

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ЕКОНОМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА ЕКОНОМІЧНОЇ КІБЕРНЕТИКИ**

**Кваліфікаційна робота**  
магістра

на тему Прогнозування цін на аграрну продукцію у портових терміналах  
України

Виконав студент II курсу, групи 8.0510-ек  
спеціальності 051 «Економіка»  
освітньої програми «Економічна кібернетика»  
Грицаненко Дмитро Геннадійович  
Керівник доц.каф.ек.кіб, к.е.н., Очеретін Д.В.  
Рецензент доц.каф.ек.кіб, к.е.н., Чеверда С.С.

Запоріжжя  
2021

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет економічний  
Кафедра економічної кібернетики  
Рівень вищої освіти магістерський  
Спеціальність 051 «Економіка»  
Освітня програма «Економічна кібернетика»  
(код та назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ року

**З А В Д А Н Н Я**  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ  
Грицаненко Дмитро Геннадійович

- 1 Тема роботи Прогнозування цін на аграрну продукцію у портових терміналах України  
керівник роботи Очеретін Дмитро Валерійович, к.е.н.  
затверджені наказом ЗНУ від «30» червня 2021 року №966-с
- 2 Строк подання студентом роботи 2 грудня 2021 року
- 3 Вихідні дані до роботи наукова література за темою роботи, офіційні статистичні дані
- 4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) проаналізувати особливості ціноутворення на аграрну продукцію у портових терміналах; проаналізувати методи моделювання динаміки цін на аграрну продукцію у портових терміналах в Україні; проаналізувати залежності цін на аграрну продукцію у портових терміналах України від світових цін на аграрну продукцію; побудувати економіко-математичної моделі для прогнозування цін на аграрну продукцію у портових терміналах України; побудувати прогноз ціни на різні види аграрної продукції у портових терміналах України.
- 5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) 29 рисунків, 22 таблиці, презентація

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 30 червня 2021 року

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Формування мети та завдань кваліфікаційної роботи	01.09-05.09.2021	виконано
2	Складання плану роботи	06.09-12.09.2021	виконано
3	Підготовка I розділу	13.09-26.09.2021	виконано
4	Підготовка II розділу	27.09-17.10.2021	виконано
5	Підготовка III розділу	18.10-16.11.2021	виконано
6	Оформлення висновків та роботи	17.11-24.11.2021	виконано
7	Підготовка до захисту і нормоконтролю	25.11-02.12.2021	виконано

Студент \_\_\_\_\_ Грицаненко Д.Г.  
(підпис) (ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту) \_\_\_\_\_ Очеретін Д.В.  
(підпис) (ініціали та прізвище)

### Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер \_\_\_\_\_ Макаренко О.І.  
(підпис) (ініціали та прізвище)

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра містить три розділи, 83 с., 29 рис., 22 табл., 2 додатки, 39 джерел.

Об'єктом дослідження є ряди динаміки цін на аграрну продукцію у портових терміналах.

Предмет дослідження – методи та моделі прогнозування цін на аграрну продукцію у портових терміналах України.

Метою дослідження є прогнозування цін на аграрну продукцію у портових терміналах України.

Методи дослідження – порівняльний, логічний, методи аналізу часових рядів, статистичні.

У роботі проведено аналіз особливостей ціноутворення на аграрну продукцію у портових терміналах; аналіз методів моделювання динаміки цін на аграрну продукцію у портових терміналах в Україні; аналіз залежності цін на аграрну продукцію у портових терміналах України від світових цін на аграрну продукцію; побудовано економіко-математичні моделі для прогнозування цін на аграрну продукцію у портових терміналах України; побудовано прогноз ціни на різні види аграрної продукції у портових терміналах України.

В роботі проаналізовано динаміку цін на зернові (ячмінь, пшениця, кукурудза) у портах України на основі умов поставки СРТ та FOB. Для побудови прогнозу використовувалися ARIMA-моделі.

**АГРАРНА ПРОДУКЦІЯ, ЦІНОУТВОРЕННЯ, ПОРТОВІ ТЕРМІНАЛИ,  
ПРОГНОЗУВАННЯ, УМОВИ ПОСТАВКИ**

## SUMMARY

Master's qualification work consists of three sections, 83 p., 29 figures, 22 tables, 2 annexes, 39 sources.

The object of the study is series of dynamics of prices for agricultural products in port terminals.

The purpose of the work is to propose prices for agricultural products in the port terminals of Ukraine.

Research methods are comparative, logical, methods of time series analysis, statistical.

The paper analyzes the specifics of pricing for agricultural products in port terminals. It was revealed that the prices for cereals, which are the subject of export and import, are set on international exchanges and are used for the further signing of a contract for the supply of agricultural products. An analysis of the Incoterms rules and their use in Ukraine revealed that most grain producers in the country calculate prices for their products taking into account the FOB basis. There is also an increase in sales of cereals on CPT terms. It is also rare to find such a sale condition as EXW (Free Elevator). In accordance with this condition of sale, the export consignment is collected from the elevator at own expense, and further manipulations with the goods are made by the buyer. Also, problems were identified with the transportation of agricultural products from manufacturers to ports. Based on the results of cross-correlation analysis between world prices for grain and prices in the port terminals of Ukraine, it was revealed that world prices have the greatest influence on the price of Ukrainian wheat. In the work, economic and mathematical models have been built for predicting prices for agricultural products in the port terminals of Ukraine, which are based on an autoregressive model and a moving average for barley, wheat and corn on CPT and FOB delivery terms.

AGRICULTURAL PRODUCTS, PRICING, PORT TERMINALS, FORECASTING, TERMS OF DELIVERY

## ЗМІСТ

### ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

#### РЕФЕРАТ

#### SUMMARY

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 ПОНЯТТЯ ТА ОСОБЛИВОСТІ ЦІНОУТВОРЕННЯ АГРАРНОЇ ПРОДУКЦІЇ У ПОРТОВИХ ТЕРМІНАЛАХ УКРАЇНИ.....	10
1.1 Основні поняття про умови поставки аграрної продукції до портів терміналів.....	10
1.2 Аналіз ціноутворення на аграрну продукцію у портів терміналах в Україні.....	17
1.3 Характеристика джерел даних про ціни на аграрну продукцію у портів терміналах України та світу.....	30
РОЗДІЛ 2 МЕТОДИ ПРОГНОЗУВАННЯ ЦІН НА АГРАРНУ ПРОДУКЦІЮ У ПОРТОВИХ ТЕРМІНАЛАХ УКРАЇНИ.....	33
2.1 Методи виявлення аномалій у часових рядах.....	33
2.2 Аналіз крос-кореляційного зв'язку часових рядів.....	41
2.3 Математичні методи прогнозування з урахуванням автокореляції часових рядів.....	43
РОЗДІЛ 3 ПРОГНОЗУВАННЯ ЦІН НА АГРАРНУ ПРОДУКЦІЮ У ПОРТОВИХ ТЕРМІНАЛАХ УКРАЇНИ.....	52
3.1 Перевірка часових рядів цін на аграрну продукцію у портів терміналах України на аномалії.....	52
3.2 Крос-кореляційний аналіз цін на аграрну продукцію у портів терміналах України та світових цін на зернові.....	58
3.3 Прогнозування цін на ячмінь у портів терміналах України.....	65
3.4 Прогнозування цін на пшеницю у портів терміналах України.....	72
3.5 Прогнозування цін на кукурудзу у портів терміналах України.....	77
ВИСНОВКИ.....	84

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	85
ДОДАТОК А Ціни на аграрну продукцію у портових терміналах України у 2017 – 2021рр.....	90
ДОДАТОК Б Світові ціни на аграрну продукцію у 2017 – 2021рр.....	97

## ВСТУП

За даними міністерства розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України з посиланням на дані міністерства сільського господарства США в 2019/2020 маркетинговому році Україна в рейтингу найбільших експортерів зернових посіла 2 місце за обсягом поставок ячменя, 4 – по кукурудзі, 5 – по пшениці [1]. Найбільші морські порти України (Одеса, Миколаїв, Чорноморськ, Южний) входять до ТОП-10 морських портів Чорного та Азовського морів, через які відбувається експорт продукції агропромислового комплексу. За даними міністерства аграрної політики та продовольства України у 2020р. було експортовано зернових на 9,42 млрд. долл. США [2]. Провідне місце України у експорті-імпорті аграрної продукції пояснюється тим, що через неї проходять шляхи, що поєднують Схід та Захід, має вихід до двох морів та межує з країнами Європейського Союзу. Портово-промислові комплекси державного значення відіграють важливу роль у логістичному секторі Причорноморського регіону України. Ефективність функціонування морських портів, рівень їх технологічного та технічного оснащення, відповідність міжнародним вимогам системи управління та розвитку інфраструктури впливає на конкурентоспроможність українського транспортного комплексу на світовому ринку.

Аналізу стану та особливостей міжнародної співпраці регіонів України, у яких розташовані морські порти, з іншими країнами світу питанням розвитку регіональної політики присвячено наукові праці вітчизняних учених: Іртищевої І.О. [3], Каліновського Р.О. [4], Сторожилової У.Л. [5], Чирви О.Г. [6], Манаєнко І.М. [7] та інших.

У роботі [8] вирішується завдання вибору маршруту доставки (морський шлях) від елеваторів в Україні до споживачів у Індонезії та Китаї. При вирішенні цієї транспортної задачі морські порти Одеси, Миколаєва та Южного розглядаються як проміжний пункт перевалки, до якого зернові перевозяться автомобільним, залізничним та річковим транспортом. Однак



питанням ціноутворення у портових терміналах присвячено недостатню кількість наукових праць, що зумовило необхідність даної роботи.

Об'єктом дослідження є ряди динаміки цін на аграрну продукцію у портових терміналах.

Предмет дослідження – методи та моделі прогнозування цін на аграрну продукцію у портових терміналах України.

Метою дослідження є прогнозування цін на аграрну продукцію у портових терміналах України.

Завданнями роботи є:

– аналіз особливостей ціноутворення на аграрну продукцію у портових терміналах;

– аналіз методів моделювання динаміки цін на аграрну продукцію у портових терміналах в Україні;

– аналіз залежності цін на аграрну продукцію у портових терміналах України від світових цін на аграрну продукцію;

– побудова економіко-математичної моделі для прогнозування цін на аграрну продукцію у портових терміналах України;

– побудова прогнозу ціни на різні види аграрної продукції у портових терміналах України.

Наукова і практична новизна кваліфікаційної роботи полягає у вдосконаленні методики прогнозування та аналізу динаміки часових рядів на базі ARIMA-моделей ціноутворення на аграрну продукцію у портових терміналах України.

Основні результати дослідження було представлено на XVI Міжнародній науково-практичній конференції «Виклики та перспективи розвитку нової економіки на світовому, державному та регіональному рівнях», 25-26 листопада 2021 р. (м. Запоріжжя).

## РОЗДІЛ 1

### ПОНЯТТЯ ТА ОСОБЛИВОСТІ ЦІНОУТВОРЕННЯ АГРАРНОЇ ПРОДУКЦІЇ У ПОРТОВИХ ТЕРМІНАЛАХ УКРАЇНИ

1.1 Основні поняття про умови поставки аграрної продукції до портових терміналів

Відповідно до Правил надання послуг у морських портах України [9] портовим оператором (стивідорною компанією) є суб'єкт господарювання, що здійснює експлуатацію морського терміналу, проводить вантажні операції, обслуговування та зберігання вантажів, обслуговування суден і пасажирів, а також інші пов'язані з цим види господарської діяльності. На сьогодні до портової системи України входять 18 морських портів. На континентальній території України знаходяться 13 портів, а 5 портів – на тимчасово окупованій території Автономної Республіки Крим. За даними міністерства інфраструктури України загальна потужність континентальних портів та терміналів становить 313,3 млн. тон [10].

Діяльність портових операторів або операторів терміналів у кожному морському порту також регулюється Законом України «Про транспортно-експедиторську діяльність» [11], де під транспортно-експедиторською діяльністю розуміють підприємницьку діяльність із надання транспортно-експедиторських послуг з організації та забезпечення перевезень експортних, імпорتنих, транзитних та інших вантажів.

Укладання щорічних договорів перевалки з портовими операторами (власниками зернових терміналів) дозволяє забезпечити аграрному сектору експорт чи продаж сільськогосподарської продукції кінцевим покупцям або покупцям-посередникам. Договори поставки укладаються зазвичай у липні на новий сезон та щодо нового врожаю. Вони є комплексними, оскільки врегульовують всі етапи проходження товару: від розвантаження до завантаження на судно. Етапи договорів перевалки представлено на рис.1.1.



Рисунок 1.1 – Етапи договорів перевалки

*Джерело: побудовано автором на основі [12]*

У договорах перевалки найбільш деталізованим є етап планування та координації, оскільки портові термінали зацікавлені у безперервному русі продукції. Тому, на вантажовласників (клієнтів) покладаються обов'язки щодо інформування про річні та місячні плани про бронювання необхідної ємності та потужності терміналу. У договорах докладно регламентуються графіки та порядок постановки морських суден під навантаження.

Правила навантажувально-розвантажувальних робіт докладно регламентовано Правилами надання послуг у морських портах України [9] та зводом звичаїв відповідного порту.

На етапі технологічного накопичення та складського зберігання узгоджуються строки безоплатного зберігання (зазвичай це 30 днів) та встановлення тарифів за понаднормове зберігання. Оскільки згідно із

Законом України «Про зерно та ринок зерна в Україні» [13] портові термінали вважаються зерновими складами, то необхідно належно документувати облік продукції, яка перебуває у володінні портових терміналів. Такими документами є складські квитанції (свідоцтва) та сертифікати експедитора про отримання вантажу (Forwarder's Certificate of Receipt (FCR)).

Крім договору купівлі-продажу міжнародна торгова угода вимагає ряд додаткових договорів: перевезення, страхування, експедирування тощо. Для випадків, коли сторони знаходяться у різних правових системах, був прийнятий документ, який регулює значимі положення договору купівлі-продажу товарів. Це Міжнародні правила інтерпретації комерційних термінів (Інкотермс), головною метою яких є уніфікація міжнародних правил з тлумачення найбільш широко використовуваних термінів в області зовнішньої торгівлі [14]. Ці правила використовуються для регулювання таких положень, як: розподіл обов'язків продавця і покупця по доставці товару, встановлення моменту переходу на покупця ризиків випадків випадкової гибелі чи пошкодження товару. Розподіл витрат та інше. Дані умови створюють базис ціни в залежності від того, включаються витрати по доставці або інші в ціну товару чи ні, та об'єднуються спільним поняттям «базисні умови поставки».

Правила Інкотермс були вперше опубліковані Міжнародною торговою палатою у 1936 році, а поправки та доповнення були зроблені в 1953, 1967, 1976, 1980, 1990, 2000, 2010 та 2020р. Міжнародна торгова палата регламентує застосування Інкотермс шляхом прямого відсилання на конкретний базис поставки в договорі купівлі-продажу. Кожен базовий термін повинен бути максимально прив'язаний до конкретного географічного пункту чи порту. Також на тлумачення договору сторін можуть впливати звичаї портів чи будь-яких інших пунктів. Характерною особливістю Інкотермс є те, що правила використовують загальноприйнятний юридико-технічний прийом формулювання тільки

обов'язків продавця і покупця, а не їхніх прав, оскільки конкретний обов'язок однієї сторони дзеркально кореспондує права іншої сторони.

. Відповідно Інкотермс 2020 використовуються 11 правил, які поділені на два окремих класи. Перший клас включає сім правил, які можуть застосовуватись незалежно від обраного виду транспорту і його кількості, а другий клас – чотири правила для морського та внутрішнього водного транспорту (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Правила Інкотермс 2020

Правила Інкотермс 2020										
Клас 1					Клас 2					
Група E	Група F	Група C		Група D			Група F		Група C	
EXW	FCA	CPT	CIP	DAP	DPU	DDP	FAS	FOB	CFR	CIF

*Джерело: побудовано автором на основі [15]*

Терміни, що входять до складу правил Інкотермс, позначені аббревіатурами з трьох літер, де перша літера вказує на момент та місце переходу зобов'язань від продавця до покупця [16]:

– E – зобов'язання переходять до отримувача у момент відправки та у місці відправки вантажу;

– F – точка переходу зобов'язань – термінал відправки вантажу, але тільки в тому випадку, якщо основна частина поставки не оплачена;

– C – оплата основної частини перевезення здійснюється у повному обсязі, а зобов'язання переходять у той момент, коли вантаж надійде до терміналу прибуття;

– D – зобов'язання переходять у той момент, коли покупець приймає товар («повноцінна доставка»).

До термінів групи E (Відвантаження) відноситься термін EXW (Ex Works – «Франко-завод»). Цей термін зобов'язує продавців здійснювати поставку у той момент, коли вони надають товар у розпорядження покупців у

своїх приміщеннях (склад, підприємство, інше узгоджене місце). Продавці не зобов'язані здійснювати завантаження та виконувати інші формальності, пов'язані з вивезенням товару.

До термінів групи F відносяться: у першому класі – FCA, у другому класі – FAS та FOB. Термін FCA (Free Carrier – «Франко-перевізник») розшифровується як передача товарів продавцями перевізникам або іншим особам, яких обрали покупці. Ця передача відбувається у приміщеннях продавців або у інших обговорених місцях. При цьому виді договорів сторони мають чітко узгодити місце поставки, оскільки у цих пунктах усі ризики переходять на покупців. Термін FAS (Free Alongside Ship – «Франко вздовж борту судна») означає, що продавці будуть вважатися такими, що виконали свої зобов'язання щодо поставки, коли розташують товар вздовж борту судна (на баржі або причалі) номінованого покупцями у узгодженому порту. В цей момент відбувається перенесення ризиків з продавців до покупців. Термін FOB (Free On Board – «Франко-борт») встановлює зобов'язання продавців щодо поставки товару на борт номінованого покупцями судна у раніше обговореному порту або забезпечує представлення товару таким чином. Коли товар знаходиться на борту судна ризики за пошкодження або втрату товару переходять з продавців до покупців. З цього моменту витрати за товар несуть покупці.

До термінів групи C відносяться: у першому класі CPT та CIP, а у другому класі – CFT та CIF. Термін CPT (Carriage Paid To – «Перевезення оплачено до») означає, що відбувається передача вантажу продавцем перевізнику або іншій особі, яку номінував покупець, у оговореному сторонами місці. При цьому продавець повинен оформити договір перевезення та взяти на себе відповідальність за витрати, пов'язані з доставкою товару до узгодженого місця. Термін CIP (Carriage and Insurance Paid To – «Перевезення та страхування оплачено до») зобов'язує продавців передавати товари або іншим особам, яких номінували покупці, у оговореному сторонами місці. Крім цього, постачальники мають заключити

договір перевезення та взяти на себе всі витрати, які знадобляться для доставки вантажу до місця призначення. Також продавці оформлюють договір страхування, який покриває всі ризики пов'язані з втратою або пошкодженням вантажу під час транспортування. Термін CFR (Cost and Freight – «Вартість і фрахт») означає, що продавці зобов'язуються доставити товар на борт судна або надати товар таким чином. Коли товар буде на судні, то відбувається перехід ризиків за пошкодження або втрату товару. Фрахт та витрати, пов'язані з доставкою товару до оговореного порту, оплачують продавці, які заключили договір заздалегідь. Термін CIF (Cost, Insurance and Freight – «Вартість, страхування і фрахт») означає, що продавці зобов'язуються здійснити поставку товару на борт судна або надати товар, який поставлено таким способом. Коли товар буде на судні, відбувається перехід ризиків пошкодження або втрати товару. Фрахт та витрати, необхідні для транспортування товару до порту призначення, оплачують продавці, які заключили договір. Також вони оформлюють договір страхування, який буде покривати можливі ризики за пошкодження товару під час транспортування.

До термінів групи D відносяться терміни першого класу DAP, DPU та DDP. Термін DAP (Delivered At Place – «Поставка в місці») означає, що продавці повинні здійснювати поставку тоді, коли товар на транспортному засобі доставили до покупців у заздалегідь оговорене сторонами місце. Ризики, що пов'язані з транспортуванням вантажу, лежать на продавцях. Термін DPU (Delivered At Place Unloaded – «Поставка в місці з розвантаженням») означає, що продавець виконує свої зобов'язання за зовнішньоторговому контракту, коли передає у розпорядження покупця продукцію, вивантажену у оговореному місці та яка має експортне митне оформлення. При цьому транспортування до пункту призначення, можливі витрати, пов'язані з транзитом по території іноземної держави та оплатою митних складів у випадку затримок оформлення, оплачуються продавцем, а імпорتنе митне оформлення залишається обов'язком покупця. Термін DDP (Delivered Duty Paid – «Поставка з оплатою мита») означає, що поставка

очищеного від митних зборів, необхідних для імпорту, вантажу здійснюється продавцями, коли вантаж знаходиться у розпорядженні покупця. За ризики та витрати, пов'язані з транспортуванням товару до місця призначення несуть відповідальність продавці. Також вони виконують формальності на митниці, які виникають під час вивезення та ввезення товару, та сплачують необхідні збори.

Остання редакція Інкотермс 2020р. вступила в силу 1 січня 2020р. [16]. Слід зазначити, що правила Інкотермс регулюють тільки деякі обов'язки сторін договору з поставки або передачі товару відповідно договорів купівлі-продажу, а також розподіл ризику між сторонами договору у цих випадках, а не перехід права власності на товар або право розпорядження товаром. Також вони пов'язані з обов'язком очистити товар для експорту та імпорту, упакування товару, обов'язком покупця прийняти поставку та надати підтвердження того, що відповідні зобов'язання були виконані належним чином.

Також Міжнародна торгова палата зазначає, що при укладанні договору можуть використовуватися умови поставки, які відмінні від умов поставки за Інкотермс. В Україні, незважаючи на це, у відповідному розділі зовнішньоекономічного договору до 6 липня 2020р. зазначався вид транспорту та базисні умови поставки за Інкотермс на основі п.1.5. наказу Міністерства економіки та з питань європейської інтеграції України № 201 від 06.09.2001р.[17]. Ці норми не відповідали міжнародній практиці, за якою суб'єкти підприємницької діяльності могли використовувати під час укладання договорів купівлі-продажу правила Інкотермс різних редакцій.

Метою Інкотермс є забезпечення єдиного набору міжнародних правил для тлумачення найбільш уживаних торговельних термінів у зовнішній торгівлі. Таким чином можна уникнути або, щонайменше, значною мірою скоротити невизначеності, пов'язані з неоднаковою інтерпретацією таких термінів у різних країнах.



## 1.2 Аналіз ціноутворення на аграрну продукцію у портових терміналах України

Специфічними рисами групи цін, що обслуговують зовнішньоекономічний оборот, є такі [18]:

а) ціни експорту та імпорту відбивають зовнішньоекономічні зв'язки держави з іншими країнами;

б) ціни перебувають у залежності від цін світових ринків, що відбивають умови виробництва та реалізації світового господарства.

Базою для здійснення зовнішньоторговельних операцій виступають ціни основних світових товарних ринків. Світова ціна формується під впливом попиту та пропозиції того чи іншого товару на світовому ринку, коливань валютних курсів тощо. Вона є грошовим вираженням світової інтернаціональної вартості товару. Значний вплив на світові ціни здійснює держава, що проводить регулювання зовнішньоекономічної діяльності через ліцензування, квотування, субсидування експорту й імпорту. Також значний вплив на світові ціни чинить інфляція.

На експортовані товари всередині країни встановлюються спеціальні ціни та надбавки до них. На імпортовані товари ціни встановлюються на основі імпоротної (контрактної) вартості з включенням витрат на закупівлю й поставку товарів до границі у валюті країни експортера. Далі імпортна вартість перераховується в національну валюту за офіційним курсом Національного банку України. До неї додаються податок на імпорт, мито, акцизи, ПДВ та інші платежі. Роздрібні ціни на імпортні споживчі товари встановлюються всередині країни, як правило, вільними, виходячи зі співвідношення попиту та пропозиції.

