

ній ставці. Це дасть змогу знизити вплив політики ФРС на країни, що розвиваються, і стабілізувати ситуацію в глобальній фінансовій системі.

Список використаних джерел

1. Аналіз перегріву ринку нерухомості України [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://bgs.kh.ua/esk/peregrev.pdf>
2. Сорнетте Д. Как предсказывать крахи финансовых рынков: критические события в сложных финансовых системах. – М.: SmartBook: Изд-во «И-трейд», 2008. – 400 с.
3. Економічна бульбашка [Електрон. ресурс] / Вікіпедія. – Режим доступу: <http://uk.wikipedia.org/wiki/>
4. Словник з економіки та фінансів [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://slovari.yandex.ru/dict/glossary>
5. Charles Mackay. Memoirs of Extraordinary Popular Delusions and the Madness of Crowds «The Tulipomania». – London: Chapter 3, 2nd edition, 1852

6. Fama, (1998), Market Efficiency, Long-Term Returns, and Behavioral Finance // Journal of Financial Economics. September 1998. Vol. 49. No. 3.

7. Faber, Mark (2008), Tomorrow's Gold. Asia's Age of Discovery. – Hong Kong: CLSA Books, 2008. (Перше вид.: Faber, Mark (2002), Tomorrow's Gold. Asia's Age of Discovery. – Hong Kong: CLSA Books.), p. 134.

8. Greenspan A. The Age of Turbulence: The Adventures in a New World. – New York: The Penguin Press, 2007. – 531 p.

9. Guillermo Calvo. Exploding commodity prices, lax monetary policy, and sovereign wealth funds. URL: <http://www.voxeu.org/index.ppxr?q=Node/4135>

10. Johansen, A. and Sornetto, D. Financial «anti-bubbles»: Log-periodicity in gold and Nikkei collapses // International Journal of Modern Physics C 10, 563575.

11. Ofek, Eli, and Richardson, Mathew (2003), Dotcom Mania: The Rise and Fall of Internet Stock Prices // Journal of Finance. June 2003. Vol. 58. No. 3., p. 1121.

Т.В. КРАВЕЦЬ,
к.ф.-м.н., доцент, Київський національний університет ім. Тараса Шевченка,
М.В. ПЕТРИК

Метод «Гусениця»–SSA та його використання в прогнозуванні світової ціни зернових

На основі методу «Гусениця»–SSA було проведено аналіз часових рядів світової ціни на основні зернові культури та побудовано середньостроковий прогноз на 2013–2014 роки. В ході роботи було з'ясовано характер цінних коливань, їхню амплітуду та виявлено фактори, що впливають на таку поведінку рядів.

Ключові слова: прогнозування, метод «Гусениця»–SSA, світова ціна на зернові.

На основе метода «Гусеница»–SSA был проведен анализ временных рядов мировой цены на основные зерновые культуры, а также сделан среднесрочный прогноз на 2013–2014 годы. В ходе исследования был определен характер будущих колебаний рядов, их амплитуда и выявлены факторы влияния на такое их поведение.

Ключевые слова: прогнозирование, метод «Гусеница»–SSA, мировая цена на зерновые.

On the basis of the «Caterpillar»–SSA method the analysis of time series of grains world price was carried out and medium-term forecast for 2013–2014 was built. The study defined the character of series' oscillations, their amplitude and identified the factors, which influence the behavior of the series.

Keywords: forecasting, «Caterpillar»–SSA method, world grain price.

Постановка проблеми. Прогнози майбутньої продовольчої кризи актуалізували проблему дослідження динаміки основних продовольчих ринків.

На сучасному етапі розвитку методології аналізу та прогнозування часових рядів усе більше уваги приділяється застосуванню нових методів, заснованих на принципах нелінійної динаміки. Одним з таких непараметричних методів є метод сингулярного спектрального аналізу «Гусениця»–SSA, метою якого є розвинення часового ряду на адитивні складові, що підлягають інтерпретації.

Аналіз досліджень та публікацій з проблеми. Проведенням економічних досліджень на базі застосування методу займалися Т.С. Клебанова [9], О.В. Захарова [8, 9], О.І. Черняк [11], Х. Хассані [2] та ін., а сам метод розроблений російськими дослідниками Н.Е. Голяндіною [6, 7], А. Жиглявським [2, 5], Т. Олександровим.

Сучасна нестійкість товарних ринків та стратегічна важливість продукції зернового напрямку визначають необхідність застосування дієвих методів для прогнозування майбутніх тенденцій розвитку, що й обумовлює актуальність обраного напрямку дослідження

Мета статті. Основними завданнями статті є:
– короткий огляд світового зернового ринку;

– визначення основних факторів впливу на цінову динаміку основних зернових культур;

– побудова прогнозу динаміки світових цін на зернові: пшеницю, кукурудзу, ячмінь.

