

А. С. Бойко,
аспірант кафедри інформаційного менеджменту,
ДВНЗ «Київський національний економічний
університет України імені Вадима Гетьмана»

СТРУКТУРНА МОДЕЛЬ ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ЦІНОВИХ КОЛИВАНЬ НА ТОВАРНИХ РИНКАХ

АНОТАЦІЯ. Зроблено аналіз робіт, у яких розглядаються проблеми прогнозування поведінки ціни на товарних ринках. Окреслено коло проблем, які з'являються при прогнозуванні ціни на товар. Обґрунтовано використання волатильності прибутковостей цін при прогнозуванні цін на товарних ринках. Запропоновано власну структурну модель дослідження товарного ринку.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: структурна модель, прогнозування, динаміка цін, волатильність прибутковостей, товарний ринок.

АННОТАЦИЯ. Сделан анализ работ, у которых рассматриваются проблемы прогнозирования поведения цены на товарных рынках. Очерчен круг проблем, которые появляются при прогнозировании цены на товар. Обосновано использование волатильности доходностей цен при прогнозировании цен на товарных рынках. Предложено собственную структурную модель исследования товарного рынка.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: структурная модель, прогнозирование, динамика цен, волатильность доходностей, товарный рынок.

ABSTRACT. The analysis of works that discuss the problem of predicting behavior of prices in commodity markets has been done. Identified the problems encountered in predicting the price of goods. The application returns volatility of prices in forecasting prices in the commodity markets has been grounded. A structural model of its own investigation of commodity market has been presented.

KEYWORDS: structural model, forecasting, price changes, volatility of returns, commodity market.

Останнім часом при дослідженні складних економічних систем взагалі та фінансових ринків зокрема, застосовуються економічні підходи. Численні концепції і методи, такі як масштабування, універсальність, хаос, агентне моделювання, успішно використовуються для виконання емпіричних досліджень і розробки моделей дослідження змін фінансових ринків.

Це пояснюється кількома причинами. По-перше, ринки становлять складні системи для яких змінні, що характеризують стан системи — тобто ціна товарів, число галузей, число агентів визначені. По-друге, через важливість ринків є велика кількість да-

них, до яких можна одержати доступ. Архіви, в яких зосереджено історії торгів на світових торговельних площадках, накопичили достатню кількість вагової інформації, з якої можна зробити висновки про подальший розвиток світової ціни на будь-який товар. Одним з таких потужних архівів є набір цінових коливань за останні кілька десятків років. Необроблені часові ряди містять величезну кількість економічної інформації. Головна задача — обробка та інтерпретація цієї інформації.

Властивості коливань ринкових цін розглядаються в роботах [7, 13, 14, 20]. Було показано, що, незалежно від розглянутого активу, розподіл цін характеризується наявністю великої кількості подій з малою вірогідністю [8, 14, 15]. Більшість з цих досліджень приділяють увагу акціям або індексам, тому в економічній літературі бракує інформації про динаміку коливань товарних цін. Більш того, так як ці дослідження в основному стосуються спотових цін, то важливого і нетривіального тимчасовому аспекту ринків деривативів — ф'ючерсним цінам не приділяється достатньо уваги.

Товарні ринки за останні двадцятиліття сильно еволюціонували в напрямку високої волатильності цін, зростання обсягів операцій, посилення диверсифікації зі сторони фінансових інвесторів. Введення ф'ючерсних контрактів з більш довгими строками поставки є частиною цієї еволюції. Це визначило необхідність розуміння і управління часовою структурою цін на сировинні товари. Таким чином, наступним кроком в еволюції дослідження ф'ючерсних цін було створення та впровадження моделей розвитку цін на сировинні товари з часовою структурою [3, 5, 11] та ін.

Вивчення статистичних характеристик спотових товарних цін дозволяє зробити висновок про певні кореляції між групами товарів. На сьогоднішній день світова наука оперує рядом методів та моделей, що використовуються для дослідження динаміки та характеристик товарних цін. Метою роботи є аналіз існуючих методів та моделей, дослідження умов їх роботи. Визначення умов коректного використання дозволить зменшити похибку в отриманих результатах. Пропонується створення інструментарію для дослідження товарних ринків з метою попередження криз шлях удосконалення існуючих моделей і методів та об'єднання їх в єдину модель.

