

Надія Петрівна РЕЗНІК

доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри менеджменту
ім. проф. Й.С. Завадського, Національний університет біоресурсів і
природокористування України
ORCID ID: 0000-0001-9588-5929
E-mail: nadya-reznik@ukr.net

Анатолій Володимирович ЯРМОЛЮК

аспірант, Уманський державний педагогічний університет ім. Павла Тичини,
ORCID ID: 0000-0003-1326-0779
E-mail: akinterdep@ukr.net

**ПРОГНОЗУВАННЯ ПОВЕДІНКИ БІРЖОВОГО Ф'ЮЧЕРСНОГО РИНКУ
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ**

Резнік, Н. П. Прогнозування поведінки біржового ф'ючерсного ринку сільськогосподарської продукції / Надія Петрівна Резнік, Анатолій Володимирович Ярмолюк // Український журнал прикладної економіки. – 2020. – Том 5. – № 3. – С. 233 – 242. – ISSN 2415-8453.

Анотація

Вступ. Основою дослідження є загальнонаукові методи аналізу та синтезу індукції і дедукції, сходження від абстрактного до конкретного, а також специфічні методи аналізу: групування, порівняння, систематичний та інші.

Мета дослідження полягає в дослідженні ризиків та прогнозів щодо поведінки біржового ф'ючерсного ринку сільськогосподарської продукції.

Результати. У статті проаналізовано дослідження методики прогнозування поведінки біржового ринку на основі аналізу стану ринку ф'ючерсних контрактів, що дають змогу висвітлити основну ідею запропонованої методики, яка полягає в отриманні прогностичних значень поведінки ринку ф'ючерсних контрактів, за результатами яких з урахуванням взаємозв'язків сегментів біржового ринку робиться прогноз поведінки біржового ринку. Висвітлено, що запропонована методика прогнозування поведінки біржового ринку на основі аналізу стану ринку ф'ючерсних контрактів на пшеницю постійно отримує нову інформацію і до кінця періоду випробування відображає тенденцію розвитку процесу, що існує в даний момент. Проведене порівняння інших методів прогнозування економічних показників з запропонованим підходом за допомогою моделі Брауна і авторегресії (АР-моделі), що реалізована в пакеті інженерних розрахунків MatLab дає змогу побачити неспроможність останніх при більш коливальному русі ціни контракту. Тому при прогнозуванні динаміки ринків ф'ючерсних контрактів, яка, як правило, змінюється дуже стрімко, найбільш доцільно використовувати синергетичні методи прогнозування. Досліджено, що актуальність проблеми вивчення і прогнозування ринкових тенденцій обумовлена не тільки інтересами приватних або корпоративних інвесторів. Достовірна інформація про розвиток біржового ринку необхідна і для забезпечення потреб органів державного управління.

Результати. Було проведено порівняння інших методів прогнозування економічних показників з запропонованим підходом. Висвітлено, що для цього дослідження була обрана модель Брауна і стандартна нейромережа, реалізована в пакеті інженерних розрахунків MatLab спеціально для прогнозування динаміки активів.

Ключові слова: ф'ючерс, ф'ючерсний ринок, сільськогосподарська продукція, прогнозування, ризики, біржа, біржовий ринок.

Nadiia REZNIK

Doctor of Economics, Professor, Head of Department of Management named after Professor Yosyp Zavadsky, National University of Life and Environmental Science of Ukraine

Anatolii YARMOLIUK

Postgraduate Student, Pavlo Tychyna Uman State Pedagogical University

FORECASTING THE BEHAVIOR OF EXCHANGE FUTURES MARKET OF AGRICULTURAL PRODUCTS

Abstract

Introduction. *This article presents the analysis of the methodology for forecasting the behavior of the market based on the analysis of the market for financial contracts, giving the opportunity to see the basic idea of the forecast methodology of the market in the process of calculating the forecast values of the market behavior prognosis.*

The purpose of the article is to study the risks and forecasts for the behavior of the exchange futures market for agricultural products.

Results. *It is evident that the methodology for forecasting the behavior of the market based on analyzing the standard of futures contracts for wheat has been gradually receiving new information and until the end of the period reflects the main trends. The behavior of a particular point is also analyzed, but when the horizontal trend of the coordinate of a particular point is the same, when moving to the input trend, the coordinates of a particular point are seen from a particular point and the trend towards a particular coordinate is shown in line with the horizontal trend, and the difference between the coordinates and the real values of the price is positive. Carrying out a test of the other methods for forecasting economic indicators with the help of the advancement of the additional Brown model and the A-Y-model, implemented in the package of engineering projects of MatLab, helps define the contract price. That is, when forecasting the dynamics of the markets of futures contracts, as a rule, the dynamics of the forecasting methods will change dramatically.*

Further, the urgency of the problem of investment and forecasting of market trends is not only due to the interests of private or corporate investors. Adequate information about the development of the market is necessary for securing the needs of the state administration bodies.