Виклад основного матеріалу. Вибір для дослідження саме зернових культур обумовлений як їхньою важливістю у забезпеченні потреб людини, так і інших галузей промисловості.

Останнім часом спостерігаються значні коливання цін на харчову продукцію, і на зернові зокрема. Причиною цього стають порушення рівноваги попиту та пропозиції.

Визначаючи фактори, що значною мірою впливають на попит, можна зазначити: стрімке зростання населення планети та підвищення його платоспроможності, необхідність розширення кормової бази для тваринництва та використання на потреби промисловості (виробництво етанолу тощо) [1, с. 11]. Проаналізуємо кожен з них детальніше.

Кліматичні зміни. Чи не основним чинником падіння пропозиції, а як наслідок зростання цін, є кліматичний фактор. Часті та різкі зміни температур завдають значної шкоди аграріям. Унаслідок зменшення врожаїв пропозиція зернових на ринку зменшується, що при стійкому попиті спричиняє різке збільшення цін.

Зростання платоспроможності населення. Останнє десятиліття продемонструвало значне пришвидшення розвитку економік, які ще донедавна вважалися порівняно відсталими. Яскравими підтвердженням цьому є Китай та Індія. Швидкі темпи економічного зростання підвищують добробут нації, зокрема збільшують купівельну спроможність населення. Зміни рівня доходу споживачів спричиняють зрушення і в їхньому раціоні харчування, внаслідок чого помітно зростає попит на м'ясо та молочну продукцію. А це, своєю чергою, зрушує попит на зернові, які безпосередньо є кормовою базою для тваринництва. Так, за оцінками, для виробництва 1 кг яловичини необхідно 7 кг кукурудзи, для виробництва 1 кг свинини – 6,5 кг, 1 кг курятини – 2,6 кг кукурудзи [1, с. 13].

Ціна на енергоносії. Даний фактор є чи не основним фактором, що справляє значний вплив на світову економіку в цілому та на виробництво харчової продукції зокрема. З іншого ж боку, зростання цін на природні енергоносії спричинює зростання попиту на штучне біопаливо, базу для виробництва якого становлять зернові та олійні культури.

Біопаливо. За останні двадцять років виробництво біопалива у світі зросло втричі, що, за оцінками експертів, не є межею. Основними гравцями на цьому ринку є ЄС, США, Бразилія, Аргентина. Сировинною базою виробництва біопалива є зернові – пшениця та кукурудза, а також цукрова тростина (Бразилія). Зростання цін на природні енергоносії, як вже було зазначено, сприяє збільшенню попиту на альтернативні джерела енергії, зокрема етанол (біопаливо). Збільшення обсягів виробництва біопалива, своєю чергою, стимулює зростання виробництва пшениці та кукурудзи. Однак з огляду на те, що темпи приросту попиту на сировину випереджають темпи приросту пропозиції, відбувається перерозподіл використан-

ня зернових на користь промисловості. Внаслідок цього пропозиція пшениці та кукурудзи на ринку продуктів харчування падає, що спричинює підвищення їхньої ціни.

Тарифи та режими. Встановлення жорсткіших тарифних режимів та митних бар'єрів справляє дестимулюючий вплив на виробників, таким чином зменшуючи пропозицію та, відповідно, підвищуючи ціни.

Фінансові ринки. Із розвитком фінансових ринків та появою нових фінансових інструментів дедалі складнішим стає прогнозування цінової динаміки зернових культур, оскільки до об'єктивних факторів підключається ще й психологічний фактор. Оскільки ціни на пшеницю, кукурудзу тощо є тісно пов'язаними з цінами на нафту, форвардні та ф'ючерсні угоди на поставки даної продукції стають інструментом спекуляції на світових фінансових ринках, таким чином впливаючи на динаміку цін на зернові.

Курс долара. Оскільки світові ціни на основні зернові культури визначаються в національній валюті США, зниження курсу долара спричиняє їхнє подорожчання.

Рівень запасів. Скорочення запасів зернових культур стає ще одним дієвим чинником зростання цін на них.

У контексті дослідження даного питання варто зауважити, що не останнє місце у формуванні впливу на кон'юнктуру на світовому ринку зернових належить Україні. Експорт продукції українського аграрного комплексу є одним із факторів формування світової пропозиції та світових цін. Так, у 2012 році Україна експортувала 6,5 млн. т. пшениці, що становило 5% всього світового експорту, 2,2 млн. т. ячменю та 13 млн. т кукурудзи [10]. Прибутки від експорту зернових є вагомим джерелом у доході країни, а відтак і справляють значний вплив на її економічну безпеку.

