

З. М. Гадецька,  
к. т. н., доцент, доцент кафедри моделювання економіки і бізнесу,  
Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького, м. Черкаси  
Я. В. Костяна,  
магістр кафедри моделювання економіки і бізнесу,  
Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького, м. Черкаси  
М. С. Попадик,  
магістр кафедри моделювання економіки і бізнесу,  
Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького, м. Черкаси

## МОНІТОРИНГ РІВНЯ ФІНАНСОВОЇ БЕЗПЕКИ ПІДПРИЄМСТВ СУЧАСНИМИ КІБЕРНЕТИЧНИМИ МЕТОДАМИ

Z. Gadetska,  
Ph.D., Associate Professor, Associate Professor of the department of economics and business modeling,  
Cherkasy Bogdan Khmelnytsky National University, Cherkasy  
Y. Kostyana,  
Master of the Department of economics and business modeling,  
Cherkasy Bogdan Khmelnytsky National University, Cherkasy  
M. Popadyk,  
Master of the Department of economics and business modeling,  
Cherkasy Bogdan Khmelnytsky National University, Cherkasy

### THE MONITORING OF FINANCIAL SECURITY LEVEL AT AN ENTERPRISE BY MODERN KIBERNETIC METHODS

**У статті викладено результати досліджень у сфері фінансової безпеки підприємств (ФБП) у контексті сучасних кібернетичних методів оцінювання її рівня. Встановлено, що основним недоліком класичних підходів оцінки рівня фінансової безпеки підприємства є значний інтервал між значеннями, котрі можна отримати з бухгалтерського звіту, що є основним джерелом інформації таких досліджень. Розглянуто ентропію перестановок та вейвлет-ентропію, як міри, що дозволяють визначати характеристики складності та невизначеності систем і спрогнозувати на їх основі подальшу поведінку компанії. Визначено переваги кібернетичних методів при складанні оперативних прогнозів за рахунок використання щоденних показників.**

**The article presents the results of research in the field of financial security of enterprises (FBI) in the context of modern cybernetic methods for assessing its level. It is established that the main disadvantage of classical approaches to assessing the level of financial security of an enterprise is a significant gap between the values that can be obtained from the accounting report, which is the main source of information for such research. The entropy of permutations and wavelet entropy are considered as measures that allow us to determine the characteristics of the complexity and uncertainty of the systems and predict the subsequent behavior of the company based on them. The advantages of cybernetic methods in the compilation of operational forecasts by using daily indicators are determined.**

*Ключові слова: фінансова безпека, ентропія перестановок, вейвлет-ентропія.*  
*Key words: financial security, permutation entropy, wavelet entropy.*

#### ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

За сучасних мінливих умов розвитку світової економіки виникає чимало ризиків, небезпек та загроз, що породжують в процесі діяльності підприємств низку фінансово-економічних проблем. Для мінімізації їхнього негативного впливу на діяльність компанії, або ж повного запобігання їх виникненню та ефективного функціонування підприємств загалом, необхідним є підвищення рівня фінансової безпеки суб'єктів господарювання. Неналежна увага до процесу управління фінансовою безпекою на підприємствах призводить до виникнення кризових явищ, ускладнює процес виходу з них та стримує економічне зростання. Крім того, в умовах низького рівня фінансової безпеки погіршується конкурентоспроможність та фінансова незалежність господарюючих суб'єктів. Відтак запорукою прогресивного роз-

витку підприємств та головною передумовою їх стабільної діяльності є розробка ефективної системи оцінки та моніторингу рівня фінансової безпеки, зокрема за рахунок активного впровадження та використання сучасних кібернетичних підходів таких як ентропійні міри.

#### АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Проблемами застосування ентропій, займаються такі вітчизняні та зарубіжні науковці, як Данильчук Г., Дороговцев С., Пластіно А., Перес Д., Сердюк О., Соловйов В. та інші. Тим часом безперервний процес розвитку та трансформації наявного інструментарію потребує продовження проведення наукових досліджень, що і зумовлює актуальність даної роботи.

## ВИДІЛЕННЯ НЕ ВИРІШЕНИХ РАНІШЕ ЧАСТИН ЗАГАЛЬНОЇ ПРОБЛЕМИ

Актуальність і важливість питань застосування сучасних методів для оцінки та моніторингу рівня фінансової безпеки, недостатня теоретична і практична розробленість цієї проблеми та її велике значення для підвищення ефективності функціонування підприємств у сучасних ринкових умовах господарювання обумовили мету дослідження.

### МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ

Ефективність використання ентропій як інструменту моніторингу рівня фінансової безпеки підприємства та передбачення падіння даних показників на прикладі аналізу діяльності компанії "Philips Electronics N.V." та "Sony Corporation".

### ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ ДОСЛІДЖЕННЯ

Фінансова безпека підприємства — це стан, що характеризується захищеністю фінансових інтересів підприємства, забезпеченістю достатнім обсягом та зваженим використанням ресурсів, наявністю стійкої динаміки зростання в поточному та перспективному періодах, що досягається шляхом розробки і реалізації раціональної фінансової стратегії підприємства, гнучкістю у прийнятті фінансових рішень, вчасним реагуванням на небезпеки і загрози зовнішнього й внутрішнього характеру та ефективним управлінням фінансовими ризиками підприємства.

Для дослідження рівня фінансової безпеки підприємств існує низка класичних методів, які поділяють на три основні групи, а саме: методи інтегральної оцінки фінансової безпеки; методи оцінки фінансової безпеки на основі аналізу можливості банкрутства та індикаторні методи оцінки фінансової безпеки.

У процесі їх розгляду та аналізу було встановлено, що основним недоліком класичних підходів оцінки рівня фінансової безпеки підприємства є значний інтервал між значеннями, котрі можна отримати з бухгалтерського звіту, що є основним джерелом інформації таких досліджень. Поквартальні показники та прогнози, що формуються на їх основі дозволяють відобразити загальні тенденції та передбачити глобальні кризові явища, але значні часові проміжки між цими даними можуть містити локальні явища та події, які спрогнозувати на основі такого підходу буде неможливо. Для того, щоб отримати оперативні прогнози нами було проаналізовано та застосовано низку сучасних кібернетичних методів, а саме ентропійні міри, для оцінки фінансової безпеки підприємства, які базуються на технічному аналізі ретроспективних даних, а саме поденній вартості акцій компаній.

Ентропія по своїй суті є характеристикою, що відображає міру хаосу, тобто ступінь безладу системи та її поведінки. Чим меншим значенням володіє ентропія системи, тим більшою стабільністю характеризується діяльність цієї системи. І, навпаки, чим більшим значенням володіє ентропія системи, тим більш хаотичним є функціонування такої системи [1].

Для дослідження нами були обрані ентропія перестановок та вейвлет-ентропія, як міри, що дозволяють визначити характеристики складності та невизначеності систем і спрогнозувати на їх основі подальшу поведінку компанії.

Першою з розглянутих нами мір є ентропія перестановок (Permutation Entropy). Дослідивши роботи В. Соловйова [1], Г. Данильчук [2], Ю. Ліма [3] та А. Пласціно [4] можна сказати, що дана ентропія є порівняно новим методом дослідження і трактується як спосіб вимірювання схожості між шаблонами та оцінює складність часових рядів завдяки порівнянню сусідніх значень.

Для розрахунку ентропії перестановок розглянемо ряд  $\{x(i) \ i=1,2,\dots\}$ . Для аналізу ряду в  $m$  — вимірному просторі перетворимо вихідний ряд у такий спосіб:

$$X_i = [x(i), x(i + L), \dots, x(i + (m - 1)L)],$$

де  $L$  — затримка. Отримані в результаті перетворень послідовності  $X_i$  упорядковуються за зростанням. Функція  $X_i$  має перестановки

$$\pi r_0 r_1 \dots r_{m-1},$$

якщо задовольняє умові:

$$x(t + r_0 \tau) \leq x(t + r_1 \tau) \leq \dots \leq x(t + r_{m-1} \tau).$$

$$0 \leq r_i \leq m - 1, r_i \neq r_j.$$

Для кожної перестановки  $\pi$  з  $m!$  можливих для  $m$  — вимірному простору розраховується відносна частота:

$$p(\pi) = \frac{\text{Number} \left\{ \frac{t}{T} \leq T - (m - 1)\tau, x_i^m \right\}}{N - (m - 1)\tau}.$$

Формула ентропії перестановок у  $m$  — вимірному фазовому просторі має вигляд:

$$H_{\text{PermEn}} = - \sum_{\pi=1}^{m!} p(\pi) \ln(p(\pi)).$$

Необхідно зауважити, що значення ентропії перестановок залежить від вибору розмірності  $m$  та затримки  $L$ .

У підсумку було встановлено, що ентропія перестановок є чутливою до змін, які відбуваються в складних системах, а отже, може бути використана для моніторингу та оцінки їх стану.