Основними видами світових цін залежно від особливостей ринків різних товарів та джерел інформації про них є [18]:

- ціни міжнародних бірж;
- довідкові ціни;

- ціни преїскурантів, каталогів, проспектів;
- ціни пропозицій;
- ціни міжнародних товарних аукціонів;
- ціни міжнародних торгів.

Ціни міжнародних бірж (міжнародні біржові котирування) – це ціни постійно діючого оптового ринку масових, однорідних товарів. Біржові ціни розраховуються і публікуються котирувальною комісією біржі в біржових бюлетенях, інформаційними агентствами, а також у масових періодичних виданнях. Біржові ціни поширюються головним чином на сировинні товари. Біржові котирування за основними видами сировини та палива формуються на умовах цінової групи F (зазвичай FOB). Дана категорія товарів має найбільш широку сферу застосування, реалізується у великих обсягах, тому продавець поставляє товар лише до базисних пунктів і основна транспортна складова в структуру ціни не входить. У мірі звуження сфери використання товару спостерігається перехід від цінової групи F до груп C та D, де продавець приймає на себе більший перелік витрат.

Довідкові ціни – це ціни на товари, реалізовані каналами внутрішньої оптової та міжнародної торгівлі. Ці ціни розраховуються й публікуються об'єднаннями виробників у періодичній пресі, а також інформаційними агентствами та брокерськими фірмами. Довідкові ціни є цінами продавців, а не фактичних угод. У довідковій ціні завжди передбачається «запас» на второвування, що ускладнює використання довідкових цін в інформаційних цілях. Ці ціни поширюються на сировину, матеріали, паливо, хімічну продукцію, прокат металів. Розрізняють довідкові ціни експортерів (зазвичай FOB) та імпортерів (CIF, CIP). Довідкові ціни є оптовими цінами.

Ціни преїскурантів, каталогів, проспектів розробляються виробниками на базисні види товарів масового виробництва. Преїскурантні ціни публікуються в галузевих виданнях. Зазвичай ці ціни не мають спеціальної експортної спрямованості, однак на ряд товарів існують спеціальні експортні преїскуранти. Дана група цін є ціною продавців. У цьому вони подібні до

довідкових цін, але на відміну від них преїскурантні ціни бувають і оптовими і роздрібними. Велика кількість позицій переліку преїскурантних товарів призводить до того, що цінові показники публікуються з високим ступенем агрегування й усереднення.

Ціни пропозиції розробляються на продукцію дрібносерійного та індивідуального виробництва і повідомляються виробниками. З урахуванням особливого характеру продукції ціни можуть публікуватися в рекламних проспектах, бюлетенях, галузевих періодичних виданнях, але можуть і взагалі не публікуватися, а надсилатися за прямими каналами замовнику. Ціни пропозиції – це ціни продавців. На відміну від преїскурантних цін вони характеризуються меншою агрегованістю, усередненістю, адресністю, що пояснюється нестандартністю продукції.

Ціни міжнародних товарних аукціонів – це ціни, що діють на спеціально організованих на певний строк у заздалегідь обумовлених місцях ринках публічного продажу. Ці ціни поширюються в основному на нестандартну продукцію, що вимагає попереднього огляду і демонстрації (продукція сільського господарства, рибальства, мисливства, дорогоцінне каміння, предмети мистецтва). Ціни аукціонів відрізняються від біржових цін тим, що встановлюються тільки на наявний товар. Стартова ціна визначається вартістю реалізованого товару, частотою проведення аукціону, а також підприємницькими здібностями продавця. Рівень ціни фактичної реалізації залежить від кон'юнктури ринку і професійних здібностей аукціонника.

Ціни міжнародних торгів – це ціни спеціалізованої форми міжнародної торгівлі, заснованої на видачі замовлень на постачання товарів чи розміщення підрядів на проведення певних робіт. Даний вид цін часто є об'єктом втручання держави. Цінова інформація аукціонів і торгів переважно нерегулярна і закрита. Найбільш об'єктивно відбивають кон'юнктуру ринку ціни фактичних угод під час укладання прямих міжнародних контрактів.

Якщо немає інформації про абсолютні рівні цін, необхідні цінові рівні визначають розрахунковим шляхом. Для цього використовують середні, питомі показники матеріаломісткості, трудомісткості, фондомісткості, рентабельності у галузях. Дані показники публікуються в міжнародних статистичних збірниках.

Україна є одним з найбільших виробників і експортерів зернових у світі. Ціни на зернові та олійні культури формуються на світових біржах. Драйверами цін на аграрну продукцію є Чиказька біржа (Chicago Mercantile Exchange, CME) та Французька біржа (MAFIT) [19]. Чиказька біржа є найбільшою за кількістю гравців та ліквідністю. Вона не має прив'язки товар-гроші, а є біржею фінансових інструментів. На Чиказькій біржі формуються ціни, на які орієнтуються всі країни-експортери та міжнародні компанії-трейдери. На цій фондовій біржі формуються ціни на пшеницю, кукурудзу та сою.

Французька біржа, на відміну від Чиказької, має певну прив'язку до товару, оскільки обсяги торгів на біржі прив'язані до обсягів перевалки зерна через порти Франції та не можуть їх перевищувати. На цій біржі дивляться ціни на ріпак та пшеницю.

Базисом при встановленні ціни на аграрну продукцію буде різниця між ціною в Україні і на біржі. До базису входять витрати на логістику, комісійні брокера та сюрвейера, маржа трейдера та інші витрати. Теоретично, ціна на біржі буде вищою від ціни в українських портах саме на величину цих витрат. У випадках, коли порушується баланс попиту і пропозиції на ринку, то ціна на внутрішньому ринку може бути вищою або аналогічна біржовій. Іншим фактором, що впливає на ціноутворення, є державна політика окремих країни (заборона або обмеження експорту, впровадження мита).

Найбільшими агротрейдерами на ринку України виступають транснаціональні компанії (Бунге, Каргілл, Нібулон, Сантрейд та інші). Вони формують ціну за межами України (у Швейцарії) щонайменше за 2-3 місяці, що є мінімальною тривалістю виконання форвардних контрактів постачання

[20]. На основі базису ціни з певним дисконтом, який враховує валютні та інші ризики та прибутковість трейдерів, формуються закупівельні ціни в українських портах (базис FOB), а далі – на елеваторах (базис CPT, EXW).

Через українські морські порти на зовнішні ринки йде близько 96% українських зернових, тому виробники зерна в країні розраховують ціни на свою продукцію з урахуванням базису FOB [21]. На даний момент в умовах високої волатильності морського фрахту набирає обертів продаж зернових на умовах постачання CPT. За цими умовами можна продавати як у елеваторі (CPT-елеватор), так і у порту (CPT-порт). Якщо з умов FOB відняти вартість перевалки зерна на портовому терміналі, то буде отримано ціну базису CPT-порт. Також рідко зустрічається така умова продажу, як EXW (Франко-елеватор). Відповідно до цієї умови продажу відбувається самовивіз експортної партії з елеватору, а подальші маніпуляції з нею проводить покупець.

Також слід звернути увагу на проблеми із транспортуванням аграрної продукції від виробників до портів [22, 23]. Суттєвим недоліком автомобільного транспорту є порівняно висока собівартість. При нормі навантаження 24 тонни він є конкурентним тільки на відстанях до 200км. Найбільші агротрейдери України мають свій річковий транспорт, який має найменшу собівартість перевезень. Але річкова логістика обмежується сезонністю навігації та наявністю місць для завантаження і вивантаження суден. Перевезення залізничним транспортом вимагають попереднього планування вантажоперевезень. У 2020р. унаслідок незадоволеного попиту вантажовласників на прогнозовані умови перевезення та відсутності виразної політики держави у цій сфері «Укрзалізниця» втратила частку зернового ринку і доходи від вантажоперевезень. Монопольне становище на ринку залізничних перевезень призводить до декореляції цін на локальних ринках по відношенню до котирування в морських портах через неможливість відправити продукцію в напрямку чорноморських портів. Особливо гостро ця проблема стоїть для тих регіонів, які знаходяться далі, ніж 300 км від

чорноморського узбережжя. А у 300 кілометровій зоні перевезення здійснюються переважно автотранспортом.

Також, слід відзначити тренд на те, що лідери-виробники мають власний термінал, елеватори, вагони, що дозволяє задіяти потужності зберігання та транспортування вантажів не тільки в пік сезону, а протягом усього маркетингового року. У зв'язку з цим очікується зростання попиту на форвардні та EXW-контракти.

Проаналізуємо динаміку цін на зернові (ячмінь, пшениця, кукурудза) у портах України на основі даних інформаційно-аналітичного агентства «АПК-Інформ» [24]. Для аналізу обрано такі типи цін на продукцію, які орієнтовані на зовнішній сегмент ринку (табл. А.1-А.3 Додатку А):

- ячмінь фуражний (попит, СРТ-порт, експорт), \$USD/т;
- ячмінь фуражний (пропозиція, FOB), \$USD/т;
- пшениця фуражна (попит, СРТ-порт, експорт), \$USD/т;
- пшениця фуражна (пропозиція, FOB), \$USD/т;
- кукурудза фуражна (попит, СРТ-порт, експорт), \$USD/т;
- кукурудза фуражна (пропозиція, FOB), \$USD/т.

На рис. 1.2 представлено динаміку середніх щомісячних цін на ячмінь у портах України за період з березня 2017р. по листопад 2021р. Найменше значення ціни попиту на ячмінь за базисом умов поставки СРТ-порт для експорту дорівнювало 132,2 \$USD/т у червні 2017р., а найбільше значення – 270,75 \$USD/т у листопаді 2021р. Найменше значення ціни пропозиції за базисом умов поставки FOB дорівнювало 157,6 \$USD/т у червні 2017р., а найбільше значення – 296 \$USD/т у листопаді 2021р.

Значна різниця між ціною ячменю за базисом умов поставки FOB та за базисом умов поставки СРТ-порт спостерігалася у червні 2019р.(14,1%). Найменша різниця між цінами спостерігалася у серпні 2021р. (6,04%). Протягом спостережного періоду ціни на ячмінь, як за базисом умов поставки СРТ-порт так і за базисом умов поставки FOB мають однакову динаміку.

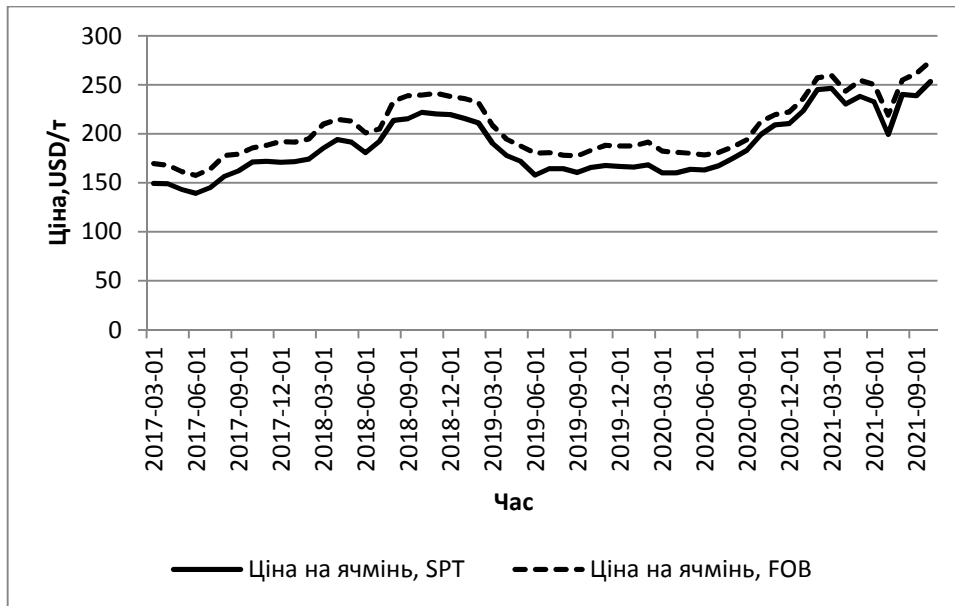


Рисунок 1.2 – Динаміка цін на ячмінь у портах України

*Джерело: побудовано автором на основі даних [24]*

На рис. 1.3 наведено темп приросту ціни попиту на ячмінь за базисом умов поставки СРТ-порт для експорту.



Рисунок 1.3 – Динаміка темпу приросту ціни на ячмінь у портах України за базисом умов поставки СРТ-порт, експорт

*Джерело: побудовано автором на основі даних [24]*

В березні 2019р. спостерігалось падіння ціни на ячмінь за базисом умов поставки СРТ-порт для експорту на 9,95% до попереднього місяця, а у липні 2021р. – на 14,3% до попереднього місяця. Це можна пояснити великими запасами ячменю в Європі та Чорноморському регіоні в ці періоди часу. Найбільший темп зростання ціни на ячмінь за базисом умов поставки СРТ-порт для експорту спостерігався у серпні 2021р. – на 20,6% порівняно з попереднім місяцем. Це пояснюється сильним міжнародним попитом на зернові, зокрема на азіатському ринку (Китай, Індонезія).

На рис. 1.4 наведено темп приросту ціни попиту на ячмінь за базисом умов поставки FOB.

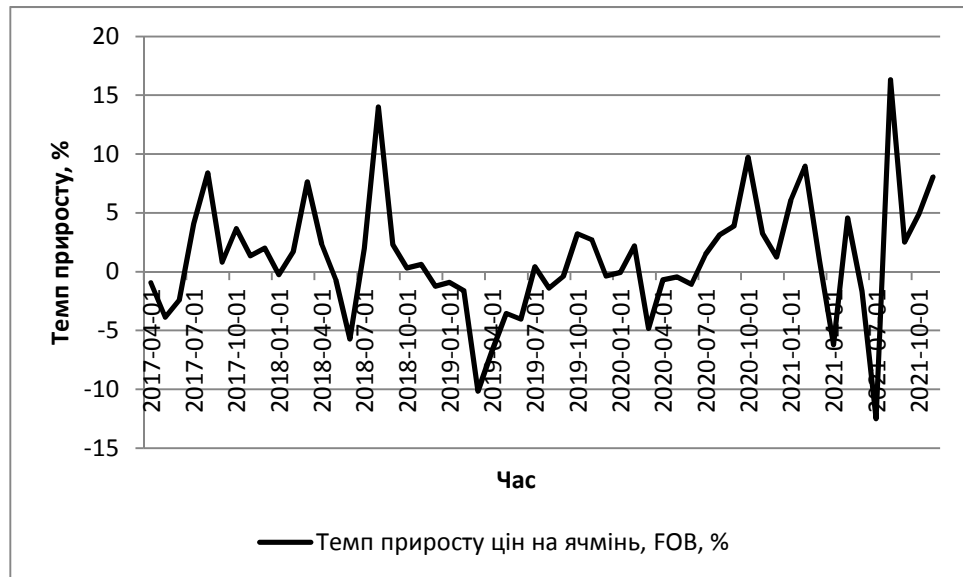


Рисунок 1.4 – Динаміка темпу приросту ціни на ячмінь у портах України за базисом умов поставки FOB

*Джерело: побудовано автором на основі даних [24]*

На відміну від ціни на ячмінь за базисом умов поставки СРТ-порт, значні коливання ціни ячменю за умовами поставки FOB спостерігалися у серпні 2018р. (+14% до попереднього місяця) та у період коронакризи 2020-2021рр.: жовтень 2020р. (+9,7%), лютий 2021р. (+9%), квітень 2021р. (-6,2%), липень 2021р. (-12,5%), серпень 2021р. (+16,3%) до ціни попереднього місяця.



На рис. 1.5 представлено динаміку середніх щомісячних цін на пшеницю у портах України за період з березня 2017р. по листопад 2021р.

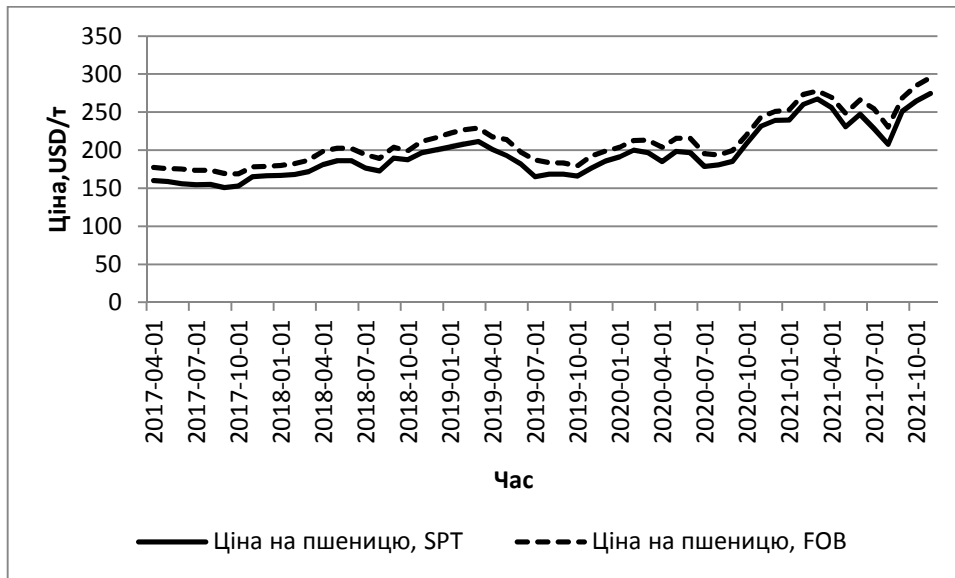


Рисунок 1.5 – Динаміка цін на пшеницю у портах України

*Джерело: побудовано автором на основі даних [24]*

Найменше значення ціни попиту на пшеницю за базисом умов поставки СРТ-порт для експорту дорівнювало 151 \$USD/т у серпні 2017р., а найбільше значення – 298,25 \$USD/т у листопаді 2021р. Найменше значення ціни пропозиції за базисом умов поставки FOB дорівнювало 169 \$USD/т у вересні 2017р., а найбільше значення – 314,25 \$USD/т у листопаді 2021р.

У період з березня 2017р. по листопад 2021р. різниця між ціною пшениці за базисом умов поставки FOB та за базисом умов поставки СРТ-порт складала від 5% до 12%. Протягом спостережного періоду ціни на пшеницю, як за базисом умов поставки СРТ-порт так і за базисом умов поставки FOB мають однакову динаміку.

На рис. 1.6 наведено темп приросту ціни попиту на пшеницю за базисом умов поставки СРТ-порт для експорту.



Рисунок 1.6 – Динаміка темпу приросту ціни на пшеницю у портах України за базисом умов поставки СРТ-порт, експорт

*Джерело: побудовано автором на основі даних [24]*

Значні падіння ціни на пшеницю відносно попереднього місяця за базисом умов поставки СРТ-порт для експорту спостерігалися: у червні 2018р. (5%), червні 2019 р. (9%), червні 2020р. (9,2%), квітні 2021р. (9,8%), червні 2021р. (8,96%). Найбільший темп зростання ціни на пшеницю за базисом умов поставки СРТ-порт для експорту спостерігався у серпні 2021р. – на 20,8% порівняно до попереднього місяця. Це пояснюється значним міжнародним попитом на зернові.

На рис. 1.7 наведено темп приросту ціни попиту на пшеницю за базисом умов поставки FOB. На відміну від цін на пшеницю за базисом умов поставки СРТ-порт, значні коливання цін пшениці за умовами поставки FOB спостерігалися у серпні 2018р. (+7,9% до попереднього місяця) та у період коронакризи 2019-2021рр.: травень 2019р. (-7,6%), жовтень 2019р. (+7,4%), квітень 2020р. (+5,76%), червень 2020р. (-9,3%), жовтень 2020р. (+10,7%), липень 2021р. (-9,5%), серпень 2021р. (+16,6%) до ціни попереднього місяця.

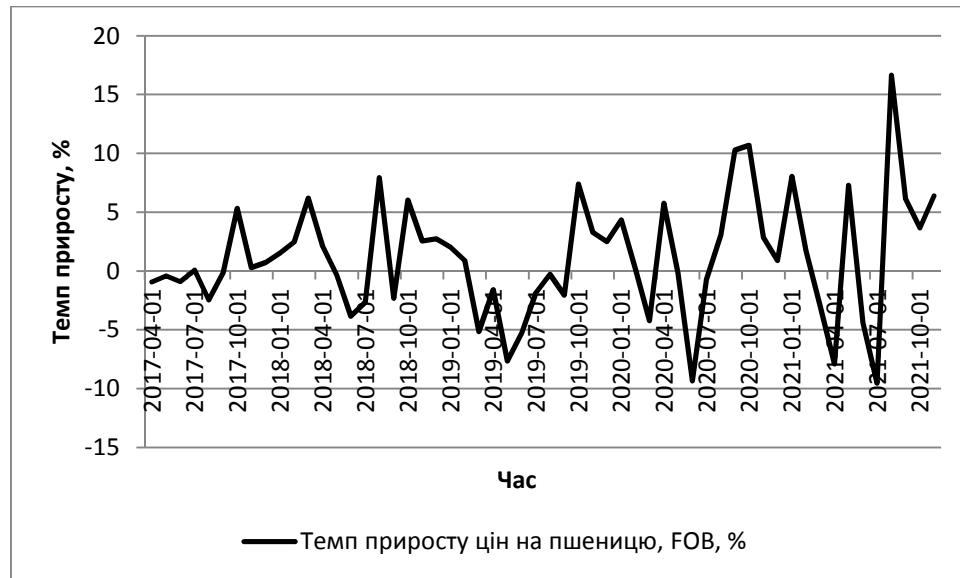


Рисунок 1.7 – Динаміка темпу приросту ціни на пшеницю у портах України за базисом умов поставки FOB

*Джерело: побудовано автором на основі даних [24]*

На рис. 1.8 представлено динаміку середніх щомісячних цін на кукурудзу у портах України за період з березня 2017р. по листопад 2021р.

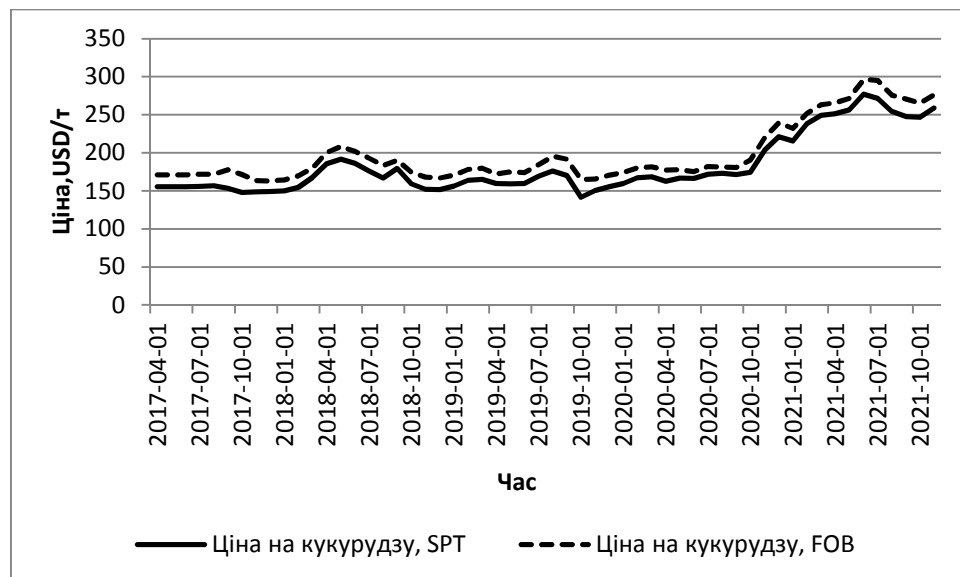


Рисунок 1.8 – Динаміка цін на кукурудзу у портах України

*Джерело: побудовано автором на основі даних [24]*

Найменше значення ціни попиту на кукурудзу за базисом умов поставки СРТ-порт для експорту дорівнювало 141,75 \$USD/т у вересні 2019р., а найбільше значення – 277 \$USD/т у травні 2021р. Найменше значення ціни пропозиції за базисом умов поставки FOB дорівнювало 163 \$USD/т у листопаді 2017р., а найбільше значення – 296,5 \$USD/т у травні 2021р.