Conclusions. *The comparison of different methods of forecasting economic indicators with the proposed approach was made. It is highlighted that a Brown model and a standard neural network, implemented in the MatLab engineering calculation package specifically for forecasting asset dynamics, were chosen for this study.*

Keywords: *futures, futures market, agricultural products, forecasting, risks, exchange, stock market.*

JEL classification: Q14

Вступ

Становлення українського ринку ф'ючерсів на сільськогосподарську продукцію зумовило проблему вибору надійних та апробованих методів аналізу й управління ринковою ситуацією. При цьому накопичені вітчизняною наукою методи і методики управління і регулювання в окремих галузях виробничої діяльності та в соціально-демографічній сфері не могли бути шаблонно перенесені на фінансові процеси з огляду на їх суттєву специфіку.

Актуальність проблеми вивчення і прогнозування ринкових тенденцій обумовлена не тільки інтересами приватних або корпоративних інвесторів. Достовірна інформація про розвиток біржового ринку необхідна і для забезпечення потреб органів державного управління. З одного боку, держава сама виступає в якості великого

емітента. З іншого боку, є один з чутливих індикаторів стану економіки держави, практично негайно реагує, на що з'являються негативні тенденції і чинники – це ф'ючерсний ринок.

У науковій, науково-практичній та навчальній літературі, а також у вітчизняній практиці мають місце кілька підходів до дослідження стану ринку ф'ючерсних контрактів, які базуються на певних концепціях його розвитку і включають ті чи інші групи методів.

Питанню поведінки біржового ф'ючерсного ринку сільськогосподарської продукції присвячена достатньо велика кількість праць як вітчизняних, так і зарубіжних науковців, серед них: Акмаєв А.І. [1], Воскобійник Ю.П. [6], Гноевий В.Г. [7], Васильєв Г.А., Каменева Н.Г. [5], Дем'яненко С.І. [9] та інші. У своїх працях учені досліджували аналіз та прогнозування біржового ф'ючерсу на ринку сільськогосподарської продукції, його структуру та методи. Проте, залишаються питання, які потребують подальшого вивчення, особливо ті, що стосуються інформації для аналізу результатів діяльності.

Мета та завдання статті

Метою статті є узагальнити подальші прогнози поведінки біржового ф'ючерсного ринку сільськогосподарської продукції та перспективи їх вирішення.

Виклад основного матеріалу дослідження

Завчасне отримання інформації про майбутні кризові явища може дозволити державним органам застосувати своєчасні регулюючі заходи щодо запобігання або пом'якшення небажаних наслідків. Під кризовими явищами в даному випадку розуміється перенасичення ринку зерновими.

Для майбутніх ситуацій дуже важливо відповісти на питання, а чи можна всього цього уникнути або, принаймні, згладити негативні наслідки кризи. Це завдання і дозволяє вирішувати запропонована методика прогнозування поведінки фінансового ринку на основі аналізу стану ринку ф'ючерсних контрактів.

Прогнозування – найважливіший компонент аналітичної роботи, що дозволяє передбачити найбільш ймовірний розвиток подій, а також оцінити, які заходи впливу приведуть до тих чи інших результатів. Саме тому прогнозній діяльності відводиться провідна роль в економічному аналізі, проведеному Центральними Банками країн з ринковою економікою.

Виходячи із завдань прогнозування і специфіки окремих сегментів біржового ринку, представляється доцільним виділити чотири блоки робіт. По-перше, короткострокове прогнозування найбільш важливих індикаторів фінансового ринку (курсу USD зведених фондових індексів ММББ і РТС, ставок МБК, котирувань ліквідних ф'ючерсних контрактів). Конкретно – побудова прогнозів тижневої глибини, зроблених за станом на кінець останнього торгового дня робочого тижня.

По-друге, середньострокове (глибиною в рік) прогнозування тих самих індикаторів фінансового ринку. Форма прогнозів може бути різною, залежно від особливостей прогнозованого індикатора. У даній ситуації прогноз виявиться у визначенні орієнтовних дат можливих спадів і підйомів із зазначенням мінімальних і максимальних значень індексів.

По-третє, змістовним, а можливо, й найбільш важливим завданням є прогнозування криз [8].

І, нарешті, по-четверте, прогнозування поведінки фінансового ринку може полягати в оцінці деяких величин, які не є прогнозами в прямому сенсі, але можуть інформувати про найбільш ймовірні тенденції розвитку.

Іноді на реалізацію прогнозу (а точніше на його нереалізацію) впливає якась екстраординарна подія, спрогнозувати яку було неможливо. В основному це відноситься до політичних рішень, криз та ін. В такому випадку зіставлення прогнозу з фактичним

ходом подій дозволяє судити про ступінь впливу тієї чи іншої особливої події на поведінку біржового ринку. В цьому криється користь нереалізованого прогнозу. Накопичення світовим співтовариством інформації про особливості та ступені впливу «невраховуваних» подій на біржовий ринок може дозволити підійти до сценарного прогнозування.