На рис. 1 схематично зображено структурну модель дослідження динаміки товарного ринку з урахуванням особливостей ринку.

Запропонована модель є структурною моделлю, яка складається з кількох блоків: блок визначення характеристик ряду, блок

аналізу, блок вибору моделі та методу, блок застосування, блок обробки отриманих результатів, блок висновку. Основний принцип роботи моделі полягає в тому, що при дослідженні вхідного часового ряду відбувається виділення його характеристик, за якими можна вірно обрати метод дослідження. При такому підході зменшується ризик отримання хибних результатів і, відповідно, збільшується вірогідність досягнення прогнозу.

Дослідження товарного ринку в нашій моделі умовно поділено на три етапи. Першим етапом дослідження йде обробка вхідних даних. На цьому етапі відбувається визначення статистичних та економетричних особливостей, їх аналіз. Залежно від отриманих результатів на цьому етапі відбувається вибір моделі на наступному етапі.

Наступним йде етап застосування. Існуючі методи та моделі були вдосконалені та поділені на чотири групи. Емпіричним шляхом було визначено при яких умовах вибрані моделі та методи дають найкращий результат.

Завдяки визначенню умов та характеристик вхідного ряду точність прогнозу на останньому етапі покращується.

Отже, розглянемо детально процес дослідження та аналізу товарного ринку за допомогою структурної моделі.

З метою вивчення статистичних властивостей коливань цін на окремих ринках, ми будемо враховувати прибутковості $r(t)$ як логарифм різниці між двома послідовними цінами $P(t)$:

$$r(t) = \frac{\ln(P(t)) - \ln(p(t - \Delta t))}{\Delta t}, \quad (1)$$

де $\Delta t = 1$ день, виключаючи вихідні і святкові дні. Для того щоб зменшити похибку в статистиці, прибутковості не обчислюються, коли t перевищує три дні. Попередні дослідження прибутковостей на фінансових ринках [2, 7] як альтернативу використовують нормований або звичайні прибутковості. Після перевірки, що результати не змінюються за одним чи іншим способом, ми будемо використовувати метод представлений в формулі (1).

Порівняння прибутковостей з різними докризовими строками, що зображено на рис. 2, показує, що рівень коливань істотно змінюється зі зменшенням часу до кризи. Коливання прибутковостей у період кризи є особливістю спотової ціни: ціна у період кризи більш волатильна, ніж у докризовий період. Таким чином, дисперсія цін зменшується з приближенням кризи. Це відбувається тому, що шок, який чіпає прилеглі ціни, має вплив на ціни,

які збільшуються у міру зменшення строку до кризи. Дійсно, як тільки спотові ціни входять у кризовий стан, вони реагують набагато сильніше на інформаційні потрясіння. Ці різкі цінові зміни впливають головним чином на короткострокові частини кривої спотового ринку.