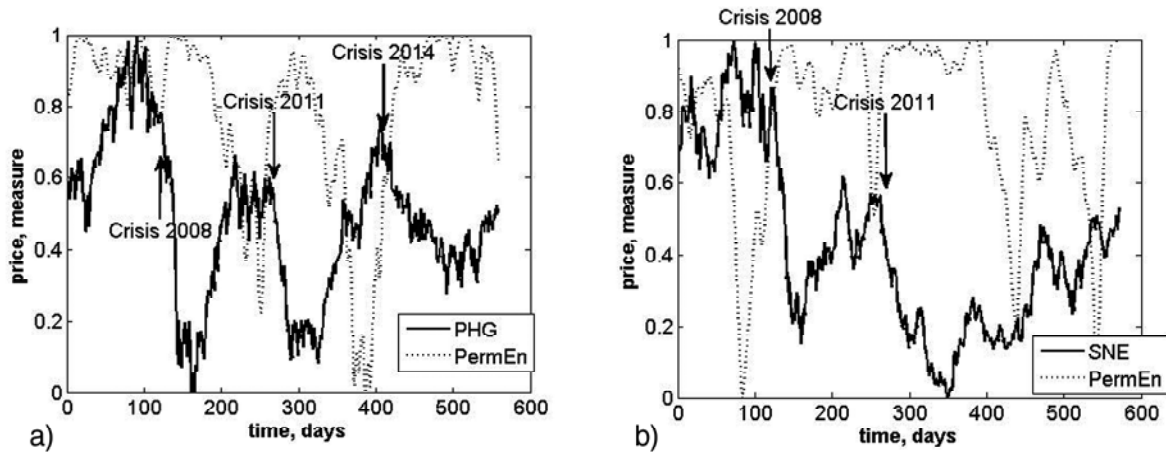
При здійсненні вейвлет аналізу досліджуваній часовий ряд розподіляється на сигнали з остаточною енергією у ортонормованому базисі  $L^2(R)$  за рахунок відображення та масштабування функції  $\psi$  із заданими властивостями, що має назву материнський вейвлет. У результаті декомпозиції сигналу можна отримати набір вейвлет коефіцієнтів,  $C_j(t)$ , що характеризуються двома параметрами: масштабом материнського вейвлета  $j$  та його локалізацією  $t$ .

Враховуючи, що енергія сигналу розраховується як квадрат функції, що здійснює його опис як

$$E = \int s^2 ds.$$

використання терміну енергії до коефіцієнтів вейвлет перетворення, які також трактуються як сигнал в просторі  $L^2(R)$ , дозволяє застосовувати методи обчислення ентропії у частотно-часових просторах [1; 5].

У ролі основної формули для розрахунку величини ентропії нами була обрана ентропія Шеннона в контексті достатньо простого методу розрахунку розподілу щільності імовірності енергії сигналу.



**Рис. 1. Порівняльна динаміка вартості акцій компаній "Philips Electronics N.V." (a) та "Sony Corporation" (b) і ентропії перестановок**

Джерело: розраховано авторами за [6].

Використовуючи енергію вейвлет коефіцієнтів, встановлено два показники вейвлет-ентропії — масштабовий та точковий. В разі розрахунку масштабової вейвлет-ентропії використовується формула Шеннона до оброблених даних за масштабами, в інших ситуаціях обробка даних проводиться за часовою шкалою.

При обчисленні масштабової ентропії на першому кроці розраховується розподіл щільності імовірності енергій

$$p_{ij} = \frac{C_{ij}^2}{E_{tot}}$$

де  $C_{ij}$  — вейвлет коефіцієнт на масштабі  $i$  в момент часу  $j$ ,  $E_{tot} = \sum_i \sum_j C_{ij}^2$ . Для розрахунку ентропії знаходяться значення функції:

Для розрахунку точкової ентропії визначаються суми енергій на кожному масштабі  $SM_i = \sum_j C_{ij}^2$  та знаходиться розподіл щільності ймовірності енергій шляхом ділення енергій вейвлет коефіцієнтів на сумарну енергію масштабу  $p_{ij} = \frac{C_{ij}^2}{SM_i}$ . Значення ентропії у кожній точці знаходиться за формулою

$$E_{WT} = - \sum_i \left( \left( \sum_j p_{ij} \right) \times \log_2 \sum_j p_{ij} \right).$$

При розрахунку енергій вейвлет коефіцієнтів проводиться нормалізація значень середнім квадратичним відхиленням, а у формулу Шеннона додається нормалізуючий множник де  $N$  — кількість елементів ряду [1].