Є всі підстави очікувати, що пропонований підхід аналізу взаємозв'язків дозволить створити якісно новий інструментарій прогнозування ринку й аналізу варіантів розвитку основних загальноекономічних показників при різних реальних умовах, які можуть скластися як в результаті цілеспрямованого впливу на господарські процеси, так і при розвитку на самостійній основі. Ефективне регулювання ринку нерозривно пов'язане з умінням передбачити і кількісно оцінювати наслідки від введення заходів впливу на нього. Прогнозування поведінки окремо взятого сегменту не буде задовільним, якщо не враховувати взаємозалежності між сегментами ринку. Якщо відома структура впливу одного сегменту ринку на інший, то при наявності якоїсь інформації про подальшу поведінку першого (наприклад, ступеня регулюючого впливу державного органу), можна спрогнозувати розвиток ситуації на останньому. Так може виглядати реалізація на основі отриманих результатів концепції сценарного прогнозування. Разом з тим, отримані результати знаходять вельми корисне застосування і при короткостроковому прогнозуванні динаміки фінансового ринку [10].

Розглянемо методику прогнозування поведінки біржового ринку на основі аналізу стану ринку ф'ючерсних контрактів. Основна ідея запропонованої методики полягає в отриманні прогностичних значень поведінки ринку ф'ючерсних контрактів, за результатами яких з урахуванням взаємозв'язків сегментів біржового ринку робиться прогноз поведінки біржового ринку.

Прогноз, заснований на описі динаміки ринку ф'ючерсних контрактів, містить два елементи: точковий та інтервальний прогнози. Точковий прогноз – це прогноз, яким називається єдине значення прогнозованого показника. Встановлення інтервалу значень, в якому з достатньою часткою впевненості можна очікувати появи прогнозованої величини, називається інтервальним прогнозом.

Побудова точкового прогнозу. На першому етапі побудови точкового прогнозу визначаються невідомі параметри системи. Для цього опис динаміки ринку ф'ючерсних контрактів (П1) розглядаємо у фіксовані моменти часу $t-2$, $t-1$. Тут t – останній відомий момент часу. відповідно:

$X_1(t)$ - останнє відоме значення ціни контракту,

$X_2(t)$ - останнє відоме значення обсягу торгів,

$X_3(t)$ - останнє відоме значення «відкритого інтересу».

$$\frac{dX_1(t-2)}{dt} = a_1X_1(t-2) + a_2X_1(t-2)X_2(t-2) + a_3X_1(t-2)X_3(t-2) \quad (1)$$

$$\frac{dX_1(t-1)}{dt} = a_1X_1(t-1) + a_2X_1(t-1)X_2(t-1) + a_3X_1(t-1)X_3(t-1) \quad (2)$$

$$\frac{dX_1(t)}{dt} = a_1X_1(t) + a_2X_1(t)X_2(t) + a_3X_1(t)X_3(t) \quad (3)$$

$$\frac{dX_2(t-2)}{dt} = b_1X_1(t-2)X_2(t-2) + b_2X_2(t-2) + b_3X_2(t-2)X_3(t-2) \quad (4)$$

$$\frac{dX_2(t-1)}{dt} = b_1X_1(t-1)X_2(t-1) + b_2X_2(t-1) + b_3X_2(t-1)X_3(t-1) \quad (5)$$

$$\frac{dX_2(t)}{dt} = b_1X_1(t)X_2(t) + b_2X_2(t) + b_3X_2(t)X_3(t) \quad (6)$$

$$\frac{dX_3(t-2)}{dt} = c_1X_1(t-2)X_3(t-2) + c_2X_2(t-2)X_3(t-2) + c_3X_3(t-2) \quad (7)$$

$$\frac{dX_3(t-1)}{dt} = c_1X_1(t-1)X_3(t-1) + c_2X_2(t-1)X_3(t-1) + c_3X_3(t-1) \quad (8)$$

$$\frac{dX_3(t)}{dt} = c_1 X_1(t) X_3(t) + c_2 X_2(t) X_3(t) + c_3 X_3(t) \quad (9)$$

У матричній формі цей запис буде мати такий вигляд:

$$\vec{D}_t = Q_t \vec{K}_t \quad (10)$$

де \vec{D}_t – вектор перших похідних, \vec{K}_t – вектор невідомих параметрів системи:

$$\vec{D}_t = \left[\frac{dx_1(t-2)}{dt} \frac{dx_1(t-1)}{dt} \frac{dx_1(t)}{dt} \frac{dx_2(t-2)}{dt} \frac{dx_2(t-1)}{dt} \frac{dx_2(t)}{dt} \frac{dx_3(t-2)}{dt} \frac{dx_3(t-1)}{dt} \frac{dx_3(t)}{dt} \right]^r \quad (11)$$

$$\vec{K}_t = [a_1 \ a_2 \ a_3 \ b_1 \ b_2 \ b_3 \ c_1 \ c_2 \ c_3]^r, \quad Q_t = \begin{bmatrix} A & 0 & 0 \\ 0 & B & 0 \\ 0 & 0 & C \end{bmatrix} \quad (12)$$