У період з серпня 2017р. по березень 2019р. різниця між ціною кукурудзи за базисом умов поставки FOB та за базисом умов поставки СРТ-порт складала від 4,8% до 16,4%. Протягом спостережного періоду ціни на кукурудзу, як за базисом умов поставки СРТ-порт так і за базисом умов поставки FOB мають однакову динаміку.

На рис. 1.9 наведено темп приросту ціни попиту на пшеницю за базисом умов поставки СРТ-порт для експорту.



Рисунок 1.9 – Динаміка темпу приросту ціни на кукурудзу у портах України за базисом умов поставки СРТ-порт, експорт

*Джерело: побудовано автором на основі даних [24]*

Значні падіння ціни на кукурудзу відносно попереднього місяця за базисом умов поставки СРТ-порт для експорту спостерігалися: у вересні 2018р. (11,3%), вересні 2019 р. (16,6%), липні 2021р. (6,3%). Найбільший

темپ зростання ціни на кукурудзу за базисом умов поставки СРТ-порт для експорту спостерігався у жовтні 2020р. – на 16,7% порівняно до попереднього місяця.

На рис. 1.10 наведено темп приросту ціни попиту на пшеницю за базисом умов поставки FOB.



Рисунок 1.10 – Динаміка темпу приросту ціни на кукурудзу у портах України за базисом умов поставки FOB

*Джерело: побудовано автором на основі даних [24]*

На відміну від ціни на кукурудзу за базисом умов поставки СРТ-порт, значні коливання ціни пшениці за умовами поставки FOB спостерігалися у березні 2018р. (+11,4%), вересні 2019р. (-13,9%), листопаді 2020р. (+15,4%) до ціни попереднього місяця.

Ціни на аграрну продукцію, яку реалізують через портові термінали України, також залежать від надходження на ринок європейських та латиноамериканських врожаїв. Для української продукції конкурентами є європейський фуражний ячмінь та кукурудза. Також імпортери можуть зміщувати частину свого попиту від пшениці та кукурудзи на більш дешевий ячмінь.

### 1.3 Характеристика джерел даних про ціни на аграрну продукцію у портових терміналах України та світу

Чикагська товарна біржа (Chicago Mercantile Exchange, CME) [25] є найбільшим у світі торгівельним майданчиком ф'ючерсами. Торги на біржі ведуться з валюти, біржових індексів, а також сільськогосподарської продукції. На біржі продаються ф'ючерси на кукурудзу, пшеницю, сою, соняшникову олію, цукор, свинину та інші товари. Всі торгові майданчики світу орієнтуються на торги в Чикаго та інші крупні товарні біржі. На базі цих біржових механізмів формуються ціни на товарні позиції, на які орієнтуються експортні операції у всьому світі.

Українські аграрії також мають доступ до Чиказької біржи. Для цього на сайті обирається біржовий брокер, заповнюється документ та відбувається верифікація доброчесності. Після відкриття рахунку на біржі клієнт отримує паролі та може розпочати торгівлю. У кінці кожного робочого дня він отримує звіт від біржі стосовно своїх торгів.

Federal Reserve Economic Data (FRED) – це база даних. Яку веде дослідницький підрозділ Федерального резервного банку Сент-Луїсу, який має більш ніж 765000 економічних часових рядів із 96 джерел. Дані можна переглядати у графічному та текстовому вигляді або завантажувати для імпорту у базу даних або електронну таблицю, переглядати на мобільних пристроях (є спеціальний додаток у Google Play). Дані охоплюють банківську справу, бізнес-сектор, споживчі ціни, зайнятість та населення, валютні курси, валовий внутрішній продукт, відсоткові ставки, валютні агрегати, ціни виробників, резерви та грошову базу, торгівлю та міжнародні операції у США, а також фінансові дані США. Часові ряди складаються Федеральною резервною системою, більшість з них збираються урядовими установами США. Економічні дані, які опубліковано на FRED, широко розповсюджуються у засобах масової інформації та грають ключову роль на фінансових ринках.

На FRED розміщено світові ціни на пшеницю (Global price of Wheat (PWHEAMTUSDM)) [26], ячмінь (Global price of Barley (PBARLUSDM)) [27], кукурудзу (Global price of Corn (PMAIZMTUSDM)) [28]. Часові ряди світових цін на аграрну продукцію з січня 1990 року по жовтень 2021р. мають три формати: щорічний, щоквартальний та щомісячний. Дані вимірюються у доларах США за метричну тонну.

Інформаційно-аналітичне агентство «АПК-Інформ» [24] було засновано у 1996р. у м. Дніпро (центральний офіс) та має представництва у різних містах України та зарубіжжя. Агентство має базу даних понад 100 тисяч аграрних компаній по всьому світу, збирає первинні та вторинні дані для забезпечення достовірності й оперативності інформації. У базі даних агентства знаходиться інформація про ціни на аграрну продукцію з України, Казахстану, Російської Федерації, світу (США, Франції, Канади, Аргентини, Бразилії тощо). Агентство надає консультаційні послуги та проводить конференції з аграрної тематики. Маючи власний аналітичний та колл-центр агентство проводить опитування серед українських фермерів та здійснює кількісно-якісні дослідження агроринків за індивідуальними питаннями.

На сайті агентства «АПК-Інформ» реалізовано фільтрацію цінової інформації за такими категоріями:

- період;
- країна (Україна, Казахстан, Білорусь, Російська Федерація, світ);
- сегмент ринку (олійний, зерновий);
- категорія товару (продукт переробки, сировина);
- формування ціни (попит, пропозиція);
- базис умов поставки (EXW, CPT, FCA, FOB, DAP, CIF).

Цінову інформацію можна переглянути щотижневу та щомісячну.

Сайт «Електронна зернова біржа України» [29] спеціалізується торгівлі зерновими та олійними культурами. Трейдери, виробники, переробники, термінали та експедитори надають інформацію про свої ціни та умови роботи. Інтерактивна карта, яка є на сайті, дозволяє переглянути середні ціни

по Україні, у розрізі областей, окремих елеваторів. Це дозволяє легко зорієнтуватися у ринкових тенденціях та продати чи купити по оптимальних цінах.

На сайті трейдери можуть розмістити заявки на купівлю зерна на різних умовах, знайти та скористатися послугами експедиторів по доставці автомобільним або залізничним транспортом, ознайомитися з цінами конкурентів та великою базою постачальників. У свою чергу, виробники мають можливість ознайомитися з середньою ціною на зернові та олійні культури на даний момент по Україні та регіонах, безкоштовно розмістити заявку на продаж зернових чи олійних культур, знайти експедитора по доставці зернових на елеватор чи порт тощо.

Електронна зернова біржа України дозволяє зареєстрованим користувачам фільтрувати інформацію про закупівельні ціни на зерно в Україні за культурою, типом контракту, часовим проміжком, умовами поставки, інтервалом кроку, областю тощо.



## РОЗДІЛ 2

### МЕТОДИ ПРОГНОЗУВАННЯ ЦІН НА АГРАРНУ ПРОДУКЦІЮ У ПОРТОВИХ ТЕРМІНАЛАХ УКРАЇНИ

#### 2.1 Методи виявлення аномалій у часових рядах

Інтелектуальний аналіз даних (Data mining) використовується для виділення нової значущої інформації з великого обсягу даних. В умовах постійного зростання цих обсягів, а також збільшення значущості результатів їх аналізу питання ідентифікації аномалій у даних стоїть особливо гостро. Результати аналізу без попереднього виключення аномальних екземплярів даних можуть бути значно викривленими.

Виявлення аномалій відноситься до пошуку непередбачених значень (патернів) у потоках даних. Аномалія (викид, помилка, відхилення або виключення) – це відхилення поведінки системи від стандартного (очікуваного). Вони можуть виникати у даних різної природи та структури у результаті технічних збоїв, аварій, навмисних зламів тощо. Сьогодні розроблено значна кількість алгоритмів пошуку аномалій для різних типів даних.

Аномалії у даних можуть бути віднесені до одного з трьох основних типів [30]:

- точкові аномалії;
- контекстуальні аномалії;
- колективні аномалії.

Точкові аномалії виникають у ситуації, коли окремих екземпляр даних може розглядатися як аномальний відносно інших даних. Даний вид аномалії найбільш легко розрізняється, більшість існуючих методів створено для розпізнавання точкових аномалій.

Контекстуальні аномалії спостерігаються, якщо екземпляр даних є аномальним лише у певному контексті. Цей вид аномалій також називається

умовним. Для визначення аномалій цього типу основним є виділення контекстуальних та поведінкових атрибутів.

Контекстуальні атрибути використовуються для визначення контексту (або оточення) для кожного екземпляру. У часових рядах контекстуальним атрибутом є час, який визначає положення екземпляру у цілій послідовності. Контекстуальним атрибутом також може бути положення у просторі або більш складні комбінації властивостей.

Поведінкові атрибути визначають не контекстуальні характеристики, що відносяться до конкретного екземпляру даних.

Аномальна поведінка визначається через значення поведінкових атрибутів виходячи з конкретного контексту. Таким чином, екземпляр даних може бути контекстуальною аномалією при заданих умовах, але при таких самих поведінкових атрибутах вважатися нормальним при іншому контексті. При виявленні контекстуальних аномалій ця властивість є ключовою у розділенні контекстуальних та поведінкових атрибутів.

Колективні аномалії виникають, коли послідовність пов'язаних екземплярів даних (наприклад, ділянка часового ряду) є аномальною відносно цілого набору даних. Окремий екземпляр даних у такій послідовності може не бути відхиленням, однак спільна поява таких екземплярів є колективною аномалією. Крім того, у той час як точкові або контекстуальні аномалії можуть спостерігатися у будь-якому наборі даних, колективні спостерігаються тільки в тих, де дані пов'язані між собою. Точкові або колективні аномалії можуть одночасно бути й контекстуальними.

Часто для вирішення задачі пошуку аномалій вимагається набір даних, який описує систему. Кожен екземпляр у ньому описується міткою, що вказує, є він нормальним чи ні. Таким чином, множина екземплярів з однаковою міткою формує відповідний клас.

Створення подібної промаркованої вибірки зазвичай здійснюється вручну та є трудомістким та дорогим процесом. У деяких випадках отримати

екземпляри аномального класу неможливо через відсутність даних про можливі відхилення у системі, у інших можуть бути відсутні мітки обох класів. В залежності від того, які класи даних використовуються для реалізації алгоритму, методи пошуку аномалій можуть виконуватися в одному з трьох режимів:

- а) режим розпізнавання з вчителем;
- б) режим розпізнавання частково з вчителем;
- в) режим розпізнавання без вчителя.

Режим розпізнавання з вчителем вимагає наявності навчальної вибірки, яка повноцінно представляє систему та включає екземпляри даних нормального та аномального класів. Робота алгоритму відбувається у два етапи: навчання та розпізнавання. На першому етапі будується модель, з якою у подальшому будуть порівнюватися екземпляри, що не мають мітки. У більшості випадків передбачається, що дані не змінюють свої статистичні характеристики, інакше виникає необхідність змінювати класифікатор [31].

Основною складністю алгоритмів, що працюють у режимі розпізнавання з вчителем, є формування даних для навчання. Часто аномальний клас представлено значно меншою кількістю екземплярів, ніж нормальний, що може призводити до неточностей у отриманій моделі. В цьому випадку використовується штучна генерація аномалій.

Вихідні дані при розпізнаванні частково з вчителем являють собою тільки нормальний клас. Навчаючись на одному класі, система може визначити приналежність нових даних до нього, визначаючи протилежний. Алгоритми, що працюють у режимі розпізнавання частково з вчителем, не вимагають інформації про аномальний клас екземплярів, через що вони ширше застосовуються та дозволяють розпізнавати відхилення за відсутності заздалегідь інформації про них.

Режим розпізнавання без вчителя застосовується за відсутності апріорної інформації про дані. Алгоритми розпізнавання у режимі без вчителя базуються на передумові про те, що аномальні екземпляри

зустрічаються більш рідко ніж нормальні. Дані обробляються, найбільш віддалені визначаються як аномалії. Для застосування цієї методики має бути доступним весь набір даних, тобто вона не може застосовуватись у режимі реального часу.

На рис. 2.1 представлено методи розпізнавання аномалій.



Рисунок 2.1 – Методи розпізнавання аномалій

*Джерело: побудовано автором*

Реалізація методу класифікації ґрунтується на передумові про те, що нормальна поведінка системи може бути визначена одним або декількома класами. Таким чином, екземпляр, який не належить жодному з класів, є відхиленням. Пошук аномалії відбувається у два етапи: навчання та розпізнавання. Класифікатор навчається на масиві маркованих даних, далі визначається приналежність до одного з відомих класів. У протилежному випадку екземпляр помічається як аномалія.

Метод виявлення аномалій на основі нейронних мереж складається з двох етапів. На першому етапі нейронна мережа навчається розпізнаванню класів нормальної поведінки на тренувальній вибірці. На другому – кожен екземпляр надходить як вхідний сигнал нейронної мережі. Система, яка заснована на нейронних мережах, може розпізнавати як один, так й декілька класів нормальної поведінки.

Байєсівською мережею є графічна модель, яка відображає ймовірнісні залежності множини змінних та дозволяє проводити ймовірнісне виведення за допомогою цих змінних. Вона складається з двох основних частин:

а) графічної структури, яка визначає набір залежностей та незалежностей у множині випадкових величин, які представляють собою суб'єктів предметної області;

б) набору ймовірнісних розподілів, які визначають силу відношень залежності, закодованих у графічній структурі.

Таким чином, застосування Байєсівської мережі при ідентифікації аномалій полягає у оцінці ймовірності спостереження одного з нормальних або аномальних класів.

Метод опорних векторів застосовується для пошуку аномалій у системах, де нормальна поведінка представлена тільки одним класом. Даний метод визначає межу регіону, у якому знаходяться екземпляри нормальних даних. Для кожного екземпляру, що досліджується, визначається чи знаходиться він у певному регіоні. Якщо екземпляр виявляється поза регіоном, він визначається як аномальний.

Метод на основі правил ґрунтується на генерації правил, які відповідають нормальній поведінці системи. Екземпляр, що не відповідає цим правилам, розпізнається як аномальний. Алгоритм складається з двох кроків. Перший крок – навчання правил з вибірки за допомогою одного з алгоритмів (RIPPER, Decision Tree тощо). Кожному правилу присвоюється своє значення, яке пропорційно співвідношенню між числом навчаючих екземплярів, які класифікуються як правило, та загальним числом навчаючих

екземплярів, які покриваються цим правилом. Другий крок – пошук для кожного екземпляру, що тестується, правила, яке найкращим чином підходить до даного екземпляру. Система може розпізнавати як один, так й декілька класів поведінки. Одним з підвидів систем на основі правил є системи нечіткої логіки. Вони застосовуються, коли межа між нормальною та аномальною поведінкою є розмитою. Кожен екземпляр є аномалією у деякому ступені віддаленості від центру мас нормального інтервалу.

Методика кластеризації передбачає групування схожих екземплярів у кластери й не вимагає знань про властивості можливих відхилень. Виявлення аномалій може будуватися на передумові про те, що нормальні екземпляри даних відносяться до кластеру даних, у той час як аномалії не належать до жодного з кластерів. Але при такому формулюванні може виникнути проблема визначення точних меж кластерів. Тому слід розглядати іншу передумову – нормальні дані ближчі до центру кластера, а аномальні значно віддалені. У випадку. Коли аномальні екземпляри не є одиничними, вони також можуть утворювати кластери. Таким чином, слід розглядати твердження про те, що нормальні дані утворюють великі щільні кластери, а аномалії – маленькі та розрізнені.

При використанні статистичного підходу досліджується процес, будується його профіль (модель), який потім порівнюється з реальною поведінкою. Якщо різниця у реальній та передбачає мій поведінці системи, визначена на основі заданої функції аномальності, є вищою за заданий поріг, то робиться висновок про наявність відхилень. Застосовується припущення про те, що нормальна поведінка системи буде знаходитись у зоні високої ймовірності, у той час як викиди – низької. Даний клас методів є зручним тим, що він не вимагає заздалегідь визначених знань про вигляд аномалії. Але складності можуть виникнути у визначенні точного статистичного розподілу та порогу [32].

Параметричні методи припускають, що нормальні дані генеруються параметричним розподілом з параметрами  $\theta$  та функцією щільності

ймовірності  $P(x, \theta)$ , де  $x$  – спостереження. Аномалія є зворотною функцією розподілу. Ці методи часто ґрунтуються на Гауссовій або регресійній моделі, а також їх комбінації.

Непараметричні методи припускають, що структура моделі не визначена апіорно, вона визначається на наданих даних. До цих методів відносяться методи на основі гістограм або функцій ядра.

Для використання методики найближчого сусіда необхідно визначити поняття відстані (міри подібності) між об'єктами. Прикладом може бути Евклідова відстань.

Спектральні методи знаходять апроксимацію даних, використовуючи комбінацію атрибутів, які передають більшу частину варіативності у даних. Ця методика ґрунтується на такому припущенні: дані можуть бути вкладені у підпростір меншої розмірності, у якому нормальний стан та аномалії проявляються інакше. Спектральні методи часто застосовуються сумісно з іншими алгоритмами для попередньої обробки даних.

Гібридні методики розпізнавання аномалій дозволяють поєднувати переваги різних підходів. При цьому різні техніки можуть застосовуватись як послідовно, так й паралельно для досягнення усереднених результатів. Прикладами гібридних систем розпізнавання аномалій можуть бути такі дослідження:

- а) поєднання кластеризації та алгоритму найближчого сусіда;
- б) паралельне використання поєднаних алгоритмів Байєсових мереж та вирішуючи дерев, а також алгоритму найближчого сусіда з класифікацією на основі правил.

Виявлення аномалій у режимі реального часу може вимагати додаткової модифікації методів. Найбільш простим у реалізації є алгоритм ковзного вікна.

Одним зі статистичних методів, який дозволяє перевірити дані на наявність в них аномальних значень є метод «сигм» [33]. Аналіз викидів у даних методом «сигм» дозволяє визначити аномальні значення у

нестационарних рядах з розподілом близьким до нормального. Основу даного методу аналізу складає розрахунок середнього значення ряду та середньоквадратичного відхилення. Формула для розрахунку середнього значення ряду має вигляд:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad (2.1)$$

де  $\bar{x}$  – середнє значення ряду,

$n$  – кількість елементів вибірки,

$x_i$  –  $i$ -й елемент вибірки.

Формула для розрахунку середньоквадратичного відхилення(СКВ):

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}, \quad (2.2)$$

де  $\sigma$  – середньоквадратичне відхилення ряду.

Сутність даного методу зводиться до того, що будь-які значення, які відрізняються від середнього більше, ніж на два СКВ, є потенційними аномаліями. Поріг визначення аномалій ( $T$ ) задається формулою:

$$T = x_i \pm 2 \cdot \sigma. \quad (2.3)$$

Якщо аномалій виявилось дуже багато, то є сенс збільшити поріг та задати його дорівнюючим  $3 \cdot \sigma$  або  $4 \cdot \sigma$ .

Описані вище методики застосовуються для пошуку точкових аномалій, але вони також можуть бути застосовані для розпізнавання колективних та контекстуальних аномалій, при зведенні їх до точкових.



## 2.2 Аналіз крос-кореляційного зв'язку часових рядів

При вивченні тенденції розвитку явища у часі часто виникає необхідність визначити ступінь залежності між динамічними рядами. Кореляційний зв'язок між рівнями двох динамічних рядів називається крос-кореляцією. Оцінка тісноти зв'язку у задачах дослідження крос-кореляції відбувається з використанням стандартного коефіцієнта кореляції Пірсона. Однак застосування традиційних методів кореляції та регресії до аналізу залежності часових рядів має певні особливості.

Особливого значення набуває теоретичний, змістовний аналіз явищ, що досліджуються, та їх можливих взаємозв'язків з метою уникнення «хибної кореляції». Односпрямованість трендів та високі значення коефіцієнту кореляції ще не означає наявності причинно-наслідкового зв'язку між рядами. Тому, перед початком розрахунку кількісної оцінки кореляційної залежності, необхідно теоретично обґрунтувати її наявність.

Інша особливість обумовлена тим, що однією з умов застосування кореляційно-регресійного аналізу є незалежність спостережень. У контексті вивчення часових рядів – це відсутність зв'язку між рівнями ряду, тобто автокореляції. Наявність тренду (автокореляції) у динамічних рядах, що аналізуються, може суттєво спотворити оцінку. Тому для отримання адекватного результату необхідно попередньо виключити тенденцію з рядів, що аналізуються.

Існують декілька способів виключення автокореляції (тенденції). Один з них ґрунтується на переході від кореляції рівнів ряду до кореляції залишків, відхилень фактичних рівнів від тренду. При цьому:

- визначають форму тренду та здійснюють аналітичне вирівнювання кожного з пов'язаних рядів;
- розраховують відхилення фактичних рівнів від відповідних вирівняних рівнів за кожним рядом;

– визначають чисельне значення коефіцієнта кореляції за отриманим відхиленням.

Практика показує, що часто у відхиленнях від тренду зберігається автокореляція. Тому необхідно перевірити наявність автокореляції у залишках.

Разом з корелюванням залишків, способом обійти автокореляцію рівнів може бути метод корелювання послідовних різниць або тих цепних показників динамічних рядів, які є константами їх трендів. Даний підхід дозволяє позбавитись від спотворень кореляції при наявності тренду, що несе кумулятивний ефект. У різницях між сусідніми рівнями вплив тренду незначний, оскільки у більшій мірі вони відображають вплив коливності.

Ще одним способом позбавлення автокореляції є включення часу у рівняння регресії як аргументу. Математично доведено, що безпосереднє введення до рівняння регресії фактору часу усуває автокореляцію, аналогічно використанню відхилень фактичних рівнів від тренду. Простота реалізації цього підходу є причиною його широкого застосування у практичних дослідженнях.

При вивченні зв'язку між часовими рядами слід пам'ятати, що між зміною рівнів одного ряду, як відклику на зміну рівнів іншого, може існувати певний часовий лаг. Це свідчить про вплив одного явища на інше, який проявляється з певним запізненням або випередженням.

Крос-кореляційна функція визначається для двох стаціонарних часових рядів як коефіцієнт кореляції між  $x_t$  та  $y_{t+k}$  в залежності від лагу  $k$ :

$$r_k = \frac{\sum_{t=1}^{n-k} x_t y_{t+k} - \sum_{t=1}^{n-k} y_t \sum_{t=1}^{n-k} x_{t+k} / (n-k)}{\sqrt{(\sum_{t=k}^{n-k} y_t^2 - \sum_{t=k}^{n-k} y_t^2 / (n-k)) (\sum_{t=k+1}^n x_t^2 - \sum_{t=k+1}^n x_t^2 / (n-k))}}, \quad (2.4)$$

де  $r_k$  – коефіцієнт крос-кореляції.

Ряд  $r_k = r(k)$  являє собою табличну задану кореляційну функцію, яка затухає доволі швидко. Наявність піків у крос-кореляційній функції вказує на наявність часового лагу. Якщо піки у функції  $r(k)$  повторюються через певний час, то взаємний вплив рядів носить періодичний характер.

### 2.3 Математичні методи прогнозування з урахуванням автокореляції часових рядів

Існує дві мети аналізу часових рядів [34]:

а) визначення природи ряду;

б) прогнозування (передбачення майбутніх значень часового ряду за минулими та поточними значеннями).

Обидві ці мети вимагають, щоби модель ряду було ідентифіковано та формально описано. Як тільки модель буде визначена, то з її допомогою можна буде інтерпретувати дані, що розглядаються.