Для оцінки рівня фінансової безпеки та доведення дієвості вищеописаних підходів були обрані вартості акцій компаній "Philips Electronics N.V." та "Sony Corporation" за період з 01.01.2004 по 10.11.2017.

Такий підхід дозволяє створювати високоточні оперативні прогнози, адже містить інформацію про щоденні

зміни в діяльності компанії та дозволяє передбачати не лише загальні тенденції в діяльності корпорації на наступний рік, а й коливання її показників в короткостроковій перспективі.

Дослідження проводилось із застосуванням програмного інструментарію "GraphInWindow".

Першою з розрахованих нами мір є ентропія перестановок (PermEn). У результаті аналізу були отримані графіки, що представлені на рисунку 1. Як видно з рисунка 1 ентропія перестановок, незадовго до падіння вартості акцій, та як наслідок зниження рівня фінансової безпеки підприємств, починає стрімко зростати, що дозволяє віднести дану міру до групи показників, що стрімко зростають незадовго до кризового явища. Описана вище поведінка яскраво демонструється в період падіння ціни акцій та рівня фінансової безпеки в 2008 та 2011 роках (околі точок 100 та 250) для обох корпорацій та в 2014 році для "Philips Electronics N.V." (околі точки 400). Також варто відзначити, що динаміка даної міри в околі точки 560, дозволяє говорити про можливість падіння вартості акцій та рівня фінансової безпеки досліджуваних компаній найближчим часом.

Отримані результати дозволяють зробити висновки про можливість використання ентропії перестановок в якості індикатор-передвісника цінового падіння акцій та рівня фінансової безпеки підприємств.

Наступною з обраних нами ентропійних мір є вейвлет-ентропія. При її обчисленні, розраховують значну кількість різноманітних величин, зокрема і дисперсію коефіцієнтів вейвлет-перетворення, яку ми і використаємо в подальшому дослідженні. Для цього нами було побудовано графіки, на яких відображена динаміка зміни обраних показників, розгляд якої показав, що різке падіння цін на акції та зниження рівня фінансової безпеки підприємства характеризується появою незадовго до цього, трьох хвиль дисперсії коефіцієнтів вейвлет-перетворення, кожна з яких більша, ніж попередня.

Для побудови самих графіків був використаний програмний комплекс Wentrop\_3moment. Алгоритм розрахунку реалізується через динамічну процедуру. В результаті здійснених обчислень були отримані графіки 2a та 2b, на кожному з яких зображено динаміку дисперсій ко-

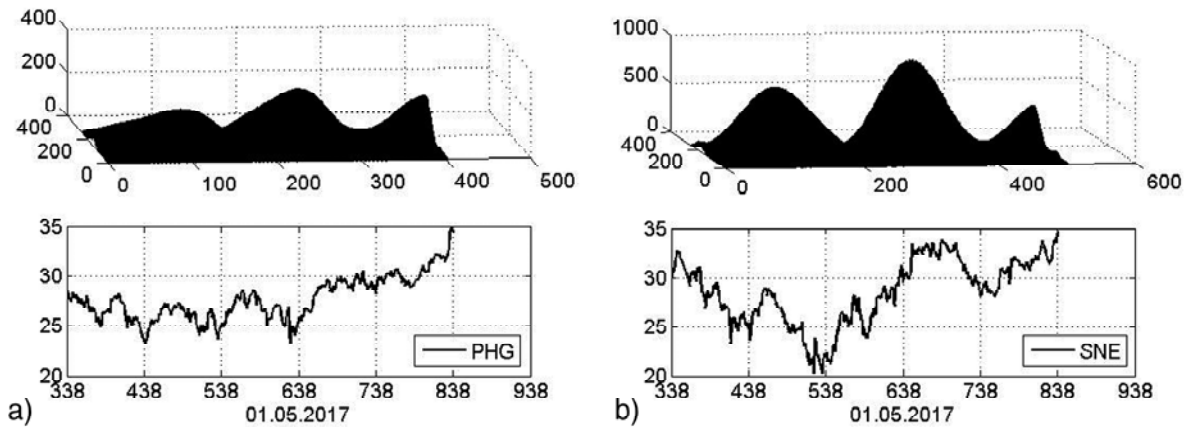


Рис. 2. Порівняльна динаміка вартості акцій компаній "Philips Electronics N.V." (a) та "Sony Corporation" (b) і дисперсії коефіцієнтів вейвлет-перетворення

Джерело: розраховано авторами за [6].

ефіцієнтів вейвлет-перетворення (верхня частина графіка) та динаміку вихідного ряду (нижня частина графіка).