$$A = \begin{bmatrix} X_1(t-2) & X_1(t-2)X_2(t-2) & X_1(t-2)X_3(t-2) \\ X_1(t-1) & X_1(t-1)X_2(t-1) & X_1(t-1)X_3(t-1) \\ X_1(t) & X_1(t)X_2(t) & X_1(t)X_3(t) \end{bmatrix} \quad (13)$$

$$B = \begin{bmatrix} X_1(t-2)X_2(t-2) & X_2(t-2) & X_2(t-2)X_3(t-2) \\ X_1(t-1)X_2(t-1) & X_2(t-1) & X_2(t-1)X_3(t-1) \\ X_1(t)X_2(t) & X_2(t) & X_2(t)X_3(t) \end{bmatrix} \quad (14)$$

$$C = \begin{bmatrix} X_1(t-2)X_3(t-2) & X_2(t-2)X_3(t-2) & X_3(t-2) \\ X_1(t-1)X_3(t-1) & X_2(t-1)X_3(t-1) & X_3(t-1) \\ X_1(t)X_3(t) & X_2(t)X_3(t) & X_3(t) \end{bmatrix} \quad (15)$$

Вектор перших похідних може бути знайдений різними способами. Якщо тимчасові ряди мають довжину поблизу мінімальної (три значення рівня ряду), похідні обчислюються методом кінцевих різниць. Якщо ж довжина часового ряду складає більше десяти значень, найбільш доцільно використовувати сплайни [6, 9].

Вектор невідомих параметрів системи знайдемо за формулою:

$$\vec{D}_t = Q_t^{-1} \vec{K}_t \quad (16)$$

Де Q_t^{-1} – зворотня матриця до матриці Q_t .

Знайдені параметри системи я $a_1, a_2, a_3, b_1, b_2, b_3, c_1, c_2, c_3$ підставляємо в опис динаміки ринку ф'ючерсних контрактів (П1) і вважаємо їх постійними на етапі прогнозування. Далі, вирішуючи завдання для системи звичайних диференціальних рівнянь з початковими умовами в точці t (останні відомі значення рівнів рядів), знаходимо \vec{X}_p – вектор прогностичних значень в точці $t+1$. Відповідно: $X_1(t+1)$ – прогностичне значення ціни контракту, $X_2(t+1)$ – прогностичне значення обсягу торгів, $X_3(t+1)$ – прогностичне значення «відкритого інтересу».

В результаті отримуємо точковий прогноз на один крок вперед. Під кроком прогнозування розуміється торгова сесія, яка може становити – один день, один тиждень, один місяць та ін.

Інтегруючи з заданими початковими умовами і знайденими параметрами модель (П1) на більший інтервал часу, можна отримати більш довгостроковий прогноз. Але необхідно зазначити, що якість такого прогнозу з часом погіршується, що пояснюється чутливістю хаотичних систем до завдання початкових умов і параметрів системи. Максимальне число кроків, які забезпечують прогноз із заданим рівнем якості за даною схемою, дорівнює приблизно трьом-п'яти значень.

Особливість хаотичних систем (до яких можна віднести динаміку ф'ючерсних ринків) складається в їх гіперчутливості до точності завдання параметрів і початкових умов [9]. Тому короткострокове прогнозування економічних показників найбільш якісно здійснюється за допомогою безперервно підлаштованих моделей, які дозволяють враховувати тимчасову цінність інформації.

Загальна схема побудови адаптивних моделей може бути представлена таким чином. З кількох перших рівнів ряду оцінюються значення параметрів моделі. За наявною моделлю будується прогноз на один крок вперед, причому його відхилення від фактичних рівнів ряду розцінюється як помилка прогнозування, яка враховується відповідно до прийнятої схеми коригування моделі. Далі по моделі зі скоригованими параметрами розраховується прогнозна оцінка на наступний момент часу і т. д.

Таким чином, модель постійно отримує нову інформацію і до кінця періоду випробування відображає тенденцію розвитку процесу, що існує в даний момент.

Розглянемо дві схеми адаптації. Перша схема адаптації будується для параметрів опису динаміки ринку ф'ючерсних контрактів (П1) за таким алгоритмом:

1. Розглядаємо тимчасові ряди довжиною N значень: $X_1(t)$ – ціна контракту, $X_2(t)$ – обсяг торгів, $X_3(t)$ – «відкритий інтерес». За розробленою схемою знаходимо $\vec{K}t$ – вектор параметрів моделі. Здійснюючи на кожному кроці перенесення відліку часу на одні інтервал вперед, знаходимо сукупність векторів $\vec{K}t+j$.

Таким чином, отримуючи дев'ять часових рядів – параметрів опису (П1): про, $a_{1t}, a_{2t}, a_{3t}, b_{1t}, b_{2t}, b_{3t}, c_{1t}, c_{2t}, c_{3t}$ де $j = 1, 2, \dots, n$.