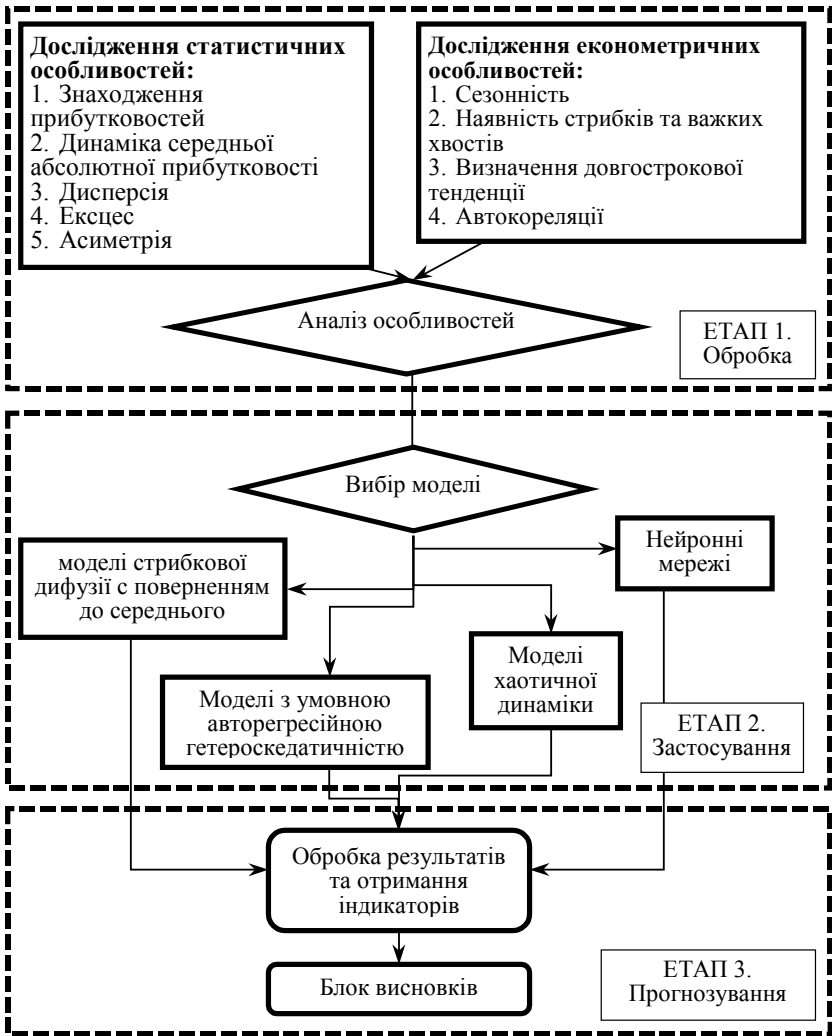


Рис. 1. Структурна модель знаходження дослідження динаміки товарного ринку

Численні роботи [1, 14, 16] містять емпіричне підтвердження цієї гіпотези для великого числа товарів і фінансових активів. Для товарів у роботах [8, 12] автори відзначили, що цей ефект залежить від витрат на зберігання. Точніше, коли вартість зберігання висока, то завдяки інвентаризації передається порівняно мала кількість потрясінь через періоди.

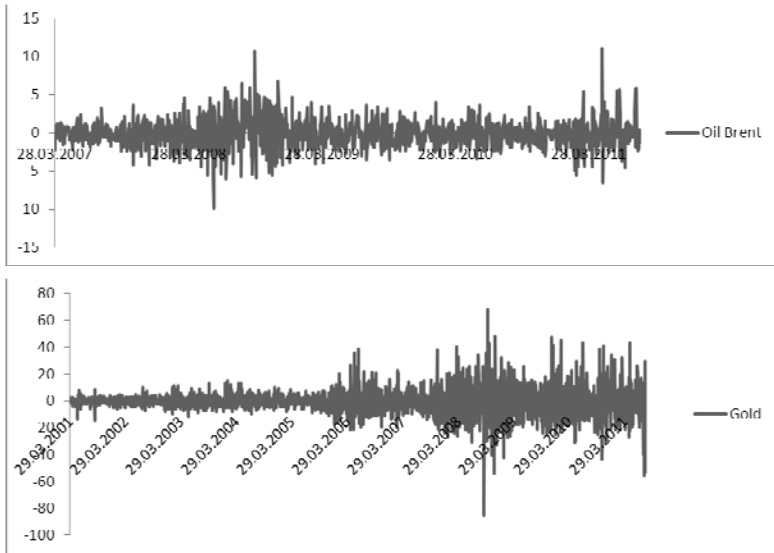


Рис. 2. Прибутковості цін нафти Brent у період 28.03.2007—17.08.2011 та світових цін на золото у період 29.03.2001—17.08.2011

Для подальшого дослідження спотових цін товарного ринку проведемо статистичний аналіз щоденних прибутковостей з метою знаходження певних емпіричних залежностей, за допомогою яких можна було б виявити особливості динаміки спотової ціни.

З метою вивчення першого моменту розподілу ми обчислюємо середнє значення абсолютних щоденних прибутковостей:

$$\langle |r| \rangle_i = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^T |r_i|, \quad (2)$$

де T — загальна кількість записів та r_i — прибутковість у час t .

Наступним кроком є дослідження дисперсії вхідного ряду. Аналіз дисперсії добових коливань прибутковостей підкріплює висновки зроблені за допомогою середньої прибутковості. Обчислимо дисперсію наступним чином:

$$\sigma_r^2 = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^T (r_i - \langle r \rangle_i)^2. \quad (3)$$

Звернемося тепер до третього моменту розподілу. Ми обчислюємо асиметрію прибутковості таким чином:

$$\lambda_3 = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^T \frac{(r_i - \langle r \rangle_i)^3}{\sigma_r^3}. \quad (4)$$

Ця міра визначає рівень асиметрії розподілу ймовірностей випадкової величини. Негативна (позитивна) асиметрія показує, що значення поширюються на праву (ліву) від середнього значення.