Загалом, спосіб перетворення одновимірного ряду на багатовимірний являє собою «згортку» часового ряду в матрицю, отриману шляхом фракталізації вихідного ряду, тобто часовий ряд розділяється на фрагменти, отримані шляхом зсуву вибіркового вікна. Загалом процедура зсуву нагадує рух гусениці, тому сам метод отримав іншу асоціативну назву – «Гусениця».

Реалізація методу складається з двох етапів: вкладення та відновлення.

Суть процедури вкладення полягає в побудові траєкторної матриці, стовпчиками якої є ковзаючі відрізки ряду довжини L , так що перший стовпчик утворений значеннями ряду з 1 точки до L -ої, другий – з 2 до $(L + 1)$ -ї тощо.

Процедура вкладення утворює $K = N - L + 1$ векторів вкладення $X_i = (f_{i-1}, \dots, f_{i+L-2})^T$, $1 \leq i \leq K$ розмірністю L [1, с. 2].

Вектори вкладення X_i , $i = \overline{1, K}$ утворюють L -траєкторну матрицю ряду F : розмірності $X = [X_1; \dots; X_K]$, або $L \times K$

$$X = (x_{ij}) = \begin{pmatrix} f_0 & f_1 & \dots & f_{K-1} \\ f_1 & f_2 & \dots & f_K \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f_{L-1} & f_L & \dots & f_{N-1} \end{pmatrix}.$$

МАКРОЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ СУЧАСНОЇ ЕКОНОМІКИ

Нехай $S = XX^T$. Позначимо $\lambda_1, \dots, \lambda_L$ – власні числа матриці S , причому $\lambda_1 \geq \dots \geq \lambda_L \geq 0$, та U_1, \dots, U_L – ортонормована система власних векторів тієї ж матриці, що відповідають власним числам.

Нехай $d = \max\{i: \lambda_i > 0\}$. Позначивши $V_i = X^T U_i / \sqrt{\lambda_i}$ – факторні вектори, $i = 1, \dots, d$, сингулярний розклад матриці X можна подати таким чином: $X = X_1 + \dots + X_d$, де $X_i = \sqrt{\lambda_i} U_i V_i^T$, а кожна з матриць X_i має ранг 1 (елементарна матриця). Набір $(\sqrt{\lambda_i}, U_i, V_i)$ будемо називати i -ю власною трійкою сингулярного розкладу матриці X , наприклад, який задається i -м власним вектором U_i – i -м головним напрямком, а вектор $Z_i = \sqrt{\lambda_i} V_i$ – вектором i -х головних компонент [6, с. 10]. Описана вище процедура є, власне, суттю сингулярного розкладу траєкторної матриці X [11, с. 137].

Відновлення. Основною ідеєю даного етапу є групування вже виокремлених на попередньому етапі елементарних матриць, породжених власними трійками, та, відповідно, їх перетворення в новий ряд довжини N .

На основі розкладу траєкторної матриці на суму елементарних процедура групування розбиває множину індексів $\{1, \dots, d\}$ на m підмножин I_1, \dots, I_m , що не перетинаються.

Нехай $I = \{i_1, \dots, i_p\}$. Тоді матриця X_I , що відповідає множині I , визначається таким чином: $X_I = X_{i_1} + \dots + X_{i_p}$. Для кожного $I = I_1, \dots, I_m$ розраховується відповідна матриця, а траєкторна матриця X записується як їхня сума $X_I = X_{I_1} + \dots + X_{I_m}$, а сама

процедура вибору підмножин I_1, \dots, I_m називається групуванням власних трійок.

Нарешті на останньому кроці базового алгоритму кожна матриця розкладу $X_I = X_{I_1} + \dots + X_{I_m}$ переводиться в новий ряд довжини N за допомогою процедури діагонального усереднення (ганкелізації).