2. Використовуючи оператор згладжування, з початкових часових рядів а] $a_{1t}, a_{2t}, a_{3t}, b_{1t}, b_{2t}, b_{3t}, c_{1t}, c_{2t}, c_{3t}$ де $j = 1, 2, \dots, n$, отримуємо згладжені ряди

$$S_t^{(N)} = \alpha S_t^{(N)}(y) + (1-\alpha) S_{t-1}^{(N)}(y) \quad (17)$$

де $0 < \alpha < 1$ – константа згладжування.

3. Для кожного з дев'яти знайдених часових рядів оцінюємо коефіцієнти прогнозування полінома A_0 і A_1 за допомогою методу найменших квадратів.

$$Y_p(t) = A_0 + A_1 t \quad (18)$$

4. Використовуючи знайдені коефіцієнти A_0 і A_1 , знаходимо прогноз параметрів опису (П1) на один крок вперед ($k = 1$).

$$Y_p(t, k) = A_0(t) + A_1(t)k \quad (19)$$

5. Розрахункове значення $Y_p(t, k)$ порівнюємо з фактичним $Y(t)$ і обчислюємо величину їх розбіжності (помилку). При $k = 1$ маємо:

$$\varepsilon(t+1) = Y(t+1) - Y_p(t+1) \quad (20)$$

6. Підставляючи знайдені параметри в опис (П1) і задаючи початкові умови, значення $X_1(t), X_2(t), X_3(t)$ в точці: $t=n+1$, моделюючи систему (П1) на один крок вперед; $\varepsilon(t)$ – помилка прогнозування параметрів опису динаміки ринку ф'ючерсних контрактів (П1), обчислена в момент часу $(t-1)$ на один крок вперед.

7. За допомогою прогностичного полінома зі скоригованими коефіцієнтами A_0 знаходимо прогноз кожного з дев'яти параметрів опису (П1): Якщо $t < n$, то повертаємося до п. 5, якщо $t = n$, то побудовану модель можна використовувати для прогнозування параметрів опису (П1) на майбутнє.

8. Використовуючи отриманий прогнозований поліном параметрів опису динаміки ринку ф'ючерсних контрактів (П1), знаходимо $a_1, a_2, a_3, b_1, b_2, b_3, c_1, c_2, c_3$ в точці $t=n+1$. Підставляючи знайдені параметри в опис (П1) і задаючи початкові умови, значення $X_1(t), X_2(t), X_3(t)$ в точці: $t=n+1$, інтригуючи систему (П1) на один крок вперед. Для отримання подальшого прогнозу початкові умови в описі (П1) переносяться на один інтервал часу вперед на кожному кроці прогнозування, а параметри моделі перебувають з використанням прогностичного полінома підстановкою в нього величини до відповідного періоду попередження.

Описана схема досить успішно відтворює еволюційну зміну досліджуваної динаміки. Але, як правило, умови, які формують ціну контракту на ринку, змінюються дуже швидко. Тому при побудові короткострокового прогнозу найбільш інформативними потрібно вважати саме останні значення часового ряду, що безпосередньо передують факту прогнозування [8]. Дані значення доцільно використовувати не тільки в якості

початкових умов, але і відобразити тимчасову цінність інформації при розрахунку параметрів опису динаміки ринку ф'ючерсних контрактів (П1).

Алгоритм другої схеми адаптації опису динаміки ринку ф'ючерсних контрактів (П1) буде виглядати наступним чином:

1. Як було описано вище, знаходимо \vec{K}_t – вектор параметрів моделі.

2. За описом (П1) будемо прогнозувати на один крок вперед, задаючи початкові умови в точці t – останні відомі значення часових рядів: $X_1(t)$ – ціна контракту, $X_2(t)$ – обсяг торгів, $X_3(t)$ – «відкритий інтерес».

3. Проводимо перерахунок параметрів \vec{K}_{t+1} з урахуванням останніх отриманих реальних значень часових рядів. Для цього розглядаємо опис динаміки ринку ф'ючерсних контрактів (П1) в наступні фіксовані моменти часу $t-1$, t , $t+1$, де $(t+1)$ – останнє отримане значення при роботі в режимі реального часу, тобто здійснюємо перенесення відліку: часу на один інтервал вперед:

$$Q_t = \begin{bmatrix} A & 0 & 0 \\ 0 & B & 0 \\ 0 & 0 & C \end{bmatrix} \quad (21)$$

$$A = \begin{bmatrix} X_1(t-1) & X_1(t-1)X_2(t-1) & X_1(t-1)X_3(t-1) \\ X_1(t) & X_1(t)X_2(t) & X_1(t)X_3(t) \\ X_1(t+1) & X_1(t+1)X_2(t+1) & X_1(t+1)X_3(t+1) \end{bmatrix} \quad (22)$$

$$B = \begin{bmatrix} X_1(t-1)X_2(t-1) & X_2(t-1) & X_2(t-1)X_3(t-1) \\ X_1(t)X_2(t) & X_2(t) & X_2(t)X_3(t) \\ X_1(t+1)X_2(t+1) & X_2(t+1) & X_2(t+1)X_3(t+1) \end{bmatrix} \quad (23)$$

$$C = \begin{bmatrix} X_1(t-1)X_3(t-1) & X_2(t-1)X_3(t-1) & X_3(t-1) \\ X_1(t)X_3(t) & X_2(t)X_3(t) & X_3(t) \\ X_1(t+1)X_3(t+1) & X_2(t+1)X_3(t+1) & X_3(t+1) \end{bmatrix} \quad (24)$$