Екссес розподілу обчислюється наступним чином:

$$\lambda_4 = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^T \frac{(r_i - \langle r \rangle_i)^4}{\sigma_r^4}. \quad (5)$$

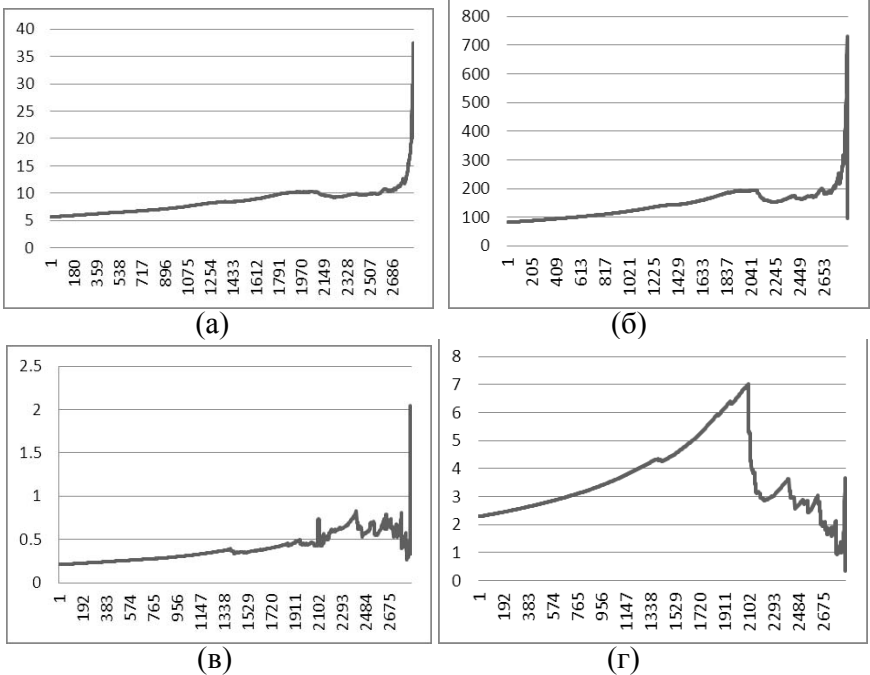


Рис. 3. Статистичні особливості прибутковостей для світових цін на золото у період 29.03.2001—17.08.2011

Рис. 3 представляє наші результати дослідження для світових котирувань цін на золото. Рис. 3(а) зображує поведінку середніх абсолютних прибутковостей для світових цін на нафту марки Brent та золота. Піки на графіках прибутковостей співпадають з піками цін на відповідні товари під час криз. Графіки прибутковостей зберігають синхронність у поведінці з основним рядом спотових цін. На рис. 3(б) зображено поведінку дисперсії числового ряду прибутковостей. Рисунок 3(в) демонструє рівень асиметрії, а на рис. 3(д) зображено ексцес прибутковостей.

На рис. 4 представлено наші результати дослідження для світових котирувань цін на нафту.

