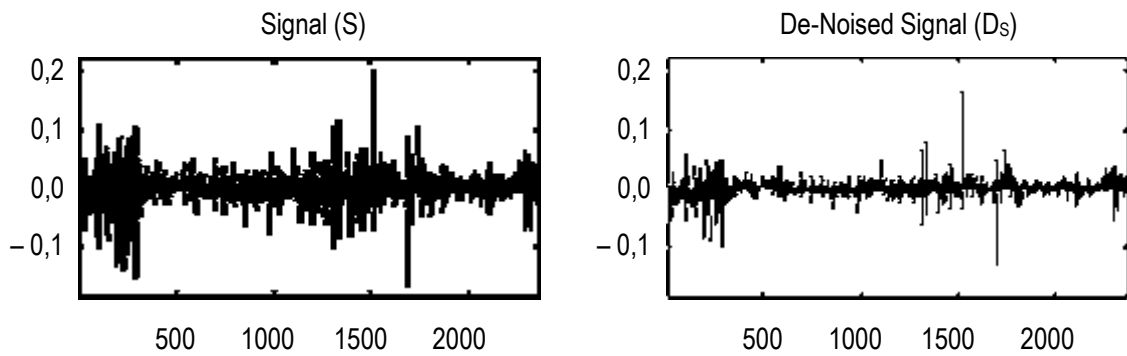


Рис. 2. Вхідний та очищений за допомогою вейвлетів ряд дохідностей індексу ПФТС

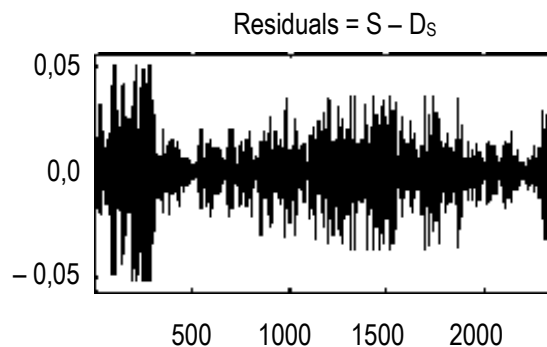


Рис. 3. Залишки від очищення вейвлетами ряду дохідностей індексу ПФТС

Слід зауважити, що при використанні вейвлетів для очищення ряду від шуму, вхідний ряд доцільно попередньо розбити на частини із однаковими рівнями коливань. Ця процедура дозволяє враховувати так званий ефект кластеризації дохідностей фінансових активів, який є однією із характерних ознак наявності нелінійних залежностей у фінансових часових рядах. У даному випадку виділено п'ять таких груп.

При вейвлет-аналізі сигнал розкладається на апроксимуючі коефіцієнти, які представляють згладжений сигнал, і деталізуючі коефіцієнти, що описують коливання. Відповідно шумова компонента відображена у деталізуючих коефіцієнтах. Це можна побачити на рис. 4, де зображені прямі та деталізуючі коефіцієнти розкладу.

З урахуванням специфіки проведення вейвлет-аналізу можна стверджувати, що очищення від шуму фінансових часових рядів за допомогою вейвлет-аналізу дає принципово відмінні результати від тих, що отримуються за допомогою класичних методів знешумлення даних.

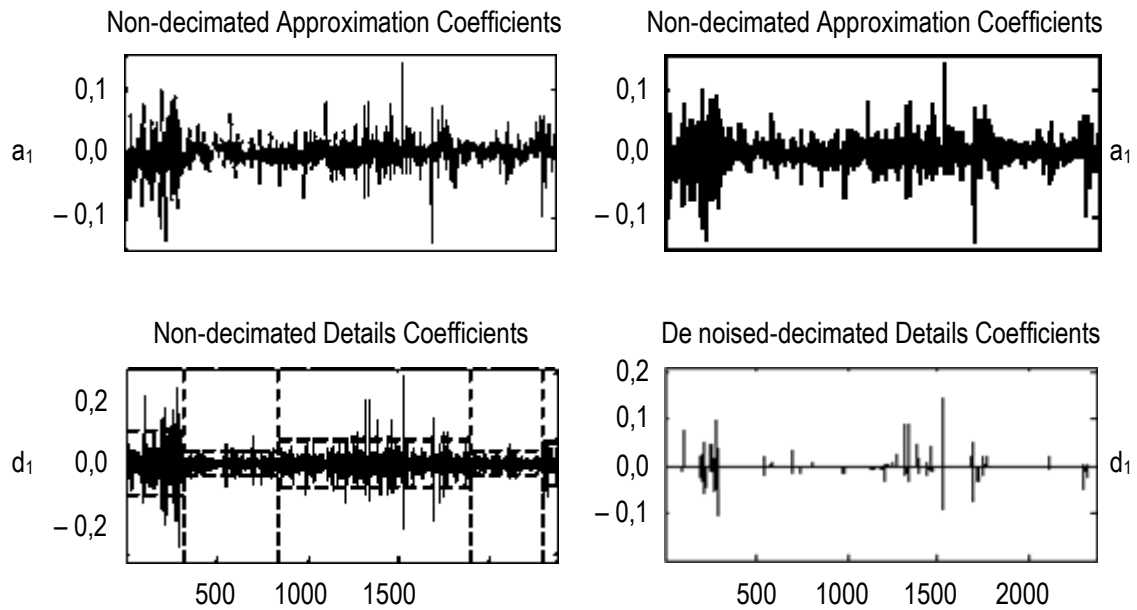


Рис. 4. Коефіцієнти розкладу за допомогою вейвлетів ряду дохідностей індексу ПФТС