Підставляємо знайдені параметри $a_1, a_2, a_3, b_1, b_2, b_3, c_1, c_2, c_3$ в систему (П1). Вирішуючи задачу Коші для системи звичайних диференціальних рівнянь при початкових умовах в точці $t+1$, знаходимо вектор прогностичних значень в точці $t+2$.

Результати прогнозування за другою схемою представлені на рис. 1. і 2. Таким чином, згідно з другою схемою, на кожному кроці здійснюється оновлення параметрів моделі $a_1, a_2, a_3, b_1, b_2, b_3, c_1, c_2, c_3$ і початкових умов з урахуванням розвитку подій, що дозволяє застосовувати опис динаміки ринку ф'ючерсних контрактів в реальному часі і відсувати горизонт прогнозування. Аналізуючи отримані результати, необхідно відзначити, що дана схема адаптації успішніше вловлює флуктуації економічних показників, ніж перша схема адаптації [3].

Для побудови інтервального прогнозу необхідно, в першу чергу, проаналізувати помилки прогнозу, яка представляється послідовністю $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n$. При цьому, ε_1 повинні бути випадковими величинами і відповідати нормальним законам розподілу.

Аналізуючи тимчасовий ряд ε_1 , доводимо випадковість коливань рівнів ε_1 , використовуючи критерій піків. Для цього підраховуємо число випадків, коли $\varepsilon_1 > \varepsilon_1$; при $i < j$ так зване число поворотних точок (або піків) P . Критерієм випадковості ряду ε_1 з 5% рівнем значущості є виконання наступної нерівності [6, 9]:

$$P > \left[\frac{2}{3}(n-2) - 1.96 \sqrt{\frac{16n-29}{90}} \right] \quad (25)$$

Гіпотеза про випадковості рівнів ряду ε_1 прийнята при 5% рівня значимості. Далі припускаємо, що ε_1 має нормальний розподіл і розглядаємо питання про узгодженість статистичного і теоретичного розподілів, використовуючи критерій «Хі-квадрат» [26-28]. Гіпотеза про нормальність розподілу ряду ε_1 приймається при значенні $\alpha = 0,05$.

Інтервальный прогноз будується за наступною схемою:

$$U_p = X_p \pm \sqrt{S_p^2 t_\alpha} \quad (26)$$

де t_α – квантиль Стьюдента, що визначається з довідкових таблиць [26-28]; X_p передбачене значення; S_p^2 – вибіркова дисперсія помилок прогнозу, яка визначається за часовим рядом ϵ_1 .

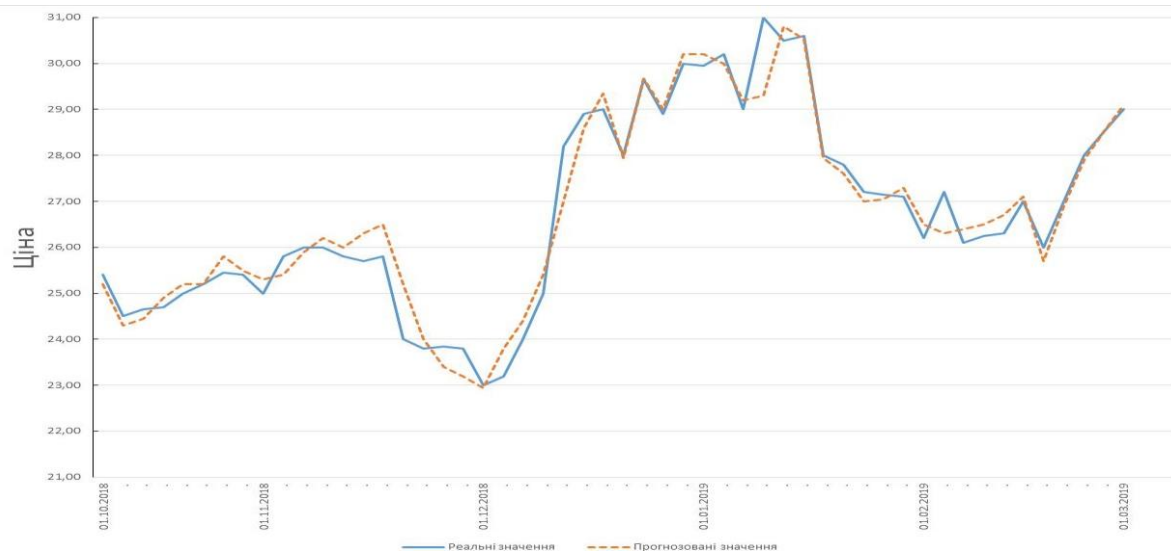


Рис. 1. Прогнозування динаміки ціни контракту (пшениця).