Як й більшість інших видів аналізу, аналіз часових рядів передбачає, що дані містять систематичну складову (яка зазвичай включає декілька компонент) та випадковий шум (похибку), який ускладнює виявлення регулярних компонент. Більшість методів дослідження часових рядів включає різні способи фільтрації шуму, що дозволяють побачити регулярну складову більш виразно.

Більшість регулярних складових часових рядів належать до двох класів: вони є або трендом, або сезонною складовою. Тренд – це загальна систематична лінійна або нелійна компонента, що може змінюватися у часі. Сезонна складова – це компонента, що періодично повторюється. Обидва ці види регулярних компонент часто присутні у ряді одночасно.

Якщо часові ряди містять значну похибку, то першим кроком виділення тренду є згладжування. Згладжування завжди включає певний спосіб локального усереднення даних, при якому несистиматичні компоненти взаємно погашають один одного. Найбільш загальний метод

згладжування – ковзне середнє, у якому кожен член ряду замінюється простим або зваженим середнім  $n$  сусідніх членів, де  $n$  – це ширина “вікна” [35]. Замість середнього можна використовувати медіану значень, що потрапили у вікно. Результати медіанного згладжування є більш стійкими до викидів (що мають місце всередині вікна), ніж результати згладжування ковзним середнім. Недоліком медіанного згладжування є те, що за відсутності явних викидів, воно призводить до більш “зубчастих” кривих (ніж згладжування ковзним середнім) й не дозволяє використовувати ваги.

Відносно рідше, коли похибка вимірювання дуже велика, використовується метод згладжування методом найменших квадратів, зважених відносно відстані або метод від’ємного експоненційно зваженого згладжування. Всі ці методи відфільтровують шум та перетворюють дані у відносно гладку криву. Ряди з відносно невеликою кількістю спостережень та систематичним розміщенням точок можуть бути згладжені за допомогою бікубічних сплайнів.

Більшість монотонних часових рядів можна добре наблизити лінійною функцією. Якщо ряд має явну монотонну нелінійну компоненту, то дані спочатку треба перетворити, щоби позбавитися від нелінійності. Зазвичай для цього використовують логарифмічне, експоненційне або поліноміальне перетворення даних.

Періодична та сезонна залежність являє собою інший спільний тип компонент часового ряду. У загальному випадку, періодична залежність може бути нормально визначена як кореляційна залежність порядку  $k$  між кожним  $i$ -м елементом ряду та  $(i-k)$ -м елементом. Її можна виміряти за допомогою автокореляції (тобто кореляції між самими членами ряду),  $k$  називають лагом. Якщо похибка вимірювання не дуже велика, то сезонність можна визначити візуально, розглядаючи поведінку членів ряду через кожні  $k$  часових одиниць.

Сезонні складові часового ряду можуть бути знайдені за допомогою корелограми, яка показує числено та графічно автокореляційну функцію

(АКФ), тобто коефіцієнти автокореляції та їх стандартні похибки для послідовності лагів з певного діапазону. Слід пам'ятати, що періодична залежність може суттєво змінитися після видалення автокореляцій першого порядку, тобто після взяття різниці з лагом 1.

Іншим методом дослідження періодичності є дослідження часної автокореляційної функції (ЧАКФ), яка є поглибленням поняття звичайної автокореляційної функції. У ЧАКФ прибирається залежність між проміжними спостереженнями (спостереженнями всередині лага) [34]. На першому лазі ЧАКФ дорівнює АКФ та дає більш “чисту” картину періодичних залежностей.

Періодична складова для лагу  $k$  може бути видалена за допомогою різниці відповідного порядку. Тобто з кожного  $i$ -го елемента ряду віднімається  $(i - k)$ -й елемент. Корисність таких перетворень полягає у тому, що таким чином можна виявити приховані періодичні складові ряду, а також видалення сезонних складових перетворює ряд у стаціонарний (з постійними у часі середнім, дисперсією та автокореляцією), що необхідно для застосування моделі авторегресії та ковзного середнього (АРПКС (ARIMA)) та інших методів, наприклад, спектрального аналізу.

Окремі спостереження містять значну помилку, тоді як є бажання не тільки виділити регулярні компоненти, але також побудувати прогноз. Методологія АРПКС (ARIMA), розроблена Боксом і Дженкінсом (1976), дозволяє це зробити [34]. Цей метод є потужним та гнучким, але в той же час складним.

Згідно з методологією часовий ряд описується двома основними процесами:

- а) процес авторегресії;
- б) процес ковзного середнього.

Більшість часових рядів містять елементи, що послідовно залежать один від одного. Таку залежність можна виразити таким рівнянням:

$$x_t = \xi + \varphi_1 \cdot x_{(t-1)} + \varphi_2 \cdot x_{(t-2)} + \varphi_3 \cdot x_{(t-3)} + \dots + \varepsilon, \quad (2.5)$$

де  $\xi$  – константа;

$\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \dots$  – параметри авторегресії;

$\varepsilon$  – випадкова складова.

Таким чином, кожне спостереження є сума випадкової компоненти та лінійної комбінації попередніх спостережень.

Процес авторегресії буде стаціонарним тільки тоді, коли його параметри знаходяться у певному діапазоні. Наприклад, якщо є тільки один параметр, то він має знаходитися у інтервалі  $-1 < \varphi < +1$ . У протилежному випадку, попередні значення будуть накопичуватися та значення наступних  $x_t$  можуть бути необмеженими, відповідно ряд не буде стаціонарним. Якщо у моделі декілька параметрів авторегресії, то можна визначити аналогічні умови, за яких забезпечується стаціонарність.

На відміну від процесу авторегресії, у процесі ковзного середнього кожен елемент ряду підпадає під сумарний вплив попередніх похибок. У загальному вигляді це можна представити у такому вигляді:

$$x_t = \mu + \theta_1 \cdot \varepsilon_{(t-1)} + \theta_2 \cdot \varepsilon_{(t-2)} + \theta_3 \cdot \varepsilon_{(t-3)} + \dots + \varepsilon_t, \quad (2.6)$$

де  $\mu$  – константа;

$\theta_1, \theta_2, \theta_3, \dots$  – параметри ковзного середнього;

$\varepsilon$  – випадкова складова.

Тобто, поточне спостереження ряду являє собою суму випадкової компоненти в даний момент та лінійної комбінації випадкових впливів у попередні моменти часу. Слід відзначити, що між процесами ковзного середнього та авторегресії наявна “двоїстіть”, тобто одне рівняння можна

переписати у вигляді іншого та навпаки – властивість обратимості. Аналогічно умовам стаціонарності існують умови, що забезпечують обратимість моделі.

Загальна модель, запропонована Боксом та Дженкінсом, включає як параметри авторегресії, так і параметри ковзного середнього. Модель описується за допомогою трьох параметрів: параметрів авторегресії ( $p$ ), порядку різниці ( $d$ ) та параметрів ковзного середнього ( $q$ ). У позначках Бокса та Дженкінса модель записується як  $ARIMA(p, d, q)$ . Наприклад, модель  $ARIMA(0,1,2)$  містить нуль параметрів авторегресії ( $p$ ) та два параметри ковзного середнього ( $q$ ), які обчислюються для ряду після взяття різниці з лагом 1 ( $d$ ).

Перед тим як оцінювати параметри моделі, необхідно визначити, який тип моделі буде підбиратися до даних та яка кількість параметрів буде присутня у моделі – провести ідентифікацію моделі. Основними інструментами ідентифікації порядку моделі є графіки, автокореляційна функція (АКФ) та часна автокореляційна функція (ЧАКФ). Більшість часових рядів, що зустрічаються на практиці, можна з достатнім ступенем точності апроксимувати однією з 5 основних моделей з невеликим числом параметрів кожного виду (не більше 2), які можна ідентифікувати за виглядом АКФ та ЧАКФ [36]:

а) один параметр ( $p$ ): АКФ – експоненційно убуває, ЧАКФ – має значення, що різко виділяється для першого лагу, на інших лагах кореляції немає;

б) два параметри авторегресії ( $p$ ): АКФ має форму синусоїди або експоненційно убуває, ЧАКФ має значення, що різко виділяються на першого та другому лагах, на інших лагах кореляції немає;

в) один параметр ковзного середнього ( $q$ ): АКФ має різке виділення на лозі 1, а на інших лагах кореляція відсутня, ЧАКФ експоненційно убуває;

г) два параметри ковзного середнього ( $q$ ): АКФ різко виділяється на лагах 1,2, на інших лагах кореляція відсутня, ЧАКФ має вигляд синусоїди або експоненційно убуває;

д) один параметр авторегресії ( $p$ ) та один параметр ковзного середнього ( $q$ ): АКФ експоненційно убуває з лагу 1, ЧАКФ – експоненційно убуває з лагу 1.

Мультиплікативна сезонна ARIMA є розвитком та узагальненням звичайної моделі ARIMA на ряди, що містять періодичну сезонну компоненту. Додатково до несезонних параметрів у модель вводяться сезонні параметри для визначеного лагу, який встановлюється на етапі ідентифікації моделі. Аналогічно параметрам простої моделі ARIMA, ці параметри називаються сезонна авторегресія ( $p_s$ ), сезонна різниця ( $d_s$ ) та сезонне ковзне середнє ( $q_s$ ). Таким чином, повна сезонна модель ARIMA може бути записана як  $ARIMA(p, d, q)(p_s, d_s, q_s)$ . Ці параметри обчислюються для рядів, що отримуються взяттям однієї різниці з лагом 1 та подальшою сезонною різницею. Сезонний лаг, що використовується для сезонних параметрів, визначається на етапі ідентифікації порядку моделі.

Загальні рекомендації щодо вибору звичайних параметрів за допомогою АКФ та ЧАКФ повністю придатні до сезонних моделей. Суттєвою відмінністю є те, що у сезонних рядах АКФ та ЧАКФ мають суттєві значення на лагах, які кратні сезонному лагу.

Число різниць, що беруться для досягнення стаціонарності, визначається параметром  $d$ . Для визначення необхідного порядку різниці досліджуються графік ряду та корелограма. Сильні міні рівня (сильні скачки вгору та вниз) зазвичай потребують взяття несезонної різниці першого порядку ( $d=1$ ). Сильні зміни нахилу вимагають взяття різниці другого порядку. Сезонна складова вимагає взяття відповідної сезонної різниці. Якщо наявне повільне убування вибірових коефіцієнтів автокореляції у залежності від лага, то беруть різницю першого порядку. Але перебільшення зі взяттям різниць призводить до менш стабільним оцінкам коефіцієнтів.



Модель має бути економною – в ній має бути найменша кількість параметрів та найбільше число ступенів волі серед усіх моделей, які оцінюють дані.

Наступний етап після ідентифікації – оцінювання параметрів моделі. Для цього використовуються процедури мінімізації функції втрат. Отримані оцінки параметрів використовуються для обчислення нових значень ряду та побудови довірчого інтервалу для прогнозу. Процес оцінювання здійснюється за перетвореними даними. Для побудови прогнозу виконується обернена операція – інтегрування даних.

Додатково моделі ARIMA можуть містити константу, інтерпретація якої залежить від моделі. Якщо в моделі немає параметрів авторегресії, то константа  $\mu$  – це середнє значення ряду, а якщо параметри авторегресії наявні, то константа – вільний член. Якщо бралася різниця ряду, то константа є середнім або вільним членом.

Існують різні методи оцінювання параметрів, які дають дуже схожі оцінки, але для даної моделі одні оцінки можуть бути більш ефективними, а інші менш ефективними. У загальному випадку, під час оцінювання порядку моделі використовується так званий квазіньютонівський алгоритм максимізації правдоподібності (ймовірності) спостережень значень ряду за значеннями параметрів. На практиці це вимагає обчислення (умовних) сум квадратів (SS) залишків моделі. Є різні способи обчислення суми квадратів залишків SS:

- а) наближений метод максимальної правдоподібності МакЛеорда та Сейлза;
- б) наближений метод максимальної правдоподібності з ітераціями назад;
- в) точний метод максимізації правдоподібності за Мелардом.

В цілому, всі методи дають схожі результати та приблизно однакову ефективність на реальних даних. Однак, наближений метод максимальної правдоподібності МакЛеорда та Сейлза є найшвидшим й його можна використовувати для дуже великих рядів даних, а метод точний метод

максимізації правдоподібності за Мелардом може бути не ефективним, якщо в моделі буде наявний великий сезонний лаг (наприклад, рік).

Для всіх оцінок параметрів обчислюються так звані асимптотичні стандартні похибки, для обчислення яких використовується матриця часних похідних другого порядку, апроксимована кінцевими різницями. Якщо значення розрахункової  $t$ -статистики не значущі, то відповідні параметри видаляються з моделі.

Іншою мірою надійності моделі є порівняння прогнозу, побудованого за скороченим рядом, з відомими (вихідними) даними. Крім того, модель повинна мати незалежні залишки, які містять лише шум без систематичних компонент. Тому необхідним є всебічний аналіз залишків. Хорошою перевіркою моделі є:

- а) графік залишків та вивчення їх трендів;
- б) перевірка АКФ залишків.

Процедура оцінювання передбачає, що залишки не корельовані та нормально розподілені.

Експоненційне згладжування – це ще один полярний метод прогнозування багатьох часових рядів [35]. В цьому методі більш старим спостереженням приписуються експоненційно убуваючі ваги, при цьому, на відміну від ковзного середнього, враховуються всі попередні спостереження ряду, а не тільки ті, що потрапили до певного “вікна”. Точна формула простого експоненційного згладжування має вигляд:

$$S_t = \alpha \cdot x_t + (1 - \alpha) \cdot S_{t-1}, \quad (2.7)$$

де  $S_t$  – прогнозне значення часового ряду для періоду часу  $t$ ;

$S_{t-1}$  – прогнозне значення часового ряду для періоду часу  $t - 1$ ;

$\alpha$ ,  $0 \leq \alpha \leq 1$  – параметр моделі.

Коли формула (2.7) застосовується рекурсивно, то кожне нове згладжене значення (яке одночасно є прогнозом) обчислюється як зважене середнє поточного спостереження та згладжуваного ряду. Результат згладжування залежить від параметра  $\alpha$ . Якщо  $\alpha = 1$ , то попередні спостереження повністю ігноруються. Якщо  $\alpha = 0$ , то ігноруються поточні спостереження. Значення  $\alpha$  між 0 та 1 дають проміжні результати. Обирається таке значення  $\alpha$ , для якого сума квадратів залишків (спостережні значення мінус прогнози на крок наперед) є мінімальною. Просте експоненційне згладжування відповідає моделі ARIMA (0, 1, 1).

В доповнення до простого експоненційного згладжування, були запропоновані більш складні моделі, що включають сезонну компоненту та тренд. Загальна ідея таких моделей полягає в тому, що прогнози обчислюються, але з деякими затримками, що дозволяє незалежно оцінити тренд та сезонну складову.

### РОЗДІЛ 3

## ПРОГНОЗУВАННЯ ЦІН НА АГРАРНУ ПРОДУКЦІЮ У ПОРТОВИХ ТЕРМІНАЛАХ УКРАЇНИ

3.1 Перевірка часових рядів цін на аграрну продукцію у портових терміналах України на аномалії

Застосуємо правило сигм для перевірки на аномалії щотижневі значення часових рядів цін на аграрну продукцію у портових терміналах України, отриманих за даними інформаційно-аналітичного агентства «АПК-Інформ» [24]:

- ячмінь фуражний (попит, СРТ-порт, експорт), \$USD/т;
- ячмінь фуражний (пропозиція, FOB), \$USD/т;
- пшениця фуражна (попит, СРТ-порт, експорт), \$USD/т;
- пшениця фуражна (пропозиція, FOB), \$USD/т;
- кукурудза фуражна (попит, СРТ-порт, експорт), \$USD/т;
- кукурудза фуражна (пропозиція, FOB), \$USD/т.

Часовий ряд ціни попиту на ячмінь за базисом умов поставки СРТ-порт для експорту складається з 268 значень за період з 4 жовтня 2016р. по 26 листопада 2021р. (рис.3.1).

За формулами (2.1) та (2.2) розрахуємо математичне сподівання та середньоквадратичне відхилення часового ряду:

$$\bar{x}_{barley\_spt} = 186,75 \text{ $USD/т}, \quad (3.1)$$

$$\sigma_{barley\_spt} = 33,24. \quad (3.2)$$

За правилом  $3\sigma$  розрахуємо поріг визначення аномалії:

$$T_{barley\_spt} = x_i \pm 3\sigma = 186,75 \pm 3 \cdot 33,24 = [87,03; 286,48]. \quad (3.3)$$

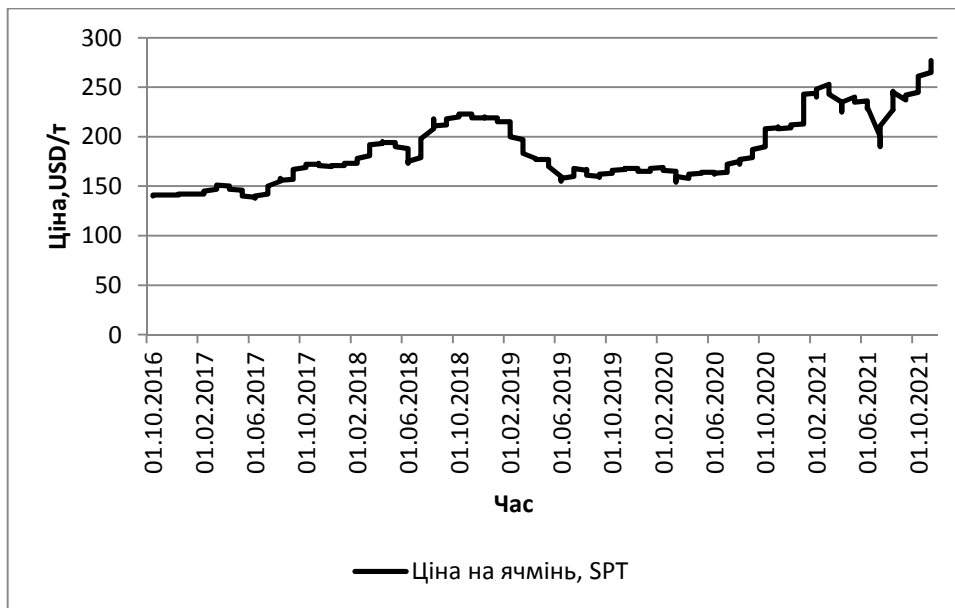


Рисунок 3.1 – Динаміка ціни на ячмінь у портах України за базисом умов поставки СРТ-порт, експорт

*Джерело: побудовано автором на основі даних [24]*

Всі 268 значень часового ряду не виходять за межі порогу, тому аномалії для часового ряду ціни на ячмінь у портах України за базисом умов поставки СРТ-порт, експорт не виявлено.

Часовий ряд ціни пропозиції на ячмінь за базисом умов поставки FOB складається з 278 значень за період з 9 вересня 2016р. по 3 грудня 2021р. (рис.3.2).

За формулами (2.1) та (2.2) розрахуємо математичне сподівання та середньоквадратичне відхилення часового ряду:

$$\bar{x}_{barley\_fob} = 203,62 \text{ \$USD/t}, \quad (3.4)$$

$$\sigma_{barley\_fob} = 34,16. \quad (3.5)$$

За правилом  $3\sigma$  розрахуємо поріг визначення аномалії:

$$T_{barley\_fob} = x_i \pm 3\sigma = 203,62 \pm 3 \cdot 34,16 = [101,13; 306,10]. \quad (3.6)$$

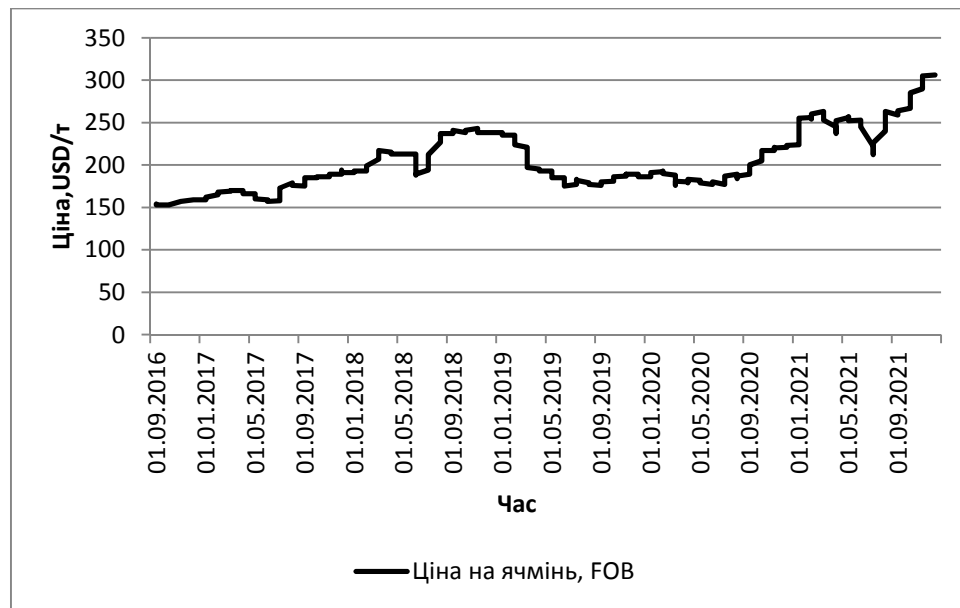


Рисунок 3.2 – Динаміка ціни на ячмінь у портах України за базисом умов поставки FOB, пропозиція

*Джерело: побудовано автором на основі даних [24]*

Всі 278 значень часового ряду не виходять за межі порогу, тому аномалії для часового ряду ціни на ячмінь у портах України за базисом умов поставки FOB не виявлено.

Часовий ряд ціни попиту на пшеницю за базисом умов поставки СРТ-порт для експорту складається з 251 значення за період з 10 березня 2017р. по 26 листопада 2021р. (рис.3.3).

Для виявлення аномалії розрахуємо за формулами (2.1) та (2.2) математичне сподівання та середньоквадратичне відхилення часового ряду:

$$\bar{x}_{wheat\_spt} = 197,95 \text{ \$USD/т}, \quad (3.7)$$

$$\sigma_{wheat\_spt} = 35,29. \quad (3.8)$$

За правилом  $3\sigma$  розрахуємо поріг визначення аномалії:

$$T_{wheat\_spt} = x_i \pm 3\sigma = 197,95 \pm 3 \cdot 35,29 = [92,08; 303,83]. \quad (3.9)$$

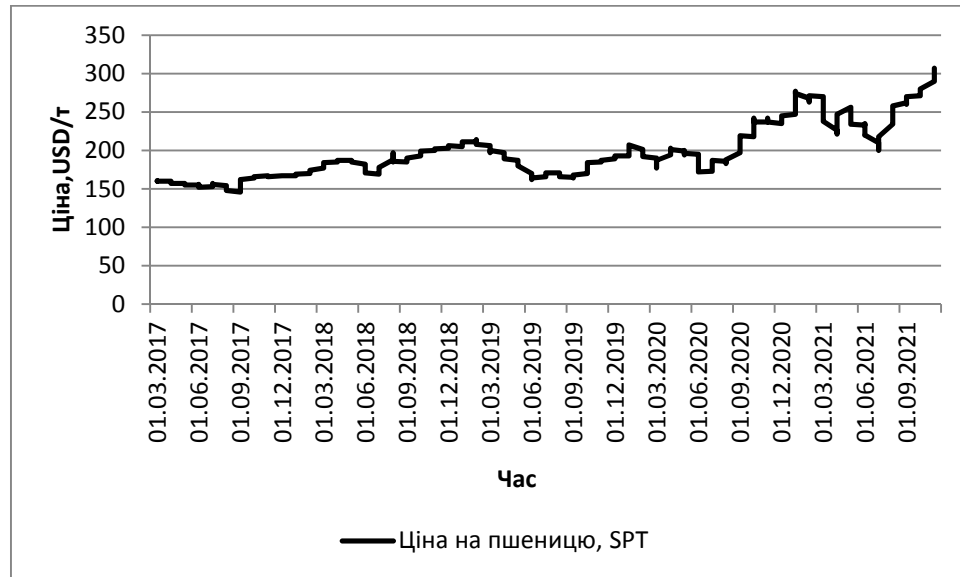


Рисунок 3.3 – Динаміка ціни на пшеницю у портах України за базисом умов поставки СРТ-порт, експорт

*Джерело: побудовано автором на основі даних [24]*

За межі порогу виходить значення ціни на пшеницю за 26 листопада 2021р., яке дорівнює 307 \$USD/т. Це значення буде виключено з подальших розрахунків.