Як видно з рисунка 2 при аналізі дисперсій коефіцієнтів вейвлет-перетворення компаній "Philips Electronics N.V." та "Sony Corporation" на момент дослідження в кожному з розрахунків було зафіксовано дві чітких хвилі, друга з яких більша за першу та початок формування третьої, що може бути передвісником падіння вартості акцій корпорацій та зниження рівня їхньої фінансової безпеки найближчим часом. Наші попередні дослідження показали, що в середньому після появи чіткої третьої хвилі проходить близько трьох тижнів перед ціновим падінням. Виходячи з отриманих результатів закон "трьох хвиль" у поведінці дисперсій коефіцієнтів вейвлет-перетворення можна вважати досить чітким передвісником зниження вартості акцій компанії на фондовому ринку та рівня її фінансової безпеки.

Отже, в результаті проведеного аналізу вартості акцій компаній "Philips Electronics N.V." та "Sony Corporation" було підтверджено дієвість ентропійних мір як інструменту моніторингу рівня фінансової безпеки компаній, а також встановлено можливість зниження вартості акцій вище згаданих корпорацій та рівня їхньої фінансової безпеки в короткостроковій перспективі, що було передбачено всіма розглянутими методами.

## ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

Внаслідок використання сучасних кібернетичних методів оцінки та аналізу рівня фінансової безпеки було встановлено, що ці методи демонструють високу результативність та точність при складанні оперативних прогнозів за рахунок використання щоденних показників, а саме вартості акцій компанії. Такий підхід дозволяє оперативно реагувати на найменші зміни в діяльності підприємства, що дає можливість мінімізувати можливі втрати внаслідок несприятливих подій або ж отримувати більш значні прибутки.

У процесі дослідження було встановлено високу вірогідність здешевлення акцій та зниження рівня фінансової безпеки досліджуваних компаній в найближчі два місяці. Такі результати доводять перевагу кібернетичних методів в плані передбачення локальних подій, які не можливо спрогнозувати базуючись на поквартальних або щорічних даних.

## Література:

1. Дербенцев В.Д., Сердюк О.А., Соловйов В.М., Шарапов О.Д. Синергетичні та еконофізичні методи дослідження динамічних та структурних характеристик економічних систем: монографія. — Черкаси: Брама-Україна, 2010 — 287 с.
2. Данильчук Г.Б. Ентропійні методи вимірювання складності / Г.Б. Данильчук, В.Ю. Триус // Моделювання та інформаційні системи в економіці: збірник наукових праць / Відп. ред. В. К. Галіцин. — 2008. — Вип. 78. — С. 107—119.
3. Jun R.L. Rapid Evaluation of Permutation Entropy / Ren Lim Jun. — London, 2014. — 87 pp.
4. Plastino A. Entropy and statistical complexity in brain activity / O. A. Rosso, A. Plastino // Eur. News. — 2005. — V. 36. — P. 224—228.
5. Zunino L., Perez D.G., Garavaglia M., Rosso O.A. "Wavelet entropy of stochastic processes", e-print: arXiv:physics/0603144v1 [physics.data-an] 17 Mar 2006.
6. Статистика інформація [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://ru.investing.com>.

## References:

1. Derbentsev, V.D. Serdyuk, O.A. Solovyov, V.M. Sharapov, O.D. (2010), Synerhetychni ta ekonofizychni metody doslidzhennia dynamichnykh ta strukturnykh kharakterystyk ekonomichnykh system [Synergetic and econophysical methods of studying the dynamic and structural characteristics of economic systems], Brahma-Ukraine, Cherkasy, Ukraine.
  2. Danilchuk, G. B. Trius, V. Yu. (2008), "Entropy methods of measuring complexity", Modeliuvannia ta informatsijni systemy v ekonomitsi, no. 78, pp. 107—119.
  3. Jun, R. L. (2014), "Rapid Evaluation of Permutation Entropy", London, UK.
  4. Rosso, O. A. Plastino, A. (2005), "Entropy and statistical complexity in brain activity", Eur. News, vol. 36, pp. 224—228.
  5. Zunino, L. Perez, D.G. Garavaglia, M. Rosso, O.A. (2006), "Wavelet entropy of stochastic processes", available at: <http://cds.cern.ch/record/936162/files/0603144.pdf> (Accessed 23 January 2017).
  6. Statistics information (2017), available at: <http://ru.investing.com> (Accessed 23 January 2017).
- Стаття надійшла до редакції 02.12.2017 р.