Ідея процедури полягає в усередненні елементів матриці вздовж діагоналей $i + j = k + 2$ шляхом наступних перетворень. Нехай Y – деяка матриця розмірності $L \times K$ з елементами y_{ij} , $1 \leq i \leq L, 1 \leq j \leq K$. Тоді:

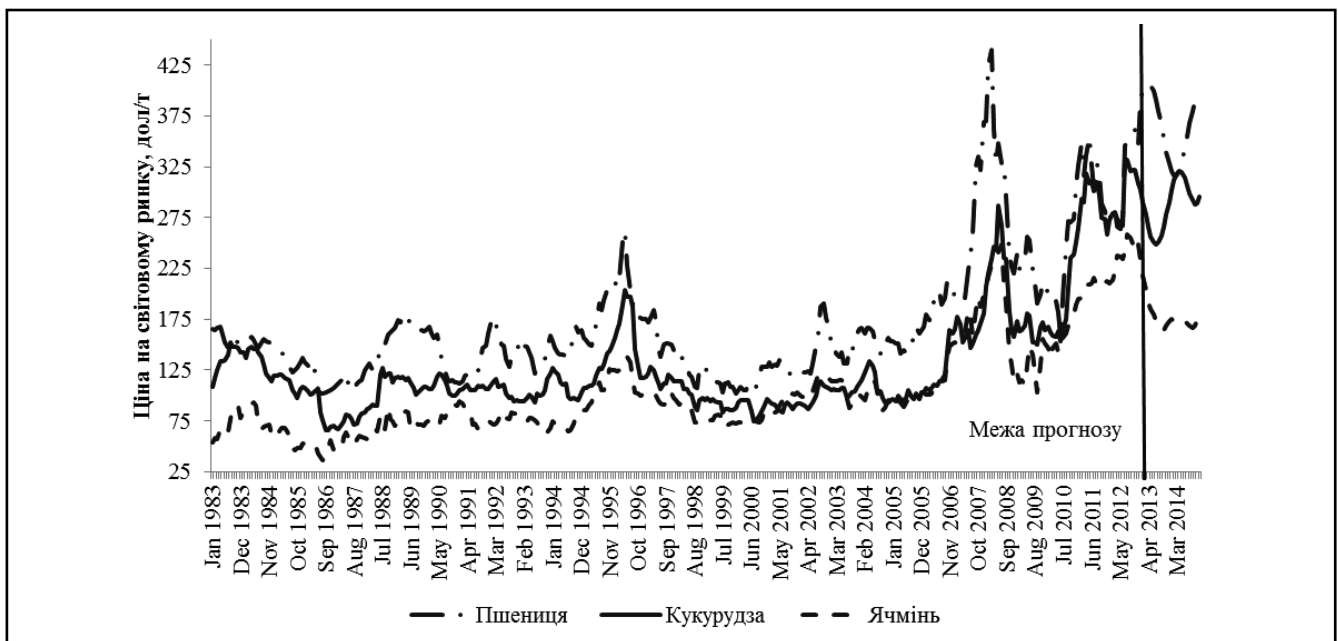
$$g_k = \begin{cases} \frac{1}{k+1} \sum_{m=1}^{k+1} y_{m, k-m+2}^* & \text{для } 0 \leq k < L^* - 1 \\ \frac{1}{L} \sum_{m=1}^L y_{m, k-m+2}^* & \text{для } L^* - 1 \leq k < K^* \\ \frac{1}{N-k} \sum_{m=k-K^*+2}^{N-K^*+1} y_{m, k-m+2}^* & \text{для } K^* \leq k \leq N \end{cases}$$

де $L^* = \min(L, K)$, $K^* = \max(L, K)$, $N = L + K - 1$; $y_{ij}^* = y_{ij}$, якщо $L < K$, та $y_{ij}^* = y_{ji}$, якщо $L > K$ [6, с. 7].

Після проведення діагонального усереднення (ганкелізації) кожної з матриць X_k на виході, відповідно, отримуємо ряди $\tilde{F}^{(k)} = (\tilde{f}_0^{(k)}, \dots, \tilde{f}_{N-1}^{(k)})$. Тоді вихідний ряд $F = (f_0, \dots, f_{N-1})$ розкладається в суму m рядів: $f_n = \sum_{k=1}^m f_n^{(k)}$.

Особливості застосування методу «Гусениця»–SSA

Характеристика	Пшениця	Кукурудза	Ячмінь
Довжина вікна	260	240	60
Параметри розкладу	Точність розкладу – 6; центрування – відсутнє		
Головні компоненти, що включаються для відновлення ряду	1–15, 17, 18	1–19	1–8, 14, 15
Метод апроксимації	Аналітичний		
Параметри прогнозу	Метод – аналітичний; базовий ряд прогнозу – відновлений		



Прогноз цін на ячмінь, кукурудзу та пшеницю січень 2013 – грудень 2014 року

Джерело: побудовано за даними [10] та на основі власних розрахунків автора.

Таким чином, процес побудови групи I_k та діагонального усереднення матриці X_k з метою розрахунку часових рядів $\tilde{F}^{(k)}$ називається відновленням компоненти ряду $\tilde{F}^{(k)}$ по власним трійкам з індексами з підмножини I_k .