Часовий ряд ціни пропозиції на пшеницю за базисом умов поставки FOB складається з 277 значень за період з 9 вересня 2016р. по 3 грудня 2021р. (рис.3.4).

За формулами (2.1) та (2.2) розрахуємо математичне сподівання та середньоквадратичне відхилення часового ряду:

$$\bar{x}_{wheat\_fob} = 210,23 \text{ $USD/т,} \quad (3.10)$$

$$\sigma_{wheat\_fob} = 36,88. \quad (3.11)$$

За правилом  $3\sigma$  розрахуємо поріг визначення аномалії:

$$T_{wheat\_fob} = x_i \pm 3\sigma = 210,23 \pm 3 \cdot 36,88 = [99,61; 320,86]. \quad (3.12)$$

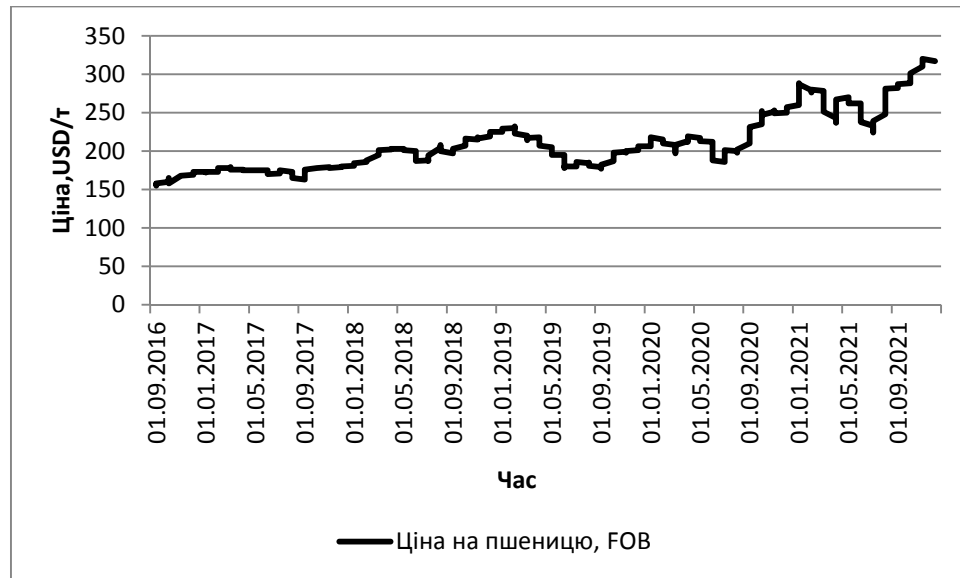


Рисунок 3.4 – Динаміка ціни на пшеницю у портах України за базисом умов поставки FOB, пропозиція

*Джерело: побудовано автором на основі даних [24]*

Всі 277 значень часового ряду не виходять за межі порогу, тому аномалії для часового ряду ціни на пшеницю у портах України за базисом умов поставки FOB не виявлено.

Часовий ряд ціни попиту на кукурудзу за базисом умов поставки СРТ-порт для експорту складається з 271 значення за період з 28 жовтня 2016р. по 3 грудня 2021р. (рис.3.5).

Для виявлення аномалії розрахуємо за формулами (2.1) та (2.2) математичне сподівання та середньоквадратичне відхилення часового ряду:

$$\bar{x}_{corn\_spt} = 182,06 \text{ USD/t}, \quad (3.13)$$

$$\sigma_{corn\_spt} = 38,77. \quad (3.14)$$

За правилом  $3\sigma$  розрахуємо поріг визначення аномалії:

$$T_{corn\_spt} = x_i \pm 3\sigma = 182,06 \pm 3 \cdot 38,77 = [65,74; 298,38]. \quad (3.15)$$





Рисунок 3.5 – Динаміка ціни на кукурудзу у портах України за базисом умов поставки СРТ-порт, експорт

*Джерело: побудовано автором на основі даних [24]*

Всі 271 значення часового ряду не виходять за межі порогу, тому аномалії для часового ряду ціни на кукурудзу у портах України за базисом умов поставки СРТ-порт, експорт не виявлено.

Часовий ряд ціни пропозиції на кукурудзу за базисом умов поставки FOB складається з 278 значень за період з 9 вересня 2016р. по 3 грудня 2021р. (рис.3.6).

За формулами (2.1) та (2.2) розрахуємо математичне сподівання та середньоквадратичне відхилення часового ряду:

$$\bar{x}_{com\_fob} = 197,26 \text{ USD/т}, \quad (3.16)$$

$$\sigma_{com\_fob} = 39,59. \quad (3.17)$$

За правилом  $3\sigma$  розрахуємо поріг визначення аномалії:

$$T_{com\_fob} = x_i \pm 3\sigma = 197,26 \pm 3 \cdot 39,59 = [78,50; 316,02]. \quad (3.18)$$

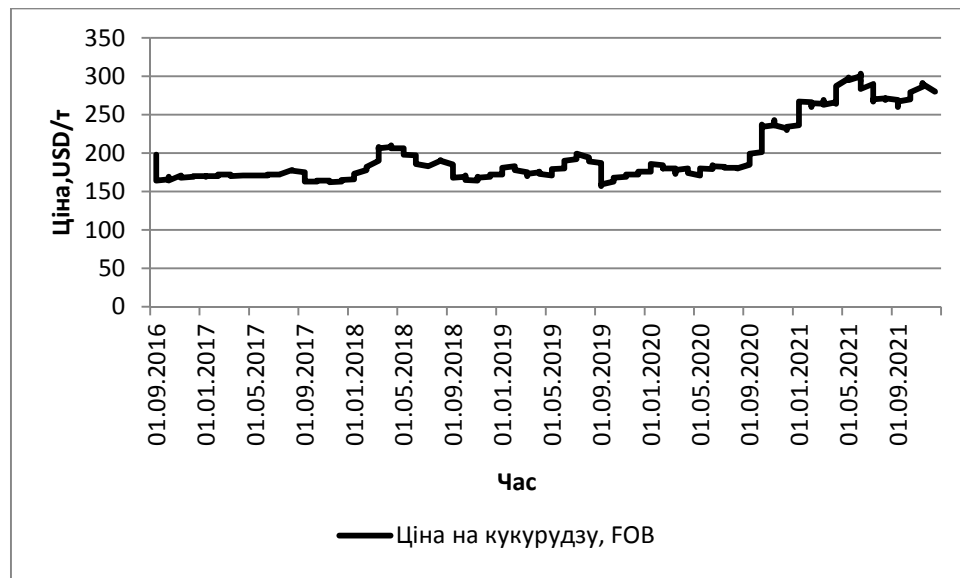


Рисунок 3.6 – Динаміка ціни на кукурудзу у портах України за базисом умов поставки FOB, пропозиція

*Джерело: побудовано автором на основі даних [24]*

Всі 278 значень часового ряду не виходять за межі порогу, тому аномалії для часового ряду ціни на кукурудзу у портах України за базисом умов поставки FOB не виявлено.

### 3.2 Крос-кореляційний аналіз цін на аграрну продукцію у портових терміналах України та світових цін на зернові

Для подальшого аналізу було проведено крос-кореляційний аналіз між цінами на зернові у портових терміналах України (табл. А.1 – А.3 Додатку А) та світовими цінами на зернові (табл. Б.1 Додатку Б). Ціни на зернові у портових терміналах України отримано методом перерахунку тижневих цін за даними інформаційно-аналітичного агентства «АПК-Інформ» у місячні, а світові ціни на зернові з сайту FRED. За результатами крос-кореляційного аналізу зроблено класифікацію статистичних показників на випереджаючі, співпадаючі та запізнюючі [37].

Найбільше абсолютне значення коефіцієнта крос-кореляції у момент часу  $t$  мають співпадаючі індикатори. Запізнюючі індикатори мають

найбільше абсолютне значення коефіцієнта крос-кореляції в момент часу праворуч від  $t$ . Випереджаючі індикатори мають найбільше абсолютне значення коефіцієнта крос-кореляції в момент часу ліворуч від  $t$ .

Результати крос-кореляційного аналізу ціни на ячмінь у портах України за базисом умов поставки СРТ-порт, експорт та світової ціни на ячмінь (Global price of Barley (PBARLUSDM)) представлено на рис. 3.7.

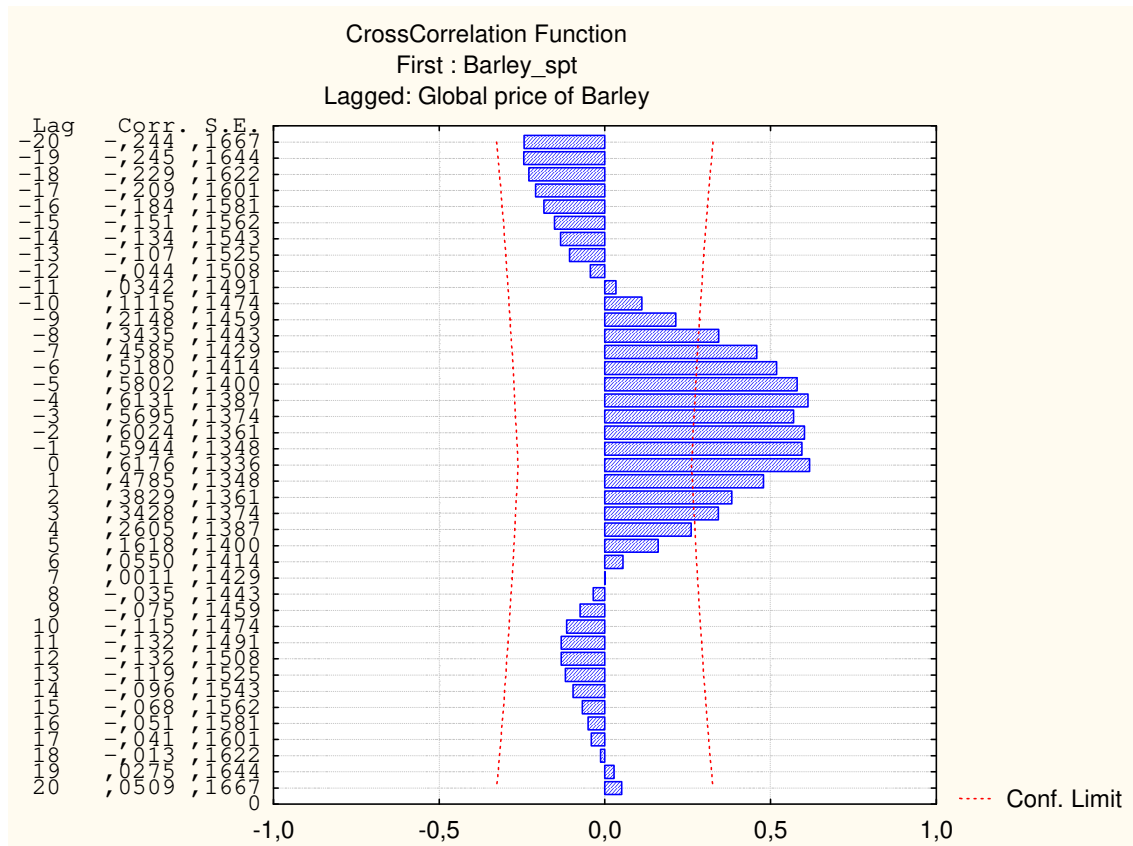


Рисунок 3.7 – Результат крос-кореляційного аналізу ціни на ячмінь у портах України за базисом умов поставки СРТ-порт, експорт та світової ціни на ячмінь (PBARLUSDM)

*Джерело: розраховано автором*

Найбільше абсолютне значення коефіцієнта крос-кореляції дорівнює 0,6176 у момент часу  $t$ , що свідчить про середній зв'язок між показниками та про те, що вони є співпадаючими індикаторами. Тобто цінові зміни на світовому ринку ячменю одразу відображаються у змінах ціни на ячмінь у портах України за базисом умов поставки СРТ-порт, експорт.

Результати крос-кореляційного аналізу ціни на ячмінь у портах України за базисом умов поставки FOB та світової ціни на ячмінь (Global price of Barley (PBARLUSDM)) представлено на рис. 3.8.

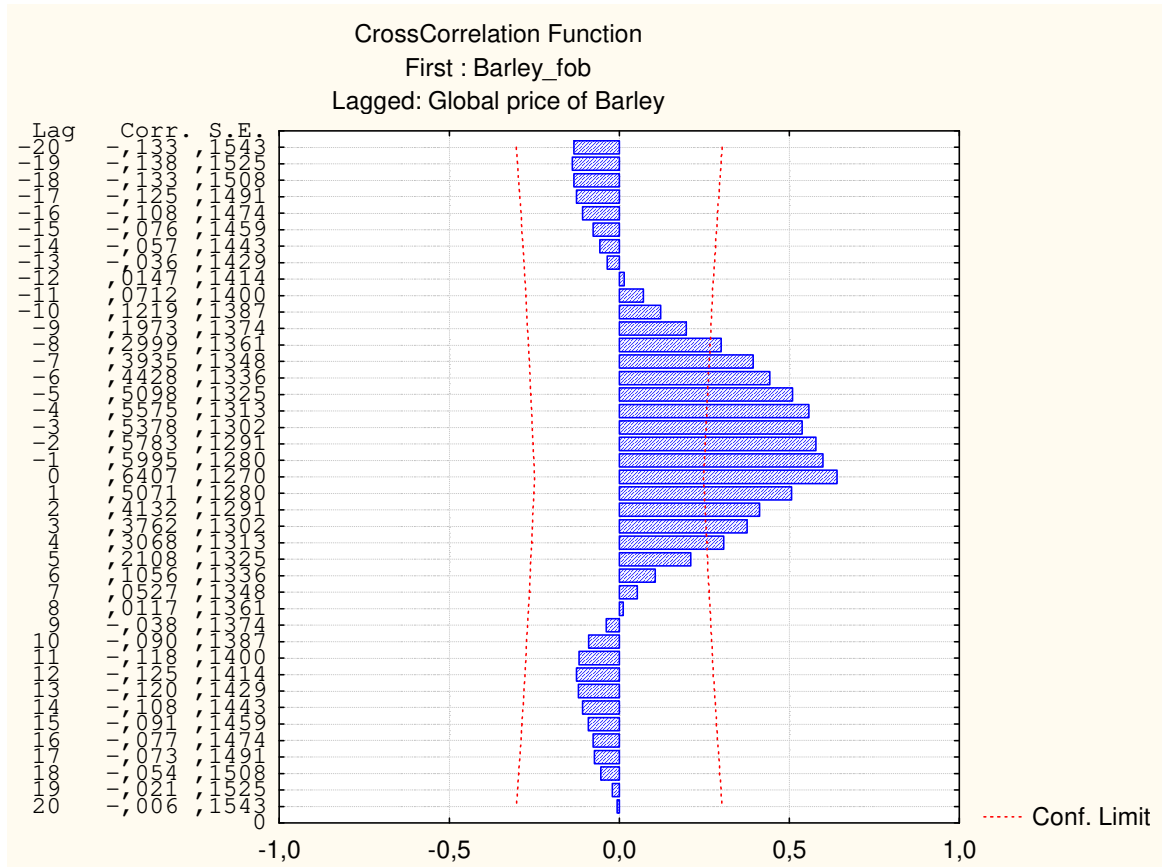


Рисунок 3.8 – Результат крос-кореляційного аналізу ціни на ячмінь у портах України за базисом умов поставки FOB та світової ціни на ячмінь (PBARLUSDM)

*Джерело: розраховано автором*

Найбільше абсолютне значення коефіцієнта крос-кореляції дорівнює 0,6407 у момент часу  $t$ , що свідчить про середній зв'язок між показниками та про те, що вони є співпадаючими індикаторами. Тобто цінові зміни на світовому ринку ячменю одразу відображаються у змінах ціни на ячмінь у портах України за базисом умов поставки FOB.

Результати крос-кореляційного аналізу ціни на пшеницю у портах України за базисом умов поставки СРТ-порт, експорт та світової ціни на

пшеницю (Global price of Wheal (PWHEAMTUSDM)) представлено на рис. 3.9.

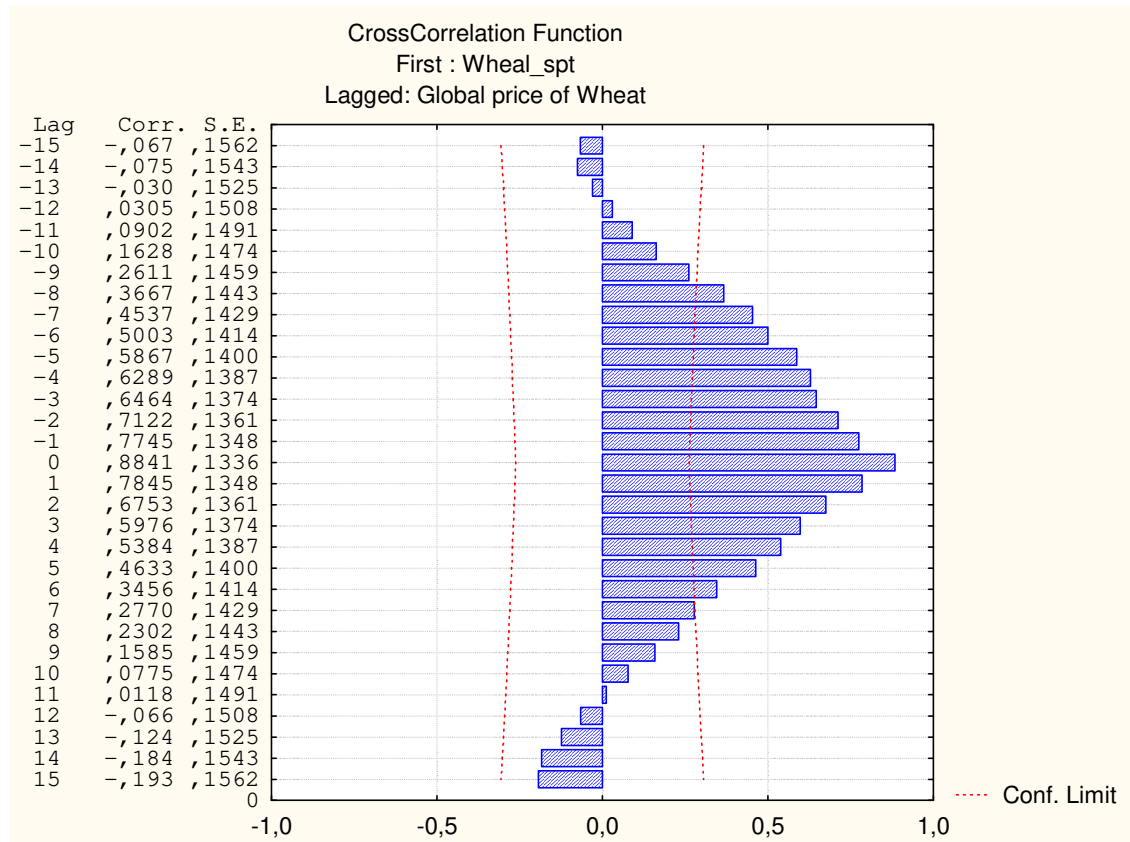


Рисунок 3.9 – Результат крос-кореляційного аналізу ціни на пшеницю у портах України за базисом умов поставки СРТ-порт, експорт та світової ціни на пшеницю (PWHEAMTUSDM)

*Джерело: розраховано автором*

Найбільше абсолютне значення коефіцієнта крос-кореляції дорівнює 0,8841 у момент часу  $t$ , що свідчить про сильний зв'язок між показниками та про те, що вони є співпадаючими індикаторами. Тобто цінові зміни на світовому ринку пшениці дуже швидко відображаються у змінах ціни на пшеницю у портах України за базисом умов поставки СРТ-порт, експорт.

Результати крос-кореляційного аналізу ціни на пшеницю у портах України за базисом умов поставки FOB та світової ціни на пшеницю (Global price of Wheal (PWHEAMTUSDM)) представлено на рис. 3.10.

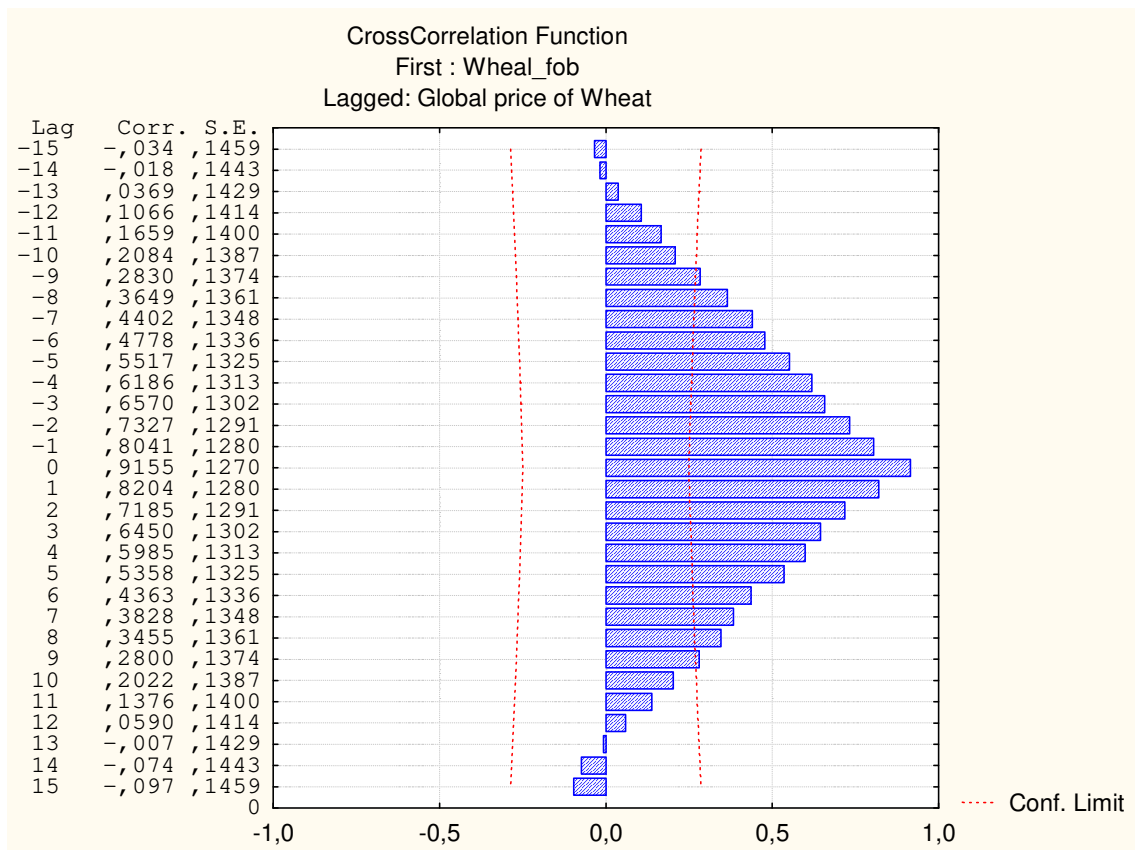


Рисунок 3.10 – Результат крос-кореляційного аналізу ціни на пшеницю у портах України за базисом умов поставки FOB та світової ціни на пшеницю (PWHEAMTUSDM)

*Джерело: розраховано автором*

Найбільше абсолютне значення коефіцієнта крос-кореляції дорівнює 0,9155 у момент часу  $t$ , що свідчить про сильний зв'язок між показниками та про те, що вони є співпадаючими індикаторами. Тобто цінові зміни на світовому ринку пшениці швидко впливають на зміни ціни на пшеницю у портах України за базисом умов поставки FOB.