Оскільки чи не найбільшою проблемою при аналізі фінансових часових рядів методами теорії динамічного хаосу є велика зашумленість вхідних даних, то логічним виглядає їх знешумлення за допомогою методів вейвлет-аналізу. Для виявлення хаотичної динаміки досліджуваних часових рядів необхідно зробити їх повторний аналіз, але вже без шуму. Зокрема, за базові взято такі показники розмірності простору вкладення та затримки, як максимальний показник Ляпунова, показник кореляційної розмірності, метод рекурентних графів тощо. Значення кореляційної розмірності для оригінального та знешумленого ряду ПФРС зменшилось більш ніж вдвічі (із 5,892 до 2,315). Розмірність фазового простору також зменшилась майже вдвічі (із 11 до 6), хоча графічний аналіз показує насичення уже при розмірності 2. Значення показника Херста зросло незначно (до 0,777). Аналогічні результати показує і використання рекурентних графів (рис. 5). На графіку, побудованому по даних, очищених від шуму, видно лінії, які паралельні до головної діагоналі, що є ознакою хаотичної природи досліджуваного ряду.

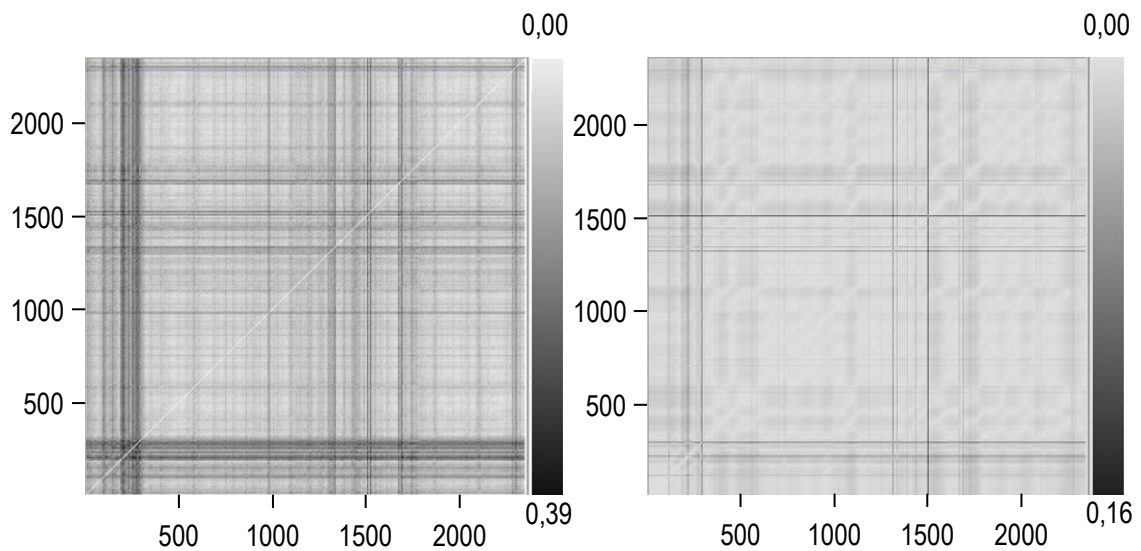


Рис. 5. Рекурентні графи оригінального та знешумленого рядів (зліва направо) індексу ПФТС

Обчислення, проведені для очищених від шуму вхідних даних, підтвердили це припущення, адже при цьому точність обчислених показників значно покращилась. Таким чином, виявлено ознаки хаотичної поведінки фінансових часових рядів курсів акцій провідних українських компаній.

Висновки. Як бачимо, припущення про доцільність застосування вейвлет-технологій для передпрогнозного аналізу фінансових часових рядів підтвердилось. Очищений від шуму за допомогою вейвлета Добеші фінансовий часовий ряд фондового індексу ПФТС є більш інформативним вхідним рядом для аналізу його на базі теорії детермінованого хаосу. Він дозволяє зробити висновок про хаотичну природу досліджуваного часового ряду. Оскільки фондовий індекс ПФТС розглядається як головний індикатор стану фондового ринку України і формується як середньозважене по курсах акцій провідних українських компаній, то є підстави припустити, що такий висновок можна переносити на весь фондовий ринок України.

Список літератури

1. Дремін І.М., Іванов О.В., Нечитайло В.А. Вейвлеты и их использование // Успехи физических наук. – 2001. – Т. 171. – № 5. – С. 465-501.
2. Любушин А.А. Анализ данных систем геофизического и экологического мониторинга. – М.: Наука, 2007. – 228 с.
3. Новиков И.Я., Стечкин С.Б. Основы теории всплесков // Успехи математических наук. – 1998. – Т. 53. – № 6(324). – С. 53-128.
4. Переберин А.В. О систематизации вейвлет-преобразований // Вычислительные методы и программирование. – 2003. – Т. 2. – С. 15-40.
5. Смоленцев Н.К. Основы теории вейвлетов. Вейвлеты в MATLAB. – М.: ДМК-Пресс, 2005. – 304 с.
6. Los C., Yalamova R. Multifractal spectral analysis of the 1987 stock market crash // International Research Journal of Finance and Economics. – 2006. – Issue 4. – P. 105-132.
7. www.pfts.com.

Summary

It is proposed in the article to apply the methods of wavelet-analysis for preliminary preparation of financial time series for modeling in the basis of the deterministic chaos theory. The stock index PFTS which is the main indicator of the Ukrainian stock market is taken as the input data.

Отримано 11.12.2007

Зомчак, Л.М. Передпрогнозний аналіз фондового індексу ПФТС методами вейвлет-технологій [Текст] / Л.М. Зомчак // Проблеми і перспективи розвитку банківської системи України: зб. наук. праць. – Суми: УАБС НБУ, 2007. - Т. 22. - С. 296 – 304.