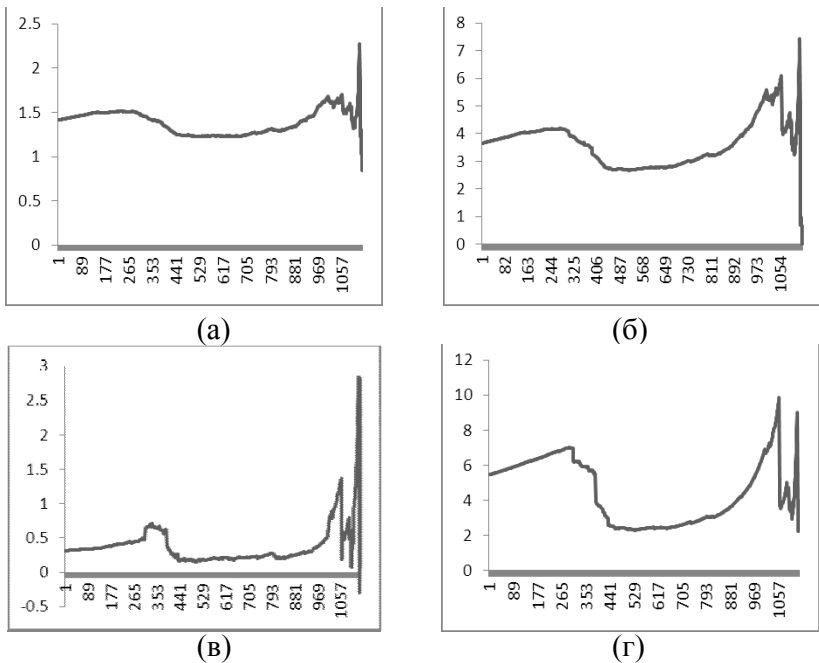


Рис. 4. Статистичні особливості прибутковостей світових цін на нафту Brent у період 28.03.2007—17.08.2011

До іншої групи особливостей відносяться економетричні особливості товарних ринків.

Першою особливістю ціни багатьох товарів є наявність річної сезонності і тренду (див., наприклад, [12, 20]). Ми моделюємо сезонність логарифмічної спотової ціни за допомогою функції, яка є середнім рівнем і навколо якої коливаються ціни спот:

$$\log s(t) = a + bt + \sum_{k=1}^m c_k \cos\left(\frac{2\pi t}{l_k}\right) + d_k \sin\left(\frac{2\pi t}{l_k}\right) \quad (6)$$

де $l_k = [days/k]$, $k=1, \dots, m$. *days* — кількість торгових днів. Коефіцієнти для рівняння знаходяться за методом найменших квадратів. Функції логарифмічної сезонності для газових цін та цін на електроенергію представлено на рис 5, розрахункові значення для $m = 2$.

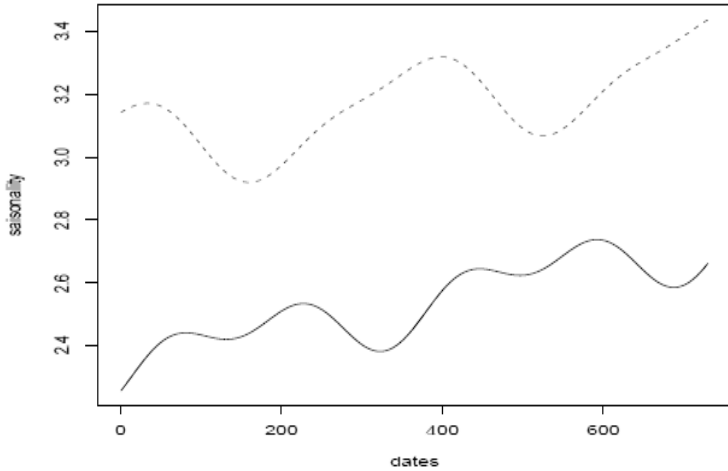


Рис. 5. Встановлені логарифмічні сезонності

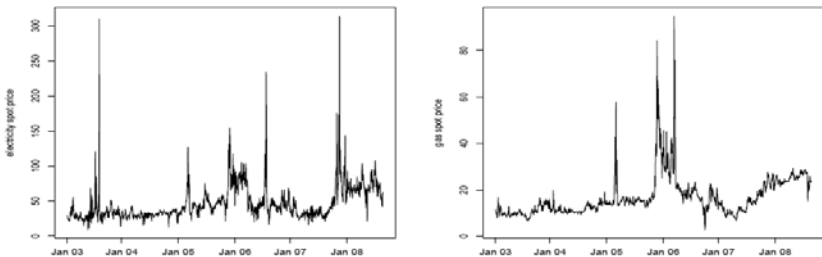


Рис. 6. Спотові ціни на електроенергію (Powernext) (ліворуч) і газу (NBP) (праворуч) за період з 14 січня 2003 року до 20 серпня 2008 року

Деякі товари мають специфічні особливості. Наприклад, електроенергія має дуже обмежені можливості зберігання. Це провокує можливість різких змін у спотових цінах. Природний газ може бути збережений, але це збереження досить дороге, так що він

теж поділяє особливості стрибкової поведінки спотової ціни електроенергії. Газовий і електроенергетичний ринки досить схожі, як це видно з рис. 6, на якому зображено поведінку спотової ціни електроенергії на ринку Пауернекст і ціни на газ (NBP). З точки зору стохастичного моделювання, різкі зміни, як правило, представлені моделями стрибкової дифузії з поверненням до середнього. Проте не існує доказів того, що це скоріше стрибки, а ніж різкі зміни викликані, наприклад, кластерами волатильності.