Результати крос-кореляційного аналізу ціни на кукурудзу у портах України за базисом умов поставки СРТ-порт, експорт та світової ціни на кукурудзу (Global price of Corn (PMAIZMTUSDM)) представлено на рис. 3.11.

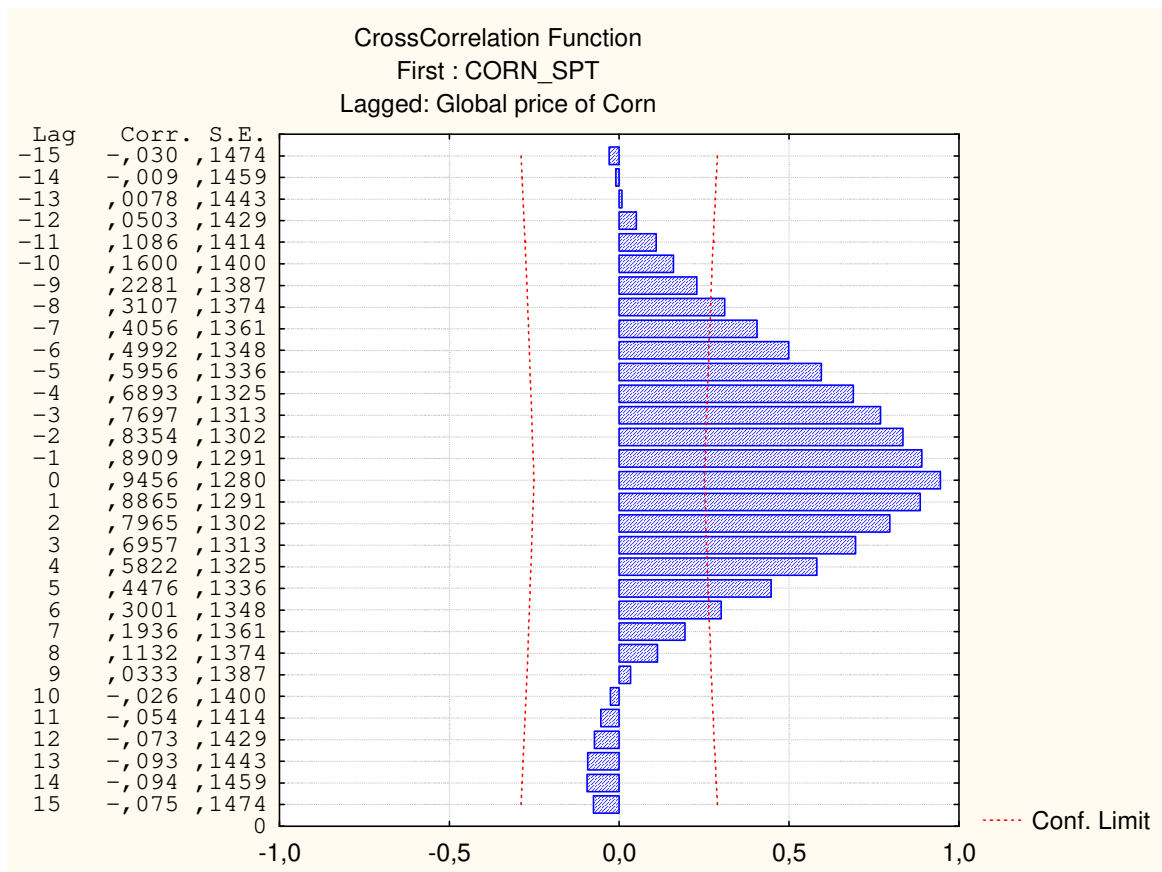


Рисунок 3.11 – Результат крос-кореляційного аналізу ціни на кукурудзу у портах України за базисом умов поставки СРТ-порт, експорт та світової ціни на кукурудзу (PMAIZMTUSDM)

*Джерело: розраховано автором*

Найбільше абсолютне значення коефіцієнта крос-кореляції дорівнює 0,9456 у момент часу  $t$ , що свідчить про сильний зв'язок між показниками та про те, що вони є співпадаючими індикаторами. Тобто цінові зміни на світовому ринку кукурудзи дуже швидко відображаються у змінах ціни на кукурудзу у портах України за базисом умов поставки СРТ-порт, експорт.

Результати крос-кореляційного аналізу ціни на кукурудзу у портах України за базисом умов поставки FOB та світової ціни на кукурудзу (Global price of Corn (PMAIZMTUSDM)) представлено на рис. 3.12.

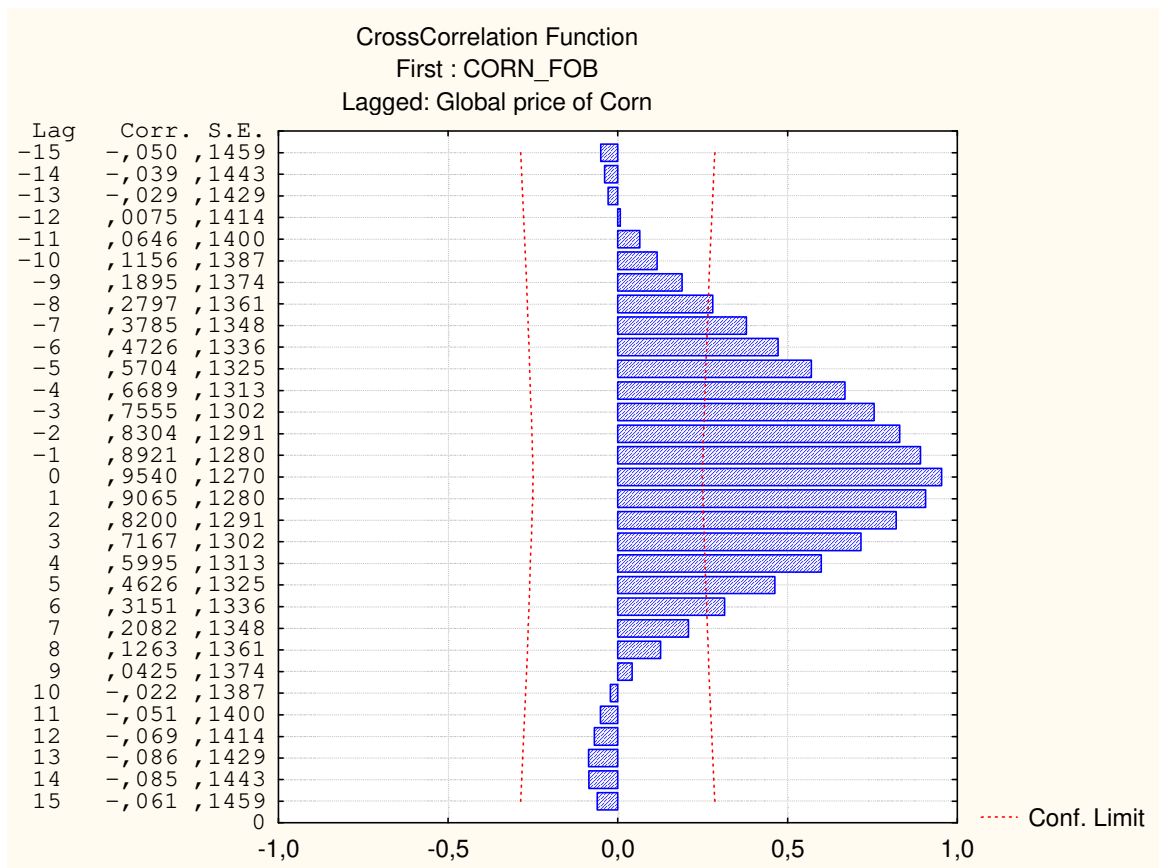


Рисунок 3.12 – Результат крос-кореляційного аналізу ціни на кукурудзу у портах України за базисом умов поставки FOB та світової ціни на кукурудзу (PMAIZMTUSDМ)

*Джерело: розраховано автором*

Найбільше абсолютне значення коефіцієнта крос-кореляції дорівнює 0,9540 у момент часу  $t$ , що свідчить про сильний зв'язок між показниками та про те, що вони є співпадаючими індикаторами. Тобто цінові зміни на світовому ринку кукурудзи швидко впливають на зміни ціни на кукурудзу у портах України за базисом умов поставки FOB.

За результатами крос-кореляційного аналізу можна зробити висновок про те, що найбільший вплив світові ціни на аграрну продукцію здійснюють на ціну кукурудзи у портових терміналах України (як за умовами поставки СРТ, так й FOB) та на ціну пшениці за умовами поставки FOB. Ціни на ячмінь у портових терміналах України середнє залежать від світових цін.



### 3.3 Прогнозування цін на ячмінь у портових терміналах України

Для аналізу поведінки часових рядів з вираженими коливаннями та побудови математичних моделей, що описують цю поведінку, широко використовують лінійну стохастичну модель авторегресії та ковзного середнього ARIMA або авторегресії та проінтегрованого ковзного середнього ARIMA. Ця модель пов'язує поточне значення змінної, що досліджується, зі значеннями цієї ж змінної у попередні моменти часу, а також з поточним та попередніми значеннями залишків моделі.

На основі помісячних даних з 4 жовтня 2016р. по 26 листопада 2021р. побудуємо прогноз ціни на ячмінь у портах України за базисом умов поставки СРТ-порт, експорт [24]. Часовий ряд складається з 268 значень. За результатами перевірки на аномалії жодне зі значень не було виключено з розгляду.

Розділимо часовий ряд на навчальну та тестову вибірки. До навчальної вибірки увійдуть 258 перших значень часового ряду (96%), а до тестової – останні 10 (4%).

До навчального часового ряду застосуємо етап ідентифікації моделі, шляхом визначення та аналізу автокореляційної та часної автокореляційної функцій (АКФ та ЧАКФ) ряду. Це можливо тільки для стаціонарних часових рядів. Для переходу до стаціонарного часового ряду розрахуємо різницю першого порядку ( $d = 1$ ):  $Y_t = \Delta X_t = X_t - X_{t-1}$ . Довжина перетвореного часового ряду зменшиться на одиницю й дорівнюватиме 257.

Визначимо АКФ та ЧАКФ цього ряду (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Значення АКФ та ЧАКФ ряду  $Y_t$

Лаг	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
АКФ	0,42	0,21	0,06	-0,11	-0,17	-0,13	-0,03	-0,08	0,03	-0,05	0,01	0,12
ЧАКФ	0,42	0,05	-0,05	-0,15	-0,09	0,01	-0,07	-0,10	0,07	-0,12	0,06	0,14

*Джерело: розраховано автором*

Межі, при виході за які коефіцієнти залишаються значущими з ймовірністю, близькою до 0,95 (Р значення близько до 0,05), визначаються за формулою [38]:

$$\pm \frac{2}{\sqrt{n}} = \pm \frac{2}{\sqrt{257}} = \pm 0,125, \quad (3.19)$$

де  $n$  – число рівнів ряду.

З цього діапазону виходять перше, друге, п'яте та шосте значення АКФ та перше, четверте та дванадцяте значення ЧАКФ, решта значень утворюють синусоїду, з убуваючою амплітудою, відповідно, ряд є стаціонарним. Проведемо тепер оцінювання параметрів моделі у пакеті STATISTICA 8. Мінімальні значення варіації залишків  $SS_{\text{зал}}$  для різних поєднань  $p$  та  $q$  наведено у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Мінімальні значення варіації залишків  $SS_{\text{зал}}$

p	q					
	0	1	2	3	4	
0	-	3626,856	3511,822	3408,392	-	
1	3482,757	-	-	-	-	
2	-	-	3364,468	3237,80	-	
3	-	-	3232,76	-	-	
4	-	-	-	-	-	

Примітка: “-” означає, що параметри моделі не є значущими.

*Джерело: розраховано автором*

Найменше значення  $SS_{\text{зал}}$  має модель при  $p = 3$  та  $q = 2$ . Але слід мати на увазі, що більш складні моделі мають кращі апроксимуючі властивості та одночасно менш стійкі, що для прогнозування є визначальним фактором.

Тому для вибору кращої моделі використовують так звані інформаційні критерії: Акаїке, Шварца тощо. Згідно з критерієм Акаїке [39] серед альтернативних моделей обирається та модель, для якої мінімізується величина:

$$AIC = \ln\left(\frac{SS_{\text{зал.}}}{n}\right) + \frac{2}{n} \cdot (r + 1), \quad (3.20)$$

де  $n$  – число спостережень (залишків);

$r$  – число параметрів моделі.

Розраховані значення АІС представлені у табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Значення критерію Акаїке

р	q					
		0	1	2	3	4
0	–	–	2,663	2,638	2,616	–
1	2,622	–	–	–	–	–
2	–	–	–	2,611	2,580	
3				2,579		
4						

*Джерело: розраховано автором*

За значенням критерію Акаїке будемо обирати кращу модель між моделями ARIMA(2,1,3) та ARIMA(3,1,2), оскільки вони мають майже однакові значення критерію (2,58).

Для оцінки точності прогнозу на тестовій вибірці будемо використовувати середню абсолютну похибку у відсотках (MAPE):

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|Y_t - \hat{Y}_t|}{Y_t}, \quad (3.21)$$

де  $Y_t$  – фактичне значення ціни за період, що аналізується,  
 $\hat{Y}_t$  – значення прогнозної моделі за період, що аналізується,  
 $n$  – кількість періодів.

За результатами розрахунків на тестовій вибірці (10 періодів) отримуємо, що значення MAPE для моделі ARIMA(2,1,3) дорівнює 6%, а для моделі ARIMA(3,1,2) – 6,01%. Обираємо модель з найменшим значенням MAPE – модель ARIMA(2,1,3). Коефіцієнти цієї моделі:  $p_1 = 1,0292$ ,  $p_2 = -0,8182$ ,  $q_1 = 0,66714$ ,  $q_2 = -0,6702$ ,  $q_3 = -0,2428$ . Коефіцієнти моделі є значущими за критерієм Стюдента.

Коефіцієнти автокореляції та часної автокореляції залишків моделі незначущі (не виходять за межі довірчого коридору) й розміщені хаотично, тому залишки незалежні (рис.3.13).

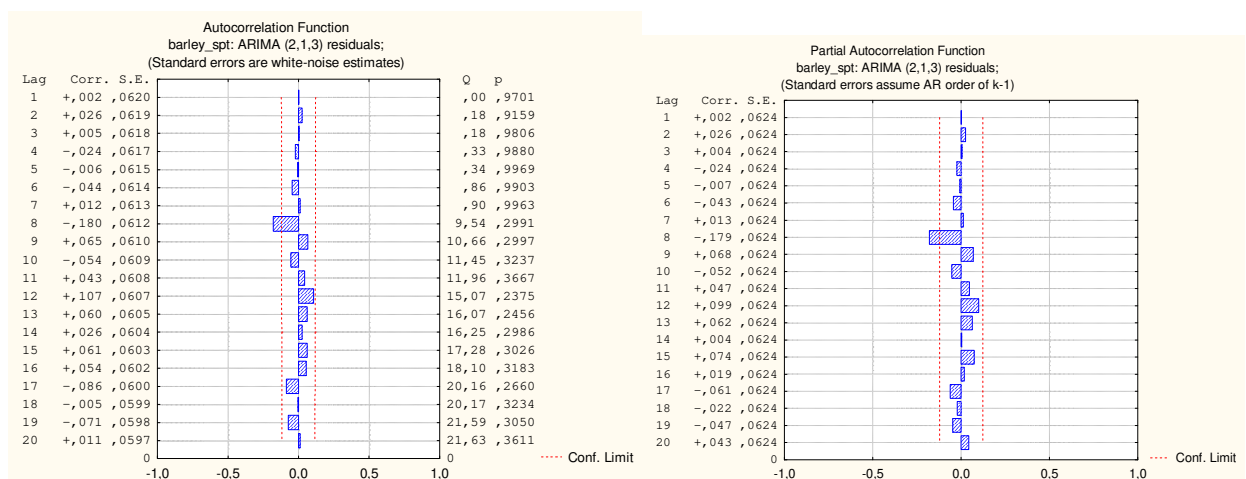


Рисунок 3.13 Графік АКФ та ЧАКФ залишків моделі для ціни на ячмінь у портах України за базисом умов поставки СРТ-порт, експорт

*Джерело: розраховано автором*

Прогнозні значення на майбутні 5 періодів, їх довірчі інтервали та стандартну похибку розраховано у пакеті STATISTICA 8 та наведено у табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Параметри прогнозних значень ціни на ячмінь у портах України за базисом умов поставки СРТ-порт, експорт за моделлю ARIMA (3,1,2)

Індекс дня	Прогнозне значення	Нижня межа довірчого інтервалу, 90%	Верхня межа довірчого інтервалу, 90%	Стандартна похибка прогнозу
26.11.2021	239,0583	208,7341	269,3824	18,36799
03.12.2021	239,2809	207,4363	271,1255	19,28895
10.12.2021	239,7962	206,6475	272,9449	20,07888
17.12.2021	240,1443	205,8235	274,4652	20,78886
24.12.2021	240,0811	204,6018	275,5603	21,49058

*Джерело: розраховано автором*

Таким чином, можна зробити висновок, що ціна на ячмінь у портах України за базисом умов поставки СРТ-порт, експорт, буде продовжувати коливатися навколо 240 \$USD за тонну.

На основі помісячних даних з 9 вересня 2016р. по 3 грудня 2021р. побудуємо прогноз ціни на ячмінь у портах України за базисом умов поставки FOB [24]. Часовий ряд складається з 278 значень. За результатами перевірки на аномалії жодне зі значень не було виключено з розгляду.

Розділимо часовий ряд на навчальну та тестову вибірки. До навчальної вибірки увійдуть 268 перших значень часового ряду (96%), а до тестової – останні 10 (4%).

До навчального часового ряду застосуємо етап ідентифікації моделі, шляхом визначення та аналізу автокореляційної та часної автокореляційної функцій (АКФ та ЧАКФ) ряду. Для переходу до стаціонарного часового ряду

розрахуємо різницю першого порядку ( $d=1$ ):  $Y_t = \Delta X_t = X_t - X_{t-1}$ . Довжина перетвореного часового ряду зменшиться на одиницю й дорівнюватиме 267.

Визначимо АКФ та ЧАКФ цього ряду (табл. 3.5).

Таблиця 3.5 – Значення АКФ та ЧАКФ ряду  $Y_t$

Лаг	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
АКФ	0,49	0,21	0,04	-0,06	-0,11	-0,13	-0,06	-0,02	-0,05	-0,09	0,01	0,05
ЧАКФ	0,49	-0,04	-0,05	-0,06	-0,07	0,05	0,04	0,00	-0,08	-0,07	0,11	0,01

*Джерело: розраховано автором*

Межі, при виході за які коефіцієнти залишаються значущими з ймовірністю, близькою до 0,95 (Р значення близько до 0,05) дорівнюють  $\pm 0,122$ . З цього діапазону виходять перше, друге, шосте значення АКФ та перше значення ЧАКФ, решта значень утворюють синусоїду, з убиваючою амплітудою, відповідно, ряд є стаціонарним. Проведемо тепер оцінювання параметрів моделі у пакеті STATISTICA 8. Мінімальні значення варіації залишків  $SS_{\text{зал}}$  для різних поєднань  $p$  та  $q$  наведено у таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Мінімальні значення варіації залишків  $SS_{\text{зал}}$

p	q					
		0	1	2	3	4
	0	-	3211,127	3078,366	-	-
	1	3068,445	-	-	-	-
	2	-	3042,925	-	3022,429	-
	3	-	-	-	-	-
	4	-	-	-	-	-

Примітка: “-” означає, що параметри моделі не є значущими.

*Джерело: розраховано автором*

Найменше значення  $SS_{зал}$  має модель при  $p=1$  та  $q=0$ . Розраховані значення критерію Акаїке (AIC) представлені у табл. 3.7. За значенням критерію Акаїке оберемо кращою моделлю ARIMA(1,1,0). Коефіцієнти цієї моделі:  $p_1=0,49631$ . Коефіцієнти моделі є значущими за критерієм Стюдента. За результатами розрахунків на тестовій вибірці (10 періодів) отримуємо, що значення MAPE для моделі ARIMA(1,1,0) дорівнює 6,9%.

Таблиця 3.7 – Значення критерію Акаїке

p	q					
	0	1	2	3	4	
0	–	2,50211	2,467378	–	–	
1	2,456659	–	–	–	–	
2	–	2,463288	–	2,471511	–	
3	–	–	–	–	–	
4	–	–	–	–	–	

*Джерело: розраховано автором*

Коефіцієнти автокореляції та часної автокореляції залишків моделі незначущі (не виходять за межі довірчого коридору) й розміщені хаотично, тому залишки незалежні (рис.3.14).

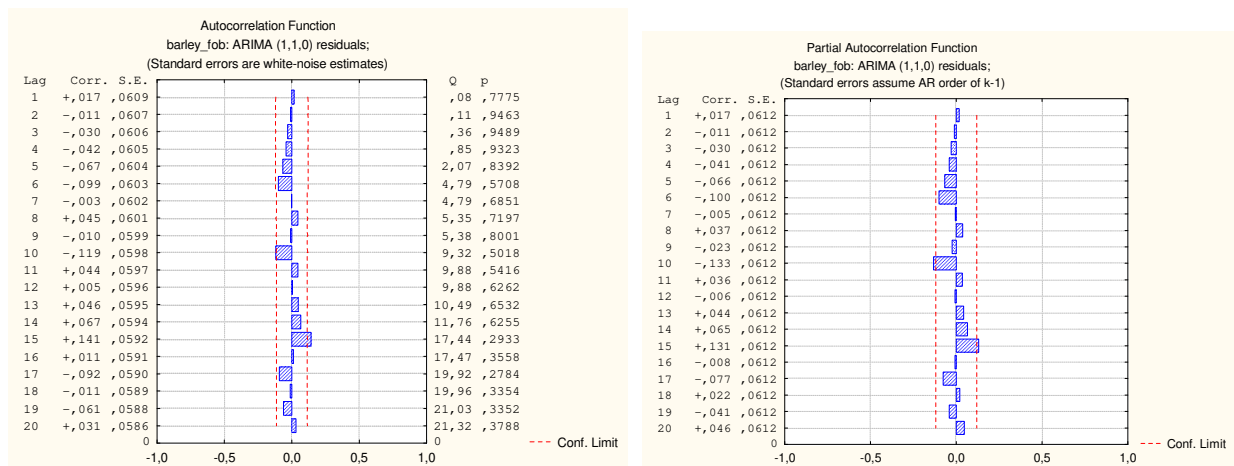


Рисунок 3.14 Графік АКФ та ЧАКФ залишків моделі для ціни на ячмінь у портах України за базисом умов поставки FOB

*Джерело: розраховано автором*

Прогнозні значення на майбутні 5 періодів, їх довірчі інтервали та стандартну похибку розраховано у пакеті STATISTICA 8. За результатами розрахунків можна зробити висновок, що ціна на ячмінь у портах України за базисом умов поставки FOB буде складати близько 265 \$USD за тонну.

### 3.4 Прогнозування цін на пшеницю у портових терміналах України

На основі помісячних даних з 10 березня 2017р. по 26 листопада 2021р. побудуємо прогноз ціни на пшеницю у портах України за базисом умов поставки СРТ-порт, експорт [24]. Часовий ряд складається з 251 значення. За результатами перевірки на аномалії було виключено з розгляду значення за 26 листопада 2021р. Тому, часовий ряд для прогнозування складатиметься з 250 значень.