Джерело: складено за [1]

1. Визначаємо координати п'яти точок рівноваги.

$$O_1 = [0, 0, 0], O_2 = \left[0, -\frac{c_3}{c_2}, -\frac{b_2}{b_3}\right], O_3 = \left[-\frac{c_3}{c_1}, 0, -\frac{a_1}{a_3}\right], O_4 = \left[-\frac{b_2}{b_1}, -\frac{a_1}{a_3}, 0\right], \quad (27)$$

$$O_5 = \left[\frac{-a_2 b_3 c_3 - a_3 b_2 c_2 + a_1 b_3 c_2}{a_2 b_3 c_1 + a_3 b_1 c_2}, \frac{-a_3 b_1 c_3 + a_3 b_3 c_1 - a_1 b_3 c_1}{a_2 b_3 c_1 + a_3 b_1 c_2}, \frac{-a_1 b_1 c_1 + a_2 b_1 c_3 - a_2 b_2}{a_2 b_3 c_1 + a_3 b_1 c_2}\right] \quad (28)$$

2. Проводимо аналіз поведінки особливих точок. Він показав, що серед п'яти точок рівноваги особливо виділяється одна – O_5 . Її координати, як правило, лежать найближче до реальних змін ціни контракту, обсягу торгів і «відкритого інтересу».

3. Аналізуючи поведінку особливої точки O_5 (див. рис. 2.) помічаємо, що:

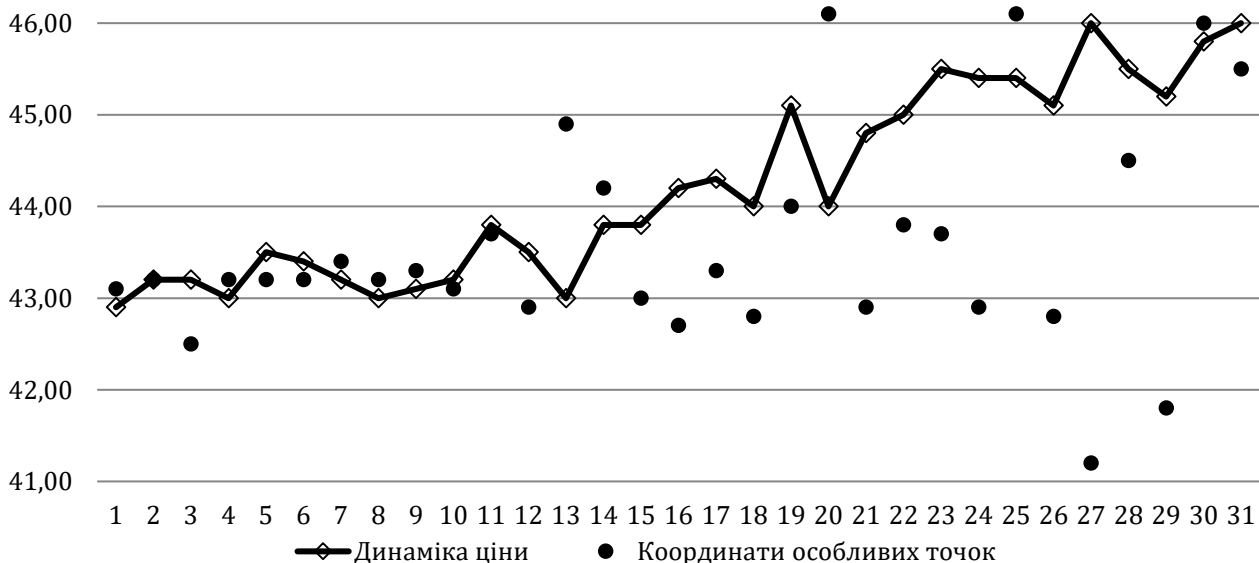


Рис. 2. Графік накладення рівноваги за період 1 місяць

Джерело даних: [побудовано автором]

при русі вздовж горизонтального тренду координати особливої точки O_5 лежать на одному рівні;

при переході на вхідний тренд координати особливої точки O_5 видаляються від цього рівня. Різниця між координатою і реальним значенням ціни, як правило, негативна;

при переході на спадну тенденцію координати особливої точки O_5 віддаляються від рівня горизонтального тренду. Різниця між координатою і реальним значенням ціни, як правило, є позитивною.

Таким чином, з аналізу поведінки координати особливої точки можна зробити висновок про зміну загальної тенденції розвитку досліджуваної динаміки.

Було проведено порівняння інших методів прогнозування економічних показників з пропонованим підходом. Для цієї роботи була обрана модель Брауна і стандартна нейромережа, реалізована в пакеті інженерних розрахунків MatLab спеціально для прогнозування динаміки активів [2].