Гістограми на рис. 7 зображують розподіл спотових цін на газ та електроенергію у порівнянні з кривою нормального розподілу. Зауважимо, що два часові ряди мають далеко не нормальний розподіл. Перевищення ексцесу для газу і електроенергії дорівнює, відповідно, 4,5 та 2,3, це означає, що два розподілу мають високі піки і важкі хвости. Асиметрія для газу та електроенергії, відповідно дорівнює 0,77 і 0,57, це означає, що два розподілу не є симетричними.

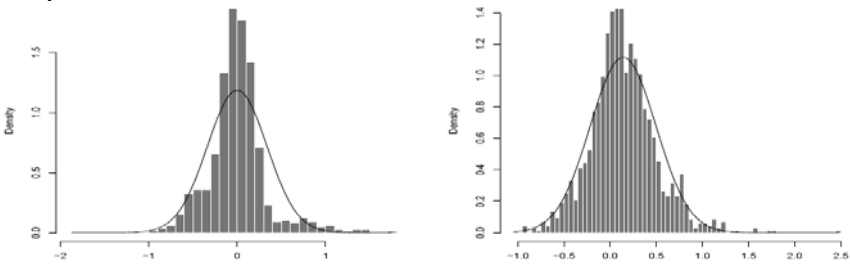


Рис. 7. Гістограми розподілу для цін на газ (зліва) та на електроенергію (справа)

При моделюванні спотових цін на товарних ринках часто аналізують авто-кореляційних функції (ACF). За допомогою ACF можна встановити тенденцію розвитку ціни. При позитивній автокореляції існує тенденція слідування великих значень за великими і малих за малими. Автокореляція визначає періодичність функції. Для прикладу були взяті дані за останні кілька років для нафти Brent та світових цін на цукор.

На рис. 8 зображено внутрішню динаміку світових цін. Для ринку цукру спостерігаються високі від'ємні кореляції приблизно кожні 28 днів, а також малі високі кореляції для періодів 5 та 53. Слабкі позитивні кореляції спостерігаються на періодах 11, 20, 32, 37. Наявність кореляцій у рядах свідчить про те, що існує певна залежність у цінах від попередніх даних. І це дає змогу стверджувати про можливість створення інструментарію, за допомо-

гою якого можна визначати передуючі кризи, а також встановлювати майбутній стан системи.

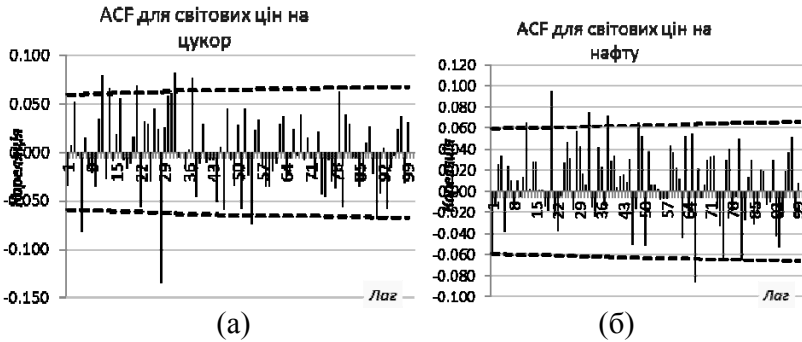


Рис. 8. Автокореляція світових цін на цукор та на нафту Brent

Дослідивши особливості товарних ринків потрібно правильно обрати модель для подальшого аналізу. Внутрішні частотно-часові характеристики часового ряду і обумовлюють вибір моделі дослідження.

Існує чотири основні групи моделей:

- *Моделі з умовною авторегресійною гетероскедастичністю.* Суть моделі ARCH у тому, що якщо абсолютна величина передісторії процесу велика, то це призводить до збільшення умовної дисперсії у наступні періоди. У свою чергу, при значній умовній дисперсії поява великих (за абсолютною величиною) значень передісторії процесу стає більш імовірною. Навпаки, якщо значення передісторії процесу протягом кількох періодів близькі до нуля, то це призводить до зниження умовної дисперсії у наступні періоди практично до рівня сталої. У свою чергу, при низькій умовній дисперсії більш імовірна поява малих (за абсолютною величиною) значень передісторії процесу. Таким чином, ARCH-процес характеризується інерційністю умовної дисперсії (кластеризацією волатильності). GARCH (generalized ARCH — узагальнена модель ARCH) моделі широко використовуються для моделювання особливостей фінансових часових рядів, пов'язаних зокрема з наявністю у розподілі великої кількості подій з малою вірогідністю та кластеризацією волатильності [1, 2, 6, 7, 18].