Розділимо часовий ряд на навчальну та тестову вибірки. До навчальної вибірки увійдуть 241 перших значень часового ряду (96%), а до тестової – останні 9 (4%).

До навчального часового ряду застосуємо етап ідентифікації моделі, шляхом визначення та аналізу автокореляційної та часної автокореляційної функцій (АКФ та ЧАКФ) ряду. Для переходу до стаціонарного часового ряду розрахуємо різницю першого порядку ( $d=1$ ):  $Y_t = \Delta X_t = X_t - X_{t-1}$ . Довжина перетвореного часового ряду зменшиться на одиницю й дорівнюватиме 240.

Визначимо АКФ та ЧАКФ цього ряду (табл. 3.8).

Таблиця 3.8 – Значення АКФ та ЧАКФ ряду  $Y_t$

Лаг	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
АКФ	0,50	0,18	-0,01	-0,11	-0,12	-0,04	-0,06	-0,09	-0,04	-0,08	-0,15	-0,02
ЧАКФ	0,50	-0,10	-0,08	-0,08	-0,02	0,05	-0,09	-0,06	0,04	-0,09	-0,12	0,14

*Джерело: розраховано автором*



Межі, при виході за які коефіцієнти залишаються значущими з ймовірністю, близькою до 0,95 (Р значення близько до 0,05) дорівнюють  $\pm 0,129$ . З цього діапазону виходять перше та дванадцяте значення ЧАКФ, решта значень утворюють синусоїду, з убуваючою амплітудою, відповідно, ряд є стаціонарним. Проведемо тепер оцінювання параметрів моделі у пакеті STATISTICA 8. Мінімальні значення варіації залишків  $SS_{зал}$  для різних поєднань  $p$  та  $q$  наведено у табл. 3.9, а критерію Акаїке у табл. 3.10.

Таблиця 3.9 – Мінімальні значення варіації залишків  $SS_{зал}$

p	q					
		0	1	2	3	4
0	–	4206,1315	4025,97	–	–	–
1	4048,184	–	–	–	4008,812	–
2	–	3966,542	–	–	3822,357	–
3	–	–	–	–	–	–
4	–	–	–	–	–	–

Примітка: “–” означає, що параметри моделі не є значущими.

*Джерело: розраховано автором*

Таблиця 3.10 – Значення критерію Акаїке

p	q					
		0	1	2	3	4
0	–	2,880	2,844	–	–	–
1	–	–	2,842	2,857	–	–
2	–	2,838	–	2,818	–	–
3	–	–	–	–	–	–
4	–	–	–	–	–	–

*Джерело: розраховано автором*

За значенням критерію Акаїке найкращою моделлю обрано модель ARIMA(2,1,3). За результатами розрахунків на тестовій вибірці (9 періодів)

отримуємо, що значення MAPE для моделі ARIMA(2,1,3) дорівнює 2,84%. Коефіцієнти цієї моделі:  $p_1 = 1,1783$ ,  $p_2 = -0,9485$ ,  $q_1 = 0,70472$ ,  $q_2 = -0,5268$ ,  $q_3 = -0,3840$ . Коефіцієнти моделі є значущими за критерієм Стюдента. Коефіцієнти автокореляції та часної автокореляції залишків моделі незначущі (не виходять за межі довірчого коридору) й розміщені хаотично, тому залишки незалежні (рис.3.15). Прогнозні значення на майбутні 5 періодів, їх довірчі інтервали та стандартну похибку розраховано у пакеті STATISTICA 8 та наведено у табл. 3.11.

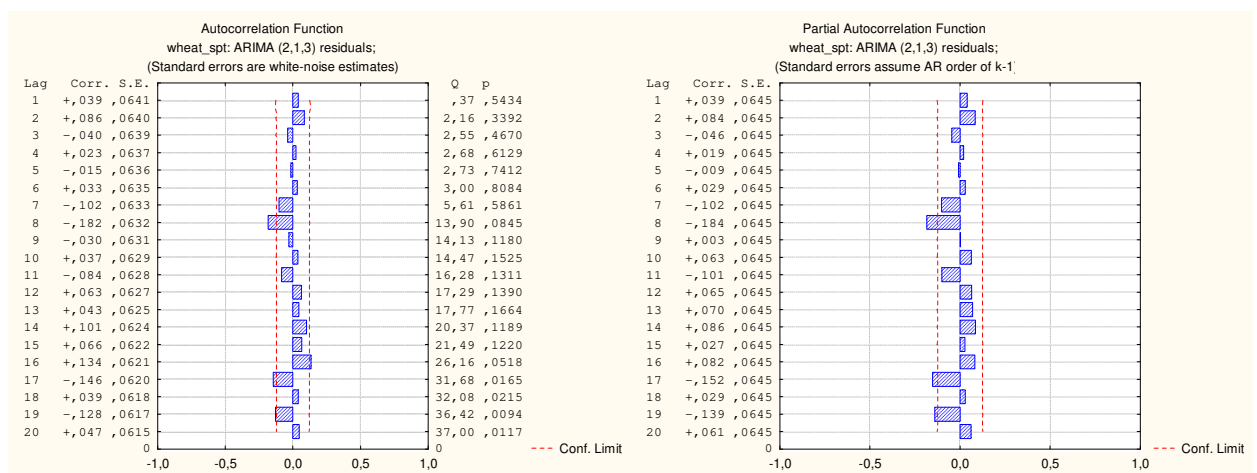


Рисунок 3.15 Графік АКФ та ЧАКФ залишків моделі для ціни на пшеницю у портах України за базисом умов поставки СРТ-порт, експорт

*Джерело: розраховано автором*

Таблиця 3.11 – Параметри прогнозних значень ціни на пшеницю у портах України за базисом умов поставки СРТ-порт, експорт за моделлю ARIMA (3,1,2)

Індекс дня	Прогнозне значення	Нижня межа довірчого інтервалу, 90%	Верхня межа довірчого інтервалу, 90%	Стандартна похибка прогнозу
26.11.2021	264,2495	230,3141	298,1849	20,54995
03.12.2021	264,7846	229,1023	300,4669	21,60777
10.12.2021	266,6908	229,5329	303,8487	22,50135
17.12.2021	268,4293	230,0037	306,8549	23,26902
24.12.2021	268,6698	229,0308	308,3088	24,00381

*Джерело: розраховано автором*

Таким чином, можна зробити висновок, що ціна на пшеницю у портах України за базисом умов поставки СРТ-порт, експорт, буде продовжувати зростати.

На основі помісячних даних з 9 вересня 2016р. по 3 грудня 2021р. побудуємо прогноз ціни на пшеницю у портах України за базисом умов поставки FOB [24]. Часовий ряд складається з 277 значень. За результатами перевірки на аномалії жодне зі значень не було виключено з розгляду.

Розділимо часовий ряд на навчальну та тестову вибірки. До навчальної вибірки увійдуть 267 перших значень часового ряду (96%), а до тестової – останні 10 (4%).

До навчального часового ряду застосуємо етап ідентифікації моделі, шляхом визначення та аналізу автокореляційної та часної автокореляційної функцій (АКФ та ЧАКФ) ряду. Для переходу до стаціонарного часового ряду розрахуємо різницю першого порядку ( $d=1$ ):  $Y_t = \Delta X_t = X_t - X_{t-1}$ . Довжина перетвореного часового ряду зменшиться на одиницю й дорівнюватиме 266.

Визначимо АКФ та ЧАКФ цього ряду (табл. 3.12).

Таблиця 3.12 – Значення АКФ та ЧАКФ ряду  $Y_t$

Лаг	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
АКФ	0,43	0,22	0,03	-0,12	-0,15	-0,06	-0,09	-0,07	-0,07	-0,11	0,07	0,04
ЧАКФ	0,43	0,04	-0,09	-0,14	-0,04	0,07	-0,08	-0,04	-0,04	-0,07	0,00	0,09

*Джерело: розраховано автором*

Межі, при виході за які коефіцієнти залишаються значущими з ймовірністю, близькою до 0,95 (р значення близько до 0,05) дорівнюють  $\pm 0,122$ . З цього діапазону виходять перше та четверте значення ЧАКФ, решта значень утворюють синусоїду, з убуваючою амплітудою, відповідно, ряд є стаціонарним. Проведемо тепер оцінювання параметрів моделі у пакеті

STATISTICA 8. Мінімальні значення варіації залишків  $SS_{зал}$  для різних поєднань  $p$  та  $q$  наведено у таблиці 3.13, а критерію Акаїке у табл. 3.14.

За значенням критерію Акаїке оберемо кращою моделлю ARIMA(3,1,2). Коефіцієнти цієї моделі:  $p_1 = 1,430$ ,  $p_2 = -1,374$ ,  $p_3 = 0,375$ ,  $q_1 = 1,0152$ ,  $q_2 = -0,9983$ . Коефіцієнти моделі є значущими за критерієм Стюдента. За результатами розрахунків на тестовій вибірці (10 періодів) отримуємо, що значення MAPE для моделі ARIMA(3,1,2) дорівнює 4,98%.

Таблиця 3.13 – Мінімальні значення варіації залишків  $SS_{зал}$

p	q					
		0	1	2	3	4
0	–	4516,243	4325,332	4221,88	–	–
1	4307,869	–	–	–	–	–
2	–	4273,247	4192,078	–	–	–
3	–	–	4128,124	–	–	–
4	–	–	–	–	–	–

Примітка: “–” означає, що параметри моделі не є значущими.

Джерело: розраховано автором

Таблиця 3.14 – Значення критерію Акаїке

p	q					
		0	1	2	3	4
0	–	2,847	2,811	2,795	–	–
1	2,800	–	–	–	–	–
2	–	2,807	2,795	–	–	–
3	–	–	2,787	–	–	–
4	–	–	–	–	–	–

Джерело: розраховано автором

Коефіцієнти автокореляції та часної автокореляції залишків моделі незначущі (не виходять за межі довірчого коридору) й розміщені хаотично,

тому залишки незалежні (рис.3.16). Прогнозні значення на майбутні 5 періодів, їх довірчі інтервали та стандартну похибку розраховано у пакеті STATISTICA 8.

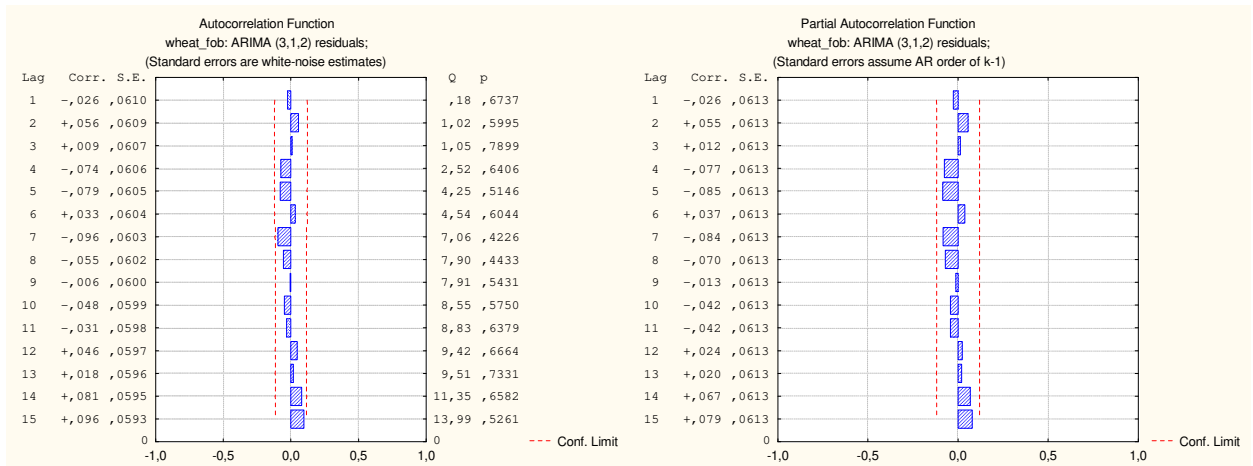


Рисунок 3.16 Графік АКФ та ЧАКФ залишків моделі для ціни на пшеницю у портах України за базисом умов поставки FOB

*Джерело: розраховано автором*

За результатами розрахунків можна зробити висновок, що ціна на пшеницю у портах України за базисом умов поставки FOB буде продовжувати зростати до 290 \$США за тонну.

### 3.5 Прогнозування цін на кукурудзу у портових терміналах України

На основі помісячних даних з 28 жовтня 2016р. по 3 грудня 2021р. побудуємо прогноз ціни на кукурудзу у портах України за базисом умов поставки СРТ-порт, експорт [24]. Часовий ряд складається з 271 значення. За результатами перевірки на аномалії жодного значення часового ряду не було виключено.

Розділимо часовий ряд на навчальну та тестову вибірки. До навчальної вибірки увійдуть 261 перших значень часового ряду (96%), а до тестової – останні 10 (4%).

До навчального часового ряду застосуємо етап ідентифікації моделі, шляхом визначення та аналізу автокореляційної та часної автокореляційної функцій (АКФ та ЧАКФ) ряду. Для переходу до стаціонарного часового ряду розрахуємо різницю першого порядку ( $d=1$ ):  $Y_t = \Delta X_t = X_t - X_{t-1}$ . Довжина перетвореного часового ряду зменшиться на одиницю й дорівнюватиме 260.

Визначимо АКФ та ЧАКФ цього ряду (табл. 3.15).

Таблиця 3.15 – Значення АКФ та ЧАКФ ряду  $Y_t$

Лаг	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
АКФ	0,23	0,11	-0,02	0,08	0,02	-0,08	-0,08	-0,07	-0,03	-0,07	-0,03	-0,08
ЧАКФ	0,23	0,06	-0,06	0,09	-0,01	-0,11	-0,04	-0,04	-0,01	-0,04	0,01	-0,07

*Джерело: розраховано автором*

Межі, при виході за які коефіцієнти залишаються значущими з ймовірністю, близькою до 0,95 (р значення близько до 0,05) дорівнюють  $\pm 0,124$ . З цього діапазону виходить перше значення ЧАКФ, решта значень утворюють синусоїду, з убуваючою амплітудою, відповідно, ряд є стаціонарним. Проведемо тепер оцінювання параметрів моделі у пакеті STATISTICA 8. Мінімальні значення варіації залишків  $SS_{зал}$  для різних поєднань  $p$  та  $q$  наведено у табл. 3.16, а критерію Акаїке у табл. 3.17.

Таблиця 3.16 – Мінімальні значення варіації залишків  $SS_{зал}$

p	q					
		0	1	2	3	4
0		–	4644,568	4558,996	–	–
1	4598,326	–	–	–	–	–
2	–	–	–	–	–	–
3	–	–	–	–	–	–
4	–	–	–	–	–	–

Примітка: “–” означає, що параметри моделі не є значущими.

*Джерело: розраховано автором*

За значенням критерію Акаїке найкращею моделлю обрано модель ARIMA(0,1,2). За результатами розрахунків на тестовій вибірці (10 періодів) отримуємо, що значення MAPE для моделі ARIMA(0,1,2) дорівнює 4,7%. Коефіцієнти цієї моделі:  $q_1 = -0,2384$ ,  $q_2 = -0,1324$ . Коефіцієнти моделі є значущими за критерієм Стюдента.

Таблиця 3.17 – Значення критерію Акаїке

p	q					
	0	1	2	3	4	
0	–	2,898	2,887	–	–	
1	2,888	–	–	–	–	
2	–	–	–	–	–	
3	–	–	–	–	–	
4	–	–	–	–	–	

Джерело: розраховано автором

Коефіцієнти автокореляції та часної автокореляції залишків моделі незначущі (не виходять за межі довірчого коридору) й розміщені хаотично, тому залишки незалежні (рис.3.17).

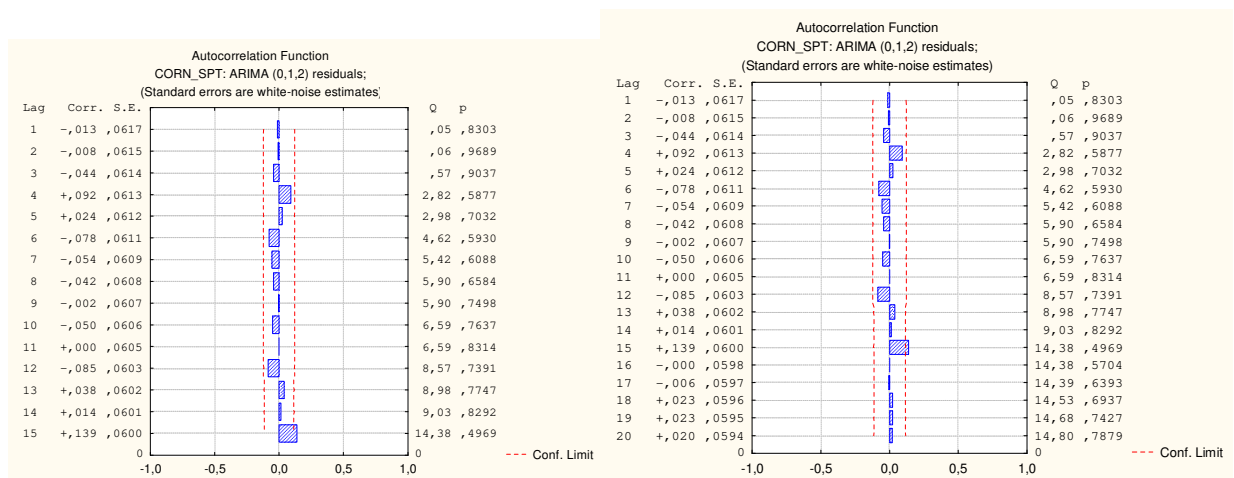


Рисунок 3.17 Графік АКФ та ЧАКФ залишків моделі для ціни на кукурудзу у портах України за базисом умов поставки СРТ-порт, експорт

Джерело: розраховано автором

Прогнозні значення на майбутні 5 періодів, їх довірчі інтервали та стандартну похибку розраховано у пакеті STATISTICA 8 та наведено у табл. 3.18.

Таблиця 3.18 – Параметри прогнозних значень ціни на пшеницю у портах України за базисом умов поставки СРТ-порт, експорт за моделлю ARIMA (0,1,2)

Індекс дня	Прогнозне значення	Нижня межа довірчого інтервалу, 90%	Верхня межа довірчого інтервалу, 90%	Стандартна похибка прогнозу
10.12.2021	249,8836	219,2816	280,4855	18,53784
17.12.2021	249,8836	217,8371	281,9300	19,41289
24.12.2021	249,8836	216,4550	283,3122	20,25017
31.12.2021	249,8836	215,1277	284,6394	21,05417
07.01.2022	249,8836	213,8494	285,9178	21,82858

*Джерело: розраховано автором*

Таким чином, можна зробити висновок, що ціна на кукурудзу у портах України за базисом умов поставки СРТ-порт, експорт, буде на рівні близько 250 \$США за тону.

На основі помісячних даних з 9 вересня 2016р. по 3 грудня 2021р. побудуємо прогноз ціни на кукурудзу у портах України за базисом умов поставки FOB [24]. Часовий ряд складається з 278 значень. За результатами перевірки на аномалії жодне зі значень не було виключено з розгляду.

Розділимо часовий ряд на навчальну та тестову вибірки. До навчальної вибірки увійдуть 268 перших значень часового ряду (96%), а до тестової – останні 10 (4%).

До навчального часового ряду застосуємо етап ідентифікації моделі, шляхом визначення та аналізу автокореляційної та часної автокореляційної функцій (АКФ та ЧАКФ) ряду. Для переходу до стаціонарного часового ряду



розрахуємо різницю першого порядку ( $d=1$ ):  $Y_t = \Delta X_t = X_t - X_{t-1}$ . Довжина перетвореного часового ряду зменшиться на одиницю й дорівнюватиме 267.

Визначимо АКФ та ЧАКФ цього ряду (табл. 3.19).

Таблиця 3.19 – Значення АКФ та ЧАКФ ряду  $Y_t$

Лаг	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
АКФ	0,17	0,13	0,04	0,07	0,01	0,02	-0,09	-0,07	-0,02	-0,07	-0,02	-0,07
ЧАКФ	0,17	0,10	0,00	0,05	-0,02	0,01	-0,10	-0,05	0,02	-0,06	0,02	-0,05

*Джерело: розраховано автором*

Межі, при виході за які коефіцієнти залишаються значущими з ймовірністю, близькою до 0,95 (р значення близько до 0,05) дорівнюють  $\pm 0,122$ . З цього діапазону виходить перше значення ЧАКФ, решта значень утворюють синусоїду, з убуваючою амплітудою, відповідно, ряд є стаціонарним. Проведемо тепер оцінювання параметрів моделі у пакеті STATISTICA 8. Мінімальні значення варіації залишків  $SS_{\text{зал}}$  для різних поєднань  $p$  та  $q$  наведено у таблиці 3.20, а критерію Акаїке у табл. 3.21.

Таблиця 3.13 – Мінімальні значення варіації залишків  $SS_{\text{зал}}$

p	q					
		0	1	2	3	4
	0	–	5582,134	5500,115	–	–
	1	5548,078	5489,764	–	–	–
	2	–	–	5454,918	–	–
	3	–	–	–	–	–
	4	–	–	–	–	–

Примітка: “–” означає, що параметри моделі не є значущими.

*Джерело: розраховано автором*

За значенням критерію Акаїке оберемо кращою моделлю ARIMA(1,1,1). Коефіцієнти цієї моделі:  $p_1 = 0,61307$ ,  $q_1 = 0,44811$ . Коефіцієнти моделі є значущими за критерієм Стьюдента. За результатами розрахунків на тестовій вибірці (10 періодів) отримуємо, що значення MAPE для моделі ARIMA(1,1,1) дорівнює 4,83%.

Таблиця 3.21– Значення критерію Акаїке

p	q					
	0	1	2	3	4	
0	–	3,055	3,048	–	–	
1	3,049	3,046	–	–	–	
2	–	–	3,054	–	–	
3	–	–	–	–	–	
4	–	–	–	–	–	

*Джерело: розраховано автором*

Коефіцієнти автокореляції та часної автокореляції залишків моделі незначущі (не виходять за межі довірчого коридору) й розміщені хаотично, тому залишки незалежні (рис.3.18). Прогнозні значення на майбутні 5 періодів, їх довірчі інтервали та стандартну похибку розраховано у пакеті STATISTICA 8.

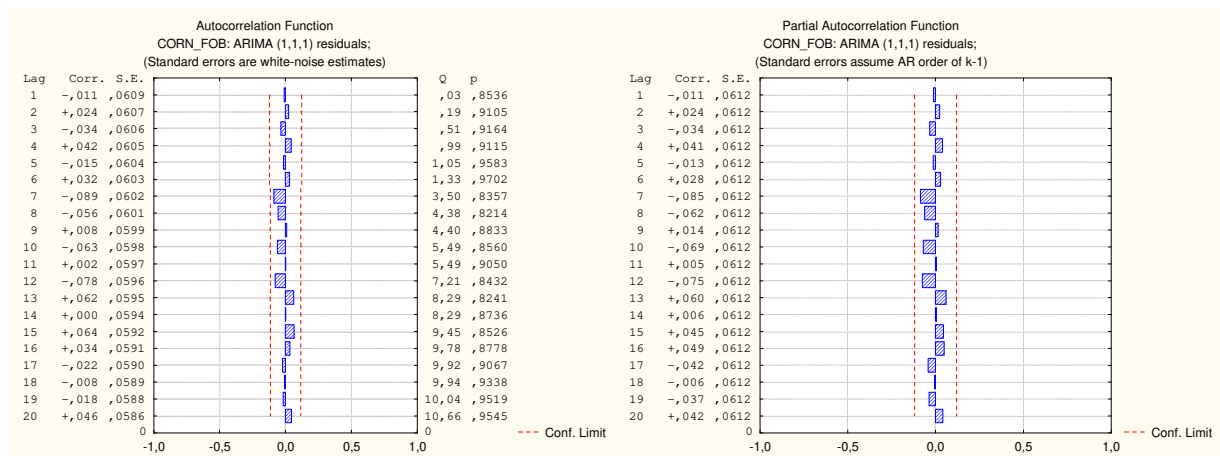


Рисунок 3.18 Графік АКФ та ЧАКФ залишків моделі для ціни на кукурудзу у портах України за базисом умов поставки FOB

*Джерело: розраховано автором*

За результатами розрахунків можна зробити висновок, що ціна на кукурудзу у портах України за базисом умов поставки FOB буде близько 268 \$США за тонну.