Висновки та перспективи подальших розвідок

Дослідження методики прогнозування поведінки біржового ринку на основі аналізу стану ринку ф'ючерсних контрактів дають змогу висвітлити основну ідею запропонованої методики, що полягає в отриманні прогностичних значень поведінки ринку ф'ючерсних контрактів, за результатами яких з урахуванням взаємозв'язків сегментів біржового ринку робиться прогноз поведінки біржового ринку. Показано, що запропонована методика прогнозування поведінки біржового ринку на основі аналізу стану ринку ф'ючерсних контрактів на пшеницю постійно отримує нову інформацію і до кінця періоду випробування відображає тенденцію розвитку процесу, що існує в даний момент. Аналізуючи поведінку особливої точки, помічаємо, що при русі вздовж горизонтального тренду координати особливої точки лежать на одному рівні, при переході на вхідний тренд координати особливої точки віддаляються від цього рівня і різниця між координатою і реальним значенням ціни негативна, при переході на спадну тенденцію координати особливої точки віддаляються від рівня горизонтального тренду, і різниця між координатами і реальним значенням ціни є позитивною. Проведене порівняння інших методів прогнозування економічних показників з пропонованим підходом за допомогою моделі Брауна і авторегресії (АР-моделі), що реалізована в пакеті інженерних розрахунків MatLab дає змогу побачити неспроможність останніх при більш коливальному русі ціни контракту.

Тому при прогнозуванні динаміки ринків ф'ючерсних контрактів, яка, як правило, змінюється дуже стрімко, найбільш доцільно використовувати синергетичні методи прогнозування.

Список літератури

1. Акмаєв А. І., Пілецький В. Т. Біржова діяльність: навч. посіб. Донбаський держ. технічний ун-т. Алчевськ : ДонДТУ, 2007. 215 с.
2. Баканов М. И., Чернов В. А. Анализ коммерческого риска. *Бухгалтерский учет*. 2003, №10. С. 25–28.
3. Биржевое дело / Под ред. В.А. Галанова, А.И. Басова. М.: Финансы и статистика, 2001. 304 с.
4. Васильев А. Биржевая спекуляция. Теория и практика. С. Пб., 1912. 168 с.
5. Васильев Г. А., Каменева Н. Г. Товарные биржи. М.: Высш. школа, 1991.
6. Воскобийник Ю. П. Організація та ефективність біржової торгівлі сільськогосподарською продукцією в Україні : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. екон. наук.К., 2007. 20 с.
7. Гноєвий В. Г. Теоретичні засади формування ринку термінових контрактів на сільськогосподарську продукцію. *Регіональні перспективи*. 2002. № 1. С. 87–89.

-
8. Горовий В. П. Передумови розвитку біржової торгівлі сільськогосподарською продукцією в Україні. *Фондовий ринок*. 1999. № 11. С.42-48.
 9. Дем'яненко С. І., Нів'євський О. В. Кількісний аналіз та моделювання аграрних ринків: навч. посіб. К.: КНЕУ, 2008. 423 с.
 10. Мамчур В. А. Інституції державного регулювання ринку зерна в Україні. *Економіка АПК*. 2010. № 2. С. 55-60.

References

1. Akmayev, A. I. (2007) *Birzhova diyal'nist'*. [Exchange activity]. V.T. Piletsky; Donbass state. Technical University. Alchevsk: DonSTU.
2. Bakanov, M. I., Chernov, V. A. (2003). «Analysis of commercial risk». *Bukhhalterckyj uchet*. №10, pp. 25-28.
3. Exchange business / Galanova, V. A., Bass A.I. (ed.). (2001). *Finansy ta statystyka*. [Finance and Statistics].
4. Vasiliev, A. (1912). *Birzhevaya spekulyatsiya. Teoriya i praktika* [Exchange speculation. Theory and practice]. Piter. St. Petersburg. Russia.
5. Vasiliev, G. A., Kameneva, N. G. (1991). *Tovarnyye birzhi*. [Commodity exchanges]. Higher school. Moscow. Russia.
6. Voskobiynyk, Yu. P. (2007). *Organization and efficiency of exchange trade in agricultural products in Ukraine*. [Orhanizatsiia ta efektyvnist' birzhovoi torhivli sil's'kohospodars'koiu produktsiiei v Ukraini]. Abstract of Ph.D. Thesis.
7. Gnoevy, V. G. (2002). «Theoretical principles of market formation of futures contracts for agricultural products». *Regional prospects*. № 1, pp. 87–89.
8. Goroviy, V. P. (1999). «Prerequisites for the development of exchange trade in agricultural products in Ukraine». *Fondoviy rynok*. № 11, pp.42-48.
9. Demyanenko, S. I. (2008). *Kil'kisnyy analiz ta modelyuvannya ahrarnykh rynkiv* [Quantitative analysis and modeling of agricultural markets]. KNEU. Kyiv. Ukraine.
10. Mamchur, V. A. (2010). «Institutions of state regulation of the grain market in Ukraine». *Ekonomika APK*. № 2. pp. 55-60.

Стаття надійшла до редакції 10.07.2020 р.