Прогноз за даним методом будується шляхом рекурентних співвідношень за формулою: $f_n = \sum_{k=1}^d \alpha_k f_{n-k}$, де d – ранг ряду F , тобто кількість ненульових власних чисел траєкторної матриці, а коефіцієнти α_k знаходяться з наступної системи рівнянь [5, с. 76]:

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^d \alpha_j U_{1j} = f_{N-L+2} \\ \dots \\ \sum_{j=1}^d \alpha_j U_{d-1,j} = f_N \end{cases}$$

Значення кожної наступної точки прогнозу знаходиться шляхом рекурентного зсуву індексу на один крок.

Застосуємо наведений вище алгоритм до реальних цінових рядів та побудуємо середньостроковий прогноз для основних зернових культур.

Для аналізу було взято вибірку щомісячних даних за період січень 1983 – грудень 2012 року таких культур, як пшениця, кукурудза та ячмінь. Особливості застосування методу «Гусениця»–SSA при дослідженні даних часових рядів подано в таблиці на с. 29.

Відносна похибка відновлення ряду цін на пшеницю становила 6,00%, кукурудзу – 4,40%, ячмінь – 5,10%. Побудова прогнозів здійснювалася з орієнтацією на середньострокову перспективу – наступні 24 місяці, тобто два роки. Одразу варто наголосити, що такий горизонт прогнозу обирався лише з метою визначення подальшого напрямку руху цін на зернові культури в майбутньому і аж ніяк не розглядалася як «спонукання до дії».

Результати дослідження відображено на рисунку.

Висновки

Отже, на основі отриманих результатів можна зробити ряд висновків. У найближчому майбутньому ринок пшениці зазнає потужних змін. Перш за все зростає частота коливань цін на продукцію. Так, протягом наступних двох років матимуть місце різкі падіння, які змінюватимуться не менш різкими

підйомами цін. По-друге, зростає амплітуда таких коливань, однак прогнозні максимальні значення все ж не перевищать кризового рівня 2008 року. На ринку кукурудзи спостерігатиметься дещо подібна ситуація, з тією лише відмінністю, що зміни ціни на неї будуть протифазними з рухами ціни на пшеницю. Ціна ячменю продемонструє різкий спад, який завершиться у вересні 2013 року, після чого відбудеться її стабілізація на рівні 170–172 \$/т.

Порівнюючи отримані дані з оглядом тенденцій, зроблених спільно FAO та ОЕСР [3], можна сказати, що загалом тенденція руху цін збігається.

Список використаних джерел

1. Flammini Alessandro Biofuels and the underlying causes of high food prices / Alessandro Flammini. – Global Bioenergy Partnership Secretariat: 2008. – 31 p.
2. Hassani H., Zhigljavsky A. Singular spectrum analysis: methodology and application to economics data / Hossein Hassani, Anatoly Zhigljavsky // Jrl Syst Sci & Complexity. – 2009. – №22. – P. 372–394.
3. OECD–FAO Agricultural Outlook 2011–2020. Chapter 4: Cereals // OECD/FAO. – 2011. – P. 94–106.
4. Usevich Konstantin On signal and extraneous roots in Singular Spectrum Analysis / Konstantin Usevich. – St. Petersburg State University: 2010. – 24 p.
5. Главные компоненты временных рядов: метод «Гусеница» / Под. ред. Д. Л. Данилова и А. А. Жиглявского. – СПб.: Пресском, 1997. – 308 с.
6. Голяндина Н.Э. Метод «Гусеница»–SSA: анализ временных рядов: учеб. Пособие. – СПб., 2004. – 52 с.
7. Голяндина Н.Э. Метод «Гусеница»–SSA: прогноз временных рядов: учеб. Пособие. – СПб., 2004. – 52 с.
8. Захарова О.В. Моделирование динамики макроэкономических процессов с учетом эффекта долгой памяти / О.В. Захарова // Бизнесинформ. Экономика: Модели нелинейной динамики в экономике. – 2009. – №2(1). – С. 94–99.
9. Клебанова Т.С., Захарова О. В. Анализ и прогнозирование экстремальных показателей на основе метода «Гусеница–SSA» // Бизнесинформ. – 2006. – №7. – С. 3–9.
10. Статистика Світової продовольчої організації ООН FAO [Електрон. ресурс] // FAOSTAT. – Режим доступу: <http://faostat.fao.org/>
11. Черняк О.І. Аналіз та прогноз динаміки ВВП України за допомогою методу SSA / О.І. Черняк, М.Я. Кудіненко // Економіка і прогнозування. – 2002. – №4. – С. 134–147.