- *Моделі хаотичної динаміки.* Лінійний підхід не дозволяє врахувати і проаналізувати сильно нерегулярну поведінку, яка може демонструватися численними фінансовими активами. Ви-

користання нового математичний образу динамічного хаосу — аттрактору Лоренца, дозволило використовувати незвичність його геометричної структури та його розмірність, яка є дробовою (фрактальною). Аттрактор Лоренца — це область для траєкторій з навколишніх областей. При цьому всі траєкторії усередині аттрактора динамічно нестійкі, що виражається у сильній (експоненціальній) розбіжності близьких у початковий момент траєкторій [3, 9, 12, 16, 19].

• *Нейронні мережі.* Нейромережевий підхід до аналізу і прогнозування фінансових часових рядів ґрунтується на парадигмі теорії складних систем і її застосовності до аналізу фінансових ринків. Нейронні мережі здатні знаходити приховані динамічні закономірності у даних, на яких вони навчаються, і (на цій основі) прогнозувати динаміку, статистично оцінюючи результати прогнозу. Успіх нейромережевих прогнозів залежить від типу інформації, що подається на вхід, і від того, які характеристики вихідних даних значущі у задачі прогнозу [4, 13, 19].

• *Моделі стрибкової дифузії з поверненням до середнього.* Цей підхід розглядає ціну на сировинні товари і прибутковність, як два різні стохастичні процеси з постійним взаємозв'язком. Реверсивна природа цін на сировинні товари в даний час є добре встановлений емпіричний факт. Недоліком моделей є неможливість виявлення залежностей для цінових процесів для багатьох сировинних товарів, які знаходяться під впливом прибуття нової важливої інформації, яка має більш ніж граничний вплив на ціни.

Наступним етапом дослідження є етап формування прогнозу. На цьому етапі ми отримаємо висновок щодо майбутньої динаміки ціни. Завдяки врахуванню особливостей того чи іншого товарного ринку, покращується результат роботи вибраного методу.

Головною проблемою існуючих методів та моделей є нестійкість до різких змін умов на товарному ринку. Запропонована модель є більш адаптивною. Отримана на виході інформація володіє більшою вірогідністю. Проходячи всі три етапи, ми збільшуємо точність прогнозу.

Висновок. На основі аналізу часового ряду з метою виявлення суттєвих особливостей та коректного застосування обраної моделі є можливість мінімізації похибок при визначенні індикаторів кризових явищ.

Структура товарного ринку змінюється зі зміною умов, у яких ринок функціонує. Повторне використання конкретної моделі що досліджує поведінку ринку не дає гарантій успіху. Світові досягнення в області антикризового прогнозування поступово приво-

дять до думки про створення структурного комплексу з відповідною базою моделей. Визначення моделі для застосування в даному комплексі відбувається на основі ґрунтового дослідження частотно-часових особливостей вхідного ряду. На базі отриманих результатів ряд передається на етап застосування підходящої моделі. У результаті відбувається зменшення похибки на етапі отримання результату. Тобто відбувається покращення результатів роботи моделі і, відповідно, підвищується їх вірогідність.

Література

1. J.-P. Bouchaud and M. Potters, *Theory of Financial Risks and Derivative Pricing* // Cambridge University Press. — 1999.
2. D. O. Cajueiro and B. M. Tabak, *Chaos*. // *Solitons and Fractals*, 40, 4, p. 1559. — 2009.
3. A. Clauset, C.R. Shalizi, and M.E.J. Newman, *SIAM* // *Review* 51(4), p. 661—703. — 2009.
4. R. Cont, *Quantitative Finance*, 1, p. 223. — 2001.
5. G. Cortazar and E.S. Schwartz, *Energy* // *Economics*, 3, p. 73. — 2003.
6. D. Lautier, *Quarterly* // *Journal of Finance*, 9, 4, p. 1003. — 2005.
7. F. Lillo, J.D. Farmer and R.N. Mantegna, *Nature* // *Journal of Finance*, 9, 421, p. 129. — 2003.
8. T. Di Matteo and T. Aste, *Int. J. Theor. App.* // *Finance*, 5. — 2002.
9. V. Plerou and H. E. Stanley, *Phys. Rev.* // *E* 76, 046109. — 2007.
10. B. M. Tabak and D. O. Cajueiro, *Physica A*. — 2005.
11. K. Yamasaki, L. Muchnik, S. Havlin, A. Bunde, and H. E. Stanley, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 102, p. 9424. — 2005.
12. M. T. Barlow. A diffusion model for electricity prices. *Math. Finance*, 12(4): pp. 287—298. — 2002.
13. O. E. Barndorff-Nielsen. Normal inverse Gaussian distributions and stochastic volatility modelling. *Scand. J. Statist.*, 24(1): pp. 1—13. — 1997.
14. F. Benth, J. Kallsen, and T. Meyer-Brandis. A non-Gaussian Ornstein-Uhlenbeck process for electricity spot price modeling and derivatives pricing // *Appl. Math. Finance*, 14(2): pp. 153—169. — 2007.
15. B. Bibby, I. Skovgaard, and M. Sorensen. Diffusion-type models with given marginal distribution and autocorrelation function. *Bernoulli*, 11(2): pp. 191—220. — 2005.
16. S. Deng and W. Jiang. Levy process-driven mean-reverting electricity price model: the marginal distribution analysis. // *Decision Support Systems*, 40(3—4): pp. 483—494. — 2005.
17. O. Elerian. A note on the existence of a closed form conditional transition density for milstein scheme // *Working Paper*, Nuffield College, Oxford University. — 1998.
18. E. Schwartz. The stochastic behavior of commodity prices: Implications for valuation and hedging // *Journal of finance*, pp. 923—973. — 1997.

19. H. Geman and A. Roncoroni. Understanding the fine structure of electricity prices. //The Journal of Business, 79(3): pp. 1225—1261. — 2006.

20. B. Hambly, S. Howison, and T. Kluge. Modelling spikes and pricing swing options in electricity markets. //Quantitative Finance, 9: pp. 937—949. — 2009.

Стаття надійшла до редакції 15.10.2011 р.

УДК 330.42

В. В. Горовий, аспірант,
ДВНЗ «Київський національний економічний університет
імені Вадима Гетьмана»

ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКУ БАНКРУТСТВА ЕМІТЕНТА ЦІННИХ ПАПЕРІВ

АНОТАЦІЯ. Основні, використовувані у світі підходи до оцінювання ризику банкрутств емітентів цінних паперів не завжди можуть бути використані в умовах українського фондового ринку, недостатньо нерозвинутого як з точки зору інфраструктури, так і з точки зору доступності статистичної інформації, і тому потребують деякого коригування. У даній статті досліджено особливості основних концептуальних підходів до оцінювання ризику банкрутств емітентів цінних паперів, а також розглянуто приклад із використанням нечітко-множинного підходу

ANNOTATION. The Ukrainian stock market is underdeveloped by world standards. We are seeing an imperfect infrastructure and lack of statistical information. Therefore, the world's major methods to assess the risk of companies' bankruptcy cannot be used in Ukrainian conditions definitely. We need to adjust them a bit. We analyze the basic conceptual methods for assessing risk of companies' bankruptcy in this article. Moreover, we consider an example which using multiple fuzzy-approach.

АННОТАЦИЯ. Основные, используемые в мире подходы к оцениванию риска банкротства эмитентов ценных бумаг не всегда могут быть использованы в условиях украинского фондового рынка, недостаточно развитого, как с точки зрения инфраструктуры, так и с точки зрения доступности статистической информации и поэтому требуют некоторой коррекции. В данной статье исследованы особенности основных концептуальных подходов к оцениванию риска банкротства эмитентов ценных бумаг, а также рассмотрен пример с использованием нечетко-множественного подхода.

КЛЮЧОВІ СЛОВА. Банкрутство, нечіткі множини, емітент, аналіз фінансового стану.

Вступ. Особа, що інвестує у цінні папери, зокрема, має фокусувати увагу на фінансовому стані емітентів цих цінних паперів.