## ВИСНОВКИ

В роботі проаналізовано особливості ціноутворення на аграрну продукцію у портових терміналах. Було виявлено, що ціни на зернові, які є предметом експорту-імпорту встановлюються на міжнародних біржах та використовуються для подальшого підписання контракту між постачальниками та покупцями аграрної продукції.

Аналіз правил Інкотермс та їх застосування в Україні виявив, що переважна кількість виробники зерна в країні розраховують ціни на свою продукцію з урахуванням базису FOB. Також спостерігається зростання продаж зернових на умовах постачання CPT. За цими умовами можна продавати як у елеваторі (CPT-елеватор), так і у порту (CPT-порт). Також рідко зустрічається така умова продажу, як EXW (Франко-елеватор). Відповідно до цієї умови продажу відбувається самовивіз експортної партії з елеватору, а подальші маніпуляції з нею проводить покупець.

Також були виявлені проблеми із транспортуванням аграрної продукції від виробників до портів. Оскільки суттєвим недоліком автомобільного транспорту є порівняно висока собівартість, річковий транспорт має обмеження сезонністю навігації та наявністю місць для завантаження і вивантаження суден. А перевезення залізничним транспортом вимагають попереднього планування вантажоперевезень.

За результатами крос-кореляційного аналізу між світовими цінами на зернові та цінами у портових терміналах України було виявлено, що найбільший вплив світових цін спостерігається на ціну української пшениці.

В роботі побудовано економіко-математичні моделі для прогнозування цін на аграрну продукцію у портових терміналах України, що базуються на моделі авторегресії та ковзного середнього для ячменю, пшениці та кукурудзи на умовах поставки CPT та FOB.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Прес-служба міністерства розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства. URL: <https://www.facebook.com/mineconomdev/posts/3834632533261033> (дата звернення: 13.11.2021).
2. Аграрний сектор України. *Міністерство аграрної політики та продовольства України*. URL: [https://minagro.gov.ua/storage/app/sites/1/stanAPK\\_pdf\\_zvity/stan\\_apk\\_2021/ukrainiv2.pdf](https://minagro.gov.ua/storage/app/sites/1/stanAPK_pdf_zvity/stan_apk_2021/ukrainiv2.pdf) (дата звернення: 13.11.2021).
3. Іртищева І.О., Криленко Д.В. Інституційні аспекти формування моделі економічного зростання Причорноморського регіону. *Економічний аналіз*. 2018. № 1 (28). С. 62-70.
4. Каліновський Р.О. Першочергові пріоритети соціально-економічного розвитку Причорноморського регіону та фіскальні інструменти їх забезпечення. *Причорноморські економічні студії*. 2016. №8. С.10-13.
5. Сторожилова У.Л. Розвиток Причорноморського економічного регіону в контексті публічного управління та європейської інтеграції. *Причорноморські економічні студії*. 2017. № 21. С.125-131.
6. Чирва О.Г. Аналітична оцінка конкурентоспроможності економічної системи Причорноморського регіону. *Збірник наукових праць Таврійського державного агротехнологічного університету (економічні науки)*. 2014. № 1. С. 253-260.
7. Манаєнко І.М., Іванова Т.В. Пріоритети розвитку Причорноморського регіону за умов міжнародного співробітництва. *Причорноморські економічні студії*. 2019. Вип. 38(1). С.32-36.
8. Москвіченко І.М., Стадник В.Г., Павленко В.В. Щодо ефективності логістичних схем експорту українського зерна до країн-споживачів Азіатського регіону. *Науковий вісник Ужгородського національного університету. Серія: Міжнародні економічні відносини та світове господарство*. 2021. Вип. 36. С. 101-107. DOI: <https://doi.org/10.32782/2413-9971/2021-36-18>.

9. Про затвердження Правил надання послуг у морських портах України: Наказ міністерства інфраструктури України № 348 від 05.06.2013р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1401-13#Text> (дата звернення 14.09.2021).

10. Інформація про водний транспорт України. *Міністерство інфраструктури України*. URL: <https://mtu.gov.ua/content/informaciya-pro-vodniy-transport-ukraini.html?PrintVersion> (дата звернення 14.09.2021).

11. Про транспортно-експедиторську діяльність: Закон України № 1955-IV від 01.07.2004р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1955-15#Text> (дата звернення 15.09.2021).

12. Матвійчук Орест. Договори перевалки вантажів через українські портові термінали: практичні аспекти. *Юрист & Закон*. 2021. Липень, № 27. URL: [https://uz.ligazakon.ua/ua/magazine\\_article/EA014913](https://uz.ligazakon.ua/ua/magazine_article/EA014913) (дата звернення 17.09.2021).

13. Про зерно та ринок зерна в Україні: Закон України № 37-IV від 04.07.2002р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/37-15#Text> (дата звернення 15.09.2021).

14. Краснікова О.В., Самкова М.С. Вплив міжнародних правил інтерпретації комерційних термінів (правила Інкотермс) на сучасну практику перевезення вантажів. *Прикарпатський юридичний вісник*. 2017. Випуск 5 (20). С. 236-240. URL: [http://www.pjv.nuoua.od.ua/v5\\_2017/57.pdf](http://www.pjv.nuoua.od.ua/v5_2017/57.pdf) (дата звернення 15.09.2021).

15. ІНКОТЕРМС 2020: особливості можливого застосування. *Вісник. Офіційно про податки*. 2019. 13 листоп. URL: <http://www.visnuk.com.ua/uk/news/100015209-inkoterms-2020-osoblivosti-mozhlivogo-zastosuvannya-1> (дата звернення 15.09.2021).

16. Терміни Інкотермс 2020. Інкотермс 2020 в Україні. Офіційний сайт. URL: <https://incoterms2020.com.ua/terms> (дата звернення 15.09.2021).

17. Про затвердження Положення про форму зовнішньоекономічних договорів (контрактів): Наказ Міністерства економіки та з питань

європейської інтеграції України № 201 від 06.09.2001р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0833-01#Text> (дата звернення 20.09.2021).

18. Дугіна С.І. Маркетингова цінова політика: навч. посібник. Київ : КНЕУ, 2005. 393 с.

19. Курбатов Сергій. Ціноутворення на ринку. *Аграрний тиждень. Україна*. 2016. 30 берез. URL: <https://a7d.com.ua/agromoney/25500-spoutvorennya-na-rinku-zernovih.html> (дата звернення 20.09.2021).

20. Ціноутворення на ринку України. *Агробізнес сьогодні*. 2018. 11 січ. URL: <http://agro-business.com.ua/agro/hist-nomera/item/10801-tsinoutvorennia-na-rynku-ukrainy.html> (дата звернення 20.09.2021).

21. Поставки CIF, FOB та CPT: як формуються ціни на зерно? Agravery. Аграрне інформаційне агентство. 2021. 26 листоп. URL: <https://agravery.com/uk/posts/show/postavki-cif-fob-ta-cpt-ak-formuutsa-cini-na-zerno> (дата звернення 20.09.2021).

22. Росляков А.А. Формування та регулювання цін на сільськогосподарську продукцію на ринку ЄС, США та України. *Ефективна економіка*. 2013. № 9. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=2356> (дата звернення 20.09.2021).

23. Щуклін Юрій. Як модернізувати бізнес-модель перевезень зерна в Україні. *Економічна правда*. 2021. 8 берез. URL: <https://www.epravda.com.ua/columns/2021/03/8/671690> (дата звернення 20.09.2021).

24. Ціни. АПК-Інформ. *Інформаційно-аналітичне агентство «АПК-Інформ»*. URL: <https://www.apk-inform.com/uk/prices> (дата звернення 24.11.2021).

25. CME Group: Futures & Options Trading for Risk Management. URL: <http://cmegroup.com> (дата звернення 20.09.2021).

26. Global price of Wheat (PWHEAMTUSDM). *FRED. Economic Data*. URL: <https://fred.stlouisfed.org/series/PWHEAMTUSDM> (дата звернення 26.11.2021).

27. Global price of Barley (PBARLUSDM). *FRED. Economic Data*. URL: <https://fred.stlouisfed.org/series/PBARLUSDM> (дата звернення 26.11.2021).
28. Global price of Corn (PMAIZMTUSDM). *FRED. Economic Data*. URL: <https://fred.stlouisfed.org/series/PMAIZMTUSDM> (дата звернення 26.11.2021).
29. Електронна зернова біржа України. URL: <https://graintrade.com.ua>. (дата звернення 20.09.2021).
30. V. Chandola, A. Banerjee, V. Kumar. Anomaly detection: A survey. *ACM Computing Surveys*, vol. 41(3), 2009, pp. 1–58.
31. Н. Huang. Rank Based Anomaly Detection Algorithms. *Electrical Engineering and Computer Science – Dissertations*, 2013, 331.
32. M. Amer, M. Goldstein, S. Abdennadher. Enhancing one-class support vector machines for unsupervised anomaly detection. *CMSIGKDD Workshop on Outlier Detection and Description*, 2013, pp.8-15.
33. Поиск аномалий с помощью правила сигм. *BaseGroup Labs. Технологии анализа данных*. URL: <https://basegroup.ru/community/bank/mean-square-deviation> (дата звернення 26.11.2021).
34. Бокс Дж., Дженкинс Г. Анализ временных рядов, прогноз и управление / Под ред. В.Ф. Писаренко. Москва : Мир, 1974, кн. 1. 406 с.
35. Zaiontz Charles Real Statistics Using Excel. URL: <http://www.real-statistics.com>. (дата звернення 20.10.2021).
36. Pankratz Alan Forecasting with Univariate Box – Jenkins Models: Concepts and Cases. Wiley, 1983. 576 p. DOI: 10.1002/9780470316566
37. Bilan Y, Gavurova B., Gedek S., Tkacova A. The Composite Coincident Indicator (CCI) for business cycles. *Acta Polytechnica Hungarica*. 2017. Vol. 7, p. 71-90. URL: [https://www.uni-obuda.hu/journal/Bilan\\_Gavurova\\_Stanislaw\\_Tkacova\\_78.pdf](https://www.uni-obuda.hu/journal/Bilan_Gavurova_Stanislaw_Tkacova_78.pdf) (дата звернення 20.10.2021).
38. Носко В.П. Эконометрика: в 2-х кн. Кн. 1 (Основные понятия, элементарные методы; регрессионный анализ временных рядов). Москва : Дело, 2011. 672 с.



39. Одейчук А.Н. Обобщенный критерий эффективности моделей прогнозирования временных рядов в информационных системах. *Біоніка інтелекту: наук.-техн. журнал.* 2009. № 1 (70). С. 113-119.

## ДОДАТОК А

Ціни на аграрну продукцію у портових терміналах України у 2017 – 2021рр.

Таблиця А.1 – Ціни на ячмінь фуражний у портових терміналах України (середні значення) [24]

Період	Попит, СРТ-порт, експорт	Пропозиція, FOB
	\$USD/т	\$USD/т
Березень 2017р.	149,2	169,6
Квітень 2017р.	149	168
Травень 2017р.	143	161,5
Червень 2017р.	139,2	157,6
Липень 2017р.	145	164
Серпень 2017р.	156,5	177,75
Вересень 2017р.	162,25	179,2
Жовтень 2017р.	171,33333	185,75
Листопад 2017р.	172	188,25
Грудень 2017р.	170,8	192
Січень 2018р.	171,66667	191,5
Лютий 2018р.	174,25	194,75
Березень 2018р.	185,4	209,6
Квітень 2018р.	194	214,5
Травень 2018р.	191,33333	213
Червень 2018р.	180,6	200,8
Липень 2018р.	192,33333	204,75
Серпень 2018р.	213,6	233,4
Вересень 2018р.	215,33333	238,75
Жовтень 2018р.	221,75	239,5
Листопад 2018р.	220,25	241
Грудень 2018р.	219,5	238

## Продовження таблиці А.1

Період	Попит, СРТ-порт, експорт	Пропозиція, FOB
	\$USD/т	\$USD/т
Січень 2019р.	215,66667	235,83333
Лютий 2019р.	211	232
Березень 2019р.	190	208,4
Квітень 2019р.	177,75	194,5
Травень 2019р.	172	187,6
Червень 2019р.	157,75	180
Липень 2019р.	164,5	180,75
Серпень 2019р.	164,4	178,2
Вересень 2019р.	160,5	177,5
Жовтень 2019р.	165,66667	183,25
Листопад 2019р.	167,6	188,2
Грудень 2019р.	166,75	187,5
Січень 2020р.	166	187,4
Лютий 2020р.	168,25	191,5
Травень 2020р.	160,25	182,25
Червень 2020р.	160	181
Липень 2020р.	163,6	180,2
Серпень 2020р.	163	178,25
Вересень 2020р.	167,2	180,83333
Жовтень 2020р.	174,75	186,5
Листопад 2020р.	183	193,75
Грудень 2020р.	199,4	212,6
Січень 2021р.	209,25	219,5
Лютий 2021р.	210,5	222,25
Травень 2021р.	223,3	235,83333
Червень 2021р.	245	257

## Продовження таблиці А.1

Період	Попит, СРТ-порт, експорт	Пропозиція, FOB
	\$USD/т	\$USD/т
Липень 2021р.	199,2	219
Серпень 2021р.	240,25	254,75
Вересень 2021р.	238,8	261,2
Жовтень 2021р.	253,2	274
Листопад 2021р.	270,75	296

Таблиця А.2 – Ціни на пшеницю фуражну у портових терміналах України (середні значення) [24]

Період	Попит, СРТ-порт, експорт	Пропозиція, FOB
	\$USD/т	\$USD/т
Березень 2017р.	160,25	177,4
Квітень 2017р.	158,75	175,75
Травень 2017р.	156	175
Червень 2017р.	154,6	173,4
Липень 2017р.	155	173,5
Серпень 2017р.	151	169,25
Вересень 2017р.	152,8	169
Жовтень 2017р.	165,25	178
Листопад 2017р.	166,5	178,5
Грудень 2017р.	167	179,8
Січень 2018р.	168	182,5
Лютий 2018р.	171,75	187
Березень 2018р.	181,2	198,6
Квітень 2018р.	186	202,75
Травень 2018р.	186	202
Червень 2018р.	176,6	194,2

## Продовження таблиці А.2

Період	Попит, СРТ-порт, експорт	Пропозиція, FOB
	\$USD/т	\$USD/т
Липень 2018р.	172,75	189
Серпень 2018р.	189,6	204
Вересень 2018р.	187,25	199,25
Жовтень 2018р.	196,75	211,25
Листопад 2018р.	200,6	216,6
Грудень 2018р.	204,25	222,5
Січень 2019р.	208,16667	227
Лютий 2019р.	211,25	229
Березень 2019р.	201	217,2
Квітень 2019р.	193	213,75
Травень 2019р.	181,8	197,4
Червень 2019р.	165	187
Липень 2019р.	168,5	183,5
Серпень 2019р.	168,6	183
Вересень 2019р.	165,75	179,25
Жовтень 2019р.	176,5	192,5
Листопад 2019р.	185,6	198,8
Грудень 2019р.	191	203,75
Січень 2020р.	200,2	212,6
Лютий 2020р.	196,75	213
Травень 2020р.	185	204
Червень 2020р.	198,25	215,75
Липень 2020р.	196,8	215,4
Серпень 2020р.	178,75	195,25
Вересень 2020р.	180,6	193,83333

## Продовження таблиці А.2

Період	Попит, СРТ-порт, експорт	Пропозиція, FOB
	\$USD/т	\$USD/т
Жовтень 2020р.	231,4	243,8
Листопад 2020р.	239,25	250,75
Грудень 2020р.	239,5	253
Січень 2021р.	260,33333	273,33333
Лютий 2021р.	267,5	278
Травень 2021р.	256	269,5
Червень 2021р.	230,8	248,2
Липень 2021р.	247,25	266,25
Серпень 2021р.	228,25	254,5
Вересень 2021р.	207,8	230,2
Жовтень 2021р.	251	268,5
Листопад 2021р.	264,6	285

Таблиця А.3 – Ціни на кукурдзу фуражну у портових терміналах України (середні значення) [24]

Період	Попит, СРТ-порт, експорт	Пропозиція, FOB
	\$USD/т	\$USD/т
Березень 2017р.	155,4	171
Квітень 2017р.	155,25	171
Травень 2017р.	155,25	171
Червень 2017р.	156	171,8
Липень 2017р.	156,75	172
Серпень 2017р.	153,25	177,75
Вересень 2017р.	147,8	171,6
Жовтень 2017р.	148,75	163,25

## Продовження таблиці А.3

Період	Попит, СРТ-порт, експорт	Пропозиція, FOB
	\$USD/т	\$USD/т
Листопад 2017р.	149	163
Грудень 2017р.	150	164,4
Січень 2018р.	154,75	169,75
Лютий 2018р.	167,5	180
Березень 2018р.	185,6	200,6
Квітень 2018р.	191,75	208,5
Травень 2018р.	186	201,75
Червень 2018р.	176,2	192,8
Липень 2018р.	166,75	183
Серпень 2018р.	179,6	190,4
Вересень 2018р.	159,25	174,25
Жовтень 2018р.	152,25	168
Листопад 2018р.	151,6	167
Грудень 2018р.	156,25	170,75
Січень 2019р.	163,66667	178
Лютий 2019р.	165,25	179,75
Березень 2019р.	159,6	172,2
Квітень 2019р.	159,25	174,75
Травень 2019р.	159,6	173,8
Червень 2019р.	169,5	184,5
Липень 2019р.	176,25	195,5
Серпень 2019р.	170	191,8
Вересень 2019р.	141,75	165
Жовтень 2019р.	150,5	165,5
Листопад 2019р.	155,4	170,6

## Продовження таблиці А.3

Період	Попит, СРТ-порт, експорт	Пропозиція, FOB
	\$USD/т	\$USD/т
Грудень 2019р.	159,75	174
Січень 2020р.	167,4	180,4
Лютий 2020р.	168,5	181,5
Травень 2020р.	162,5	177,25
Червень 2020р.	166,75	177,75
Липень 2020р.	166,2	175
Серпень 2020р.	172	181,75
Вересень 2020р.	173	181,33333
Жовтень 2020р.	171,25	180,75
Листопад 2020р.	174,25	190,25
Грудень 2020р.	203,4	219,6
Січень 2021р.	221,25	239,5
Лютий 2021р.	215,5	232
Травень 2021р.	238,16667	251,66667
Червень 2021р.	249,25	263,25
Липень 2021р.	251,5	265,75
Серпень 2021р.	256,4	271,6
Вересень 2021р.	277	296,5
Жовтень 2021р.	271,75	295
Листопад 2021р.	254,4	275,8



## ДОДАТОК Б

Світові ціни на аграрну продукцію у 2017 – 2021рр.

Таблиця Б.1 – Світові ціни на аграрну продукцію [26 - 28]

Період	Світова ціна на ячмінь, \$США за метричну тонну, без сезонного корегування	Світова ціна на пшеницю, \$США за метричну тонну, без сезонного корегування	Світова ціна на кукурудзу, \$США за метричну тонну, без сезонного корегування
Березень 2017р.	102,567309299263	146,431499420290	158,9791192546580
Квітень 2017р.	103,346480762933	138,407590701754	156,5404520676690
Травень 2017р.	104,451106087156	146,440213333333	158,6002196428570
Червень 2017р.	105,872747634662	157,246191666667	157,9739071428570
Липень 2017р.	110,811972644303	174,532416666667	157,6106458928570
Серпень 2017р.	103,238037225517	139,050815072464	148,5434303571430
Вересень 2017р.	99,283946578748	138,413392333333	147,3158578571430
Жовтень 2017р.	93,775983331018	133,344516031746	148,7223767857140
Листопад 2017р.	98,272739278426	138,045955666667	148,7921658928570
Грудень 2017р.	94,326660216369	147,103269500000	149,0874275000000
Січень 2018р.	100,249663493563	156,388044126984	155,9168753401360
Лютий 2018р.	106,774269622297	172,289119122807	163,4609697368420
Березень 2018р.	108,987846992471	180,918815873016	172,0765899659860
Квітень 2018р.	112,208269943126	180,376409365079	175,6009824829930
Травень 2018р.	117,174179091865	192,703830000000	179,1790589285710
Червень 2018р.	103,489650842792	193,079219841270	165,1402855442180
Липень 2018р.	99,012298549634	196,806077460317	156,5542654761900
Серпень 2018р.	98,870160135261	211,292058840580	162,5222585403730
Вересень 2018р.	95,433320108611	191,144421754386	154,9450033834590
Жовтень 2018р.	102,799517044737	188,461606666667	160,365565062112
Листопад 2018р.	105,397999338289	181,552390877193	160,878207678571

Продовження таблиці Б.1

Період	Світова ціна на ячмінь, \$США за метричну тонну, без сезонного корегування	Світова ціна на пшеницю, \$США за метричну тонну, без сезонного корегування	Світова ціна на кукурудзу, \$США за метричну тонну, без сезонного корегування
Грудень 2018р.	101,919686752465	188,535836296296	167,4898805555560
Січень 2019р.	102,459223487593	188,844949682540	166,8462414965990
Лютий 2019р.	106,881864838995	177,916701754386	169,6562834586470
Березень 2019р.	103,896170073376	164,506644761905	166,3213319727890
Квітень 2019р.	100,845793264938	159,030088730159	161,6533865646260
Травень 2019р.	106,162069313344	158,281695000000	171,1801535714290
Червень 2019р.	125,373480758058	174,697763166667	195,1679223214290
Липень 2019р.	128,139517728594	163,876753333333	189,4863732142860
Серпень 2019р.	110,276433680156	149,363005000000	163,6286142857140
Вересень 2019р.	103,709782177152	146,570486333333	157,3744366071430
Жовтень 2019р.	112,956558375158	153,221090000000	167,2977940993790
Листопад 2019р.	113,084408346929	157,528264259259	166,3617855263160
Грудень 2019р.	111,431228662094	165,254640833333	167,0590173214290
Січень 2020р.	115,051659790474	178,241777301587	171,8141352040820
Лютий 2020р.	110,835956674272	172,231102807018	168,7445984962410
Травень 2020р.	101,676812669613	170,874751666667	162,1791482142860
Червень 2020р.	97,984021261805	179,746517936508	147,0121602040820
Липень 2020р.	98,640626399466	174,954968833333	143,9892437500000
Серпень 2020р.	101,678356890104	169,722336666667	148,0423803571430
Вересень 2020р.	102,030510426173	170,574121666667	152,5876196428570
Жовтень 2020р.	102,610103648888	174,182476984127	149,3929998299320
Листопад 2020р.	102,120478790456	204,137313809524	166,6025335034010
Грудень 2020р.	102,371164053246	203,426300000000	186,7663875000000

## Продовження таблиці Б.1

Період	Світова ціна на ячмінь, \$США за метричну тонну, без сезонного корегування	Світова ціна на пшеницю, \$США за метричну тонну, без сезонного корегування	Світова ціна на кукурудзу, \$США за метричну тонну, без сезонного корегування
Січень 2021р.	125,698533425369	237,944249824561	231,7544614661650
Лютий 2021р.	137,845287378610	240,806388070175	245,5540565789470
Травень 2021р.	138,981324779512	229,887549275362	245,7603568322980
Червень 2021р.	154,252125666342	239,936143333333	268,6224488095240
Липень 2021р.	195,835226072675	278,447005396825	304,2975496598640
Серпень 2021р.	187,365401443455	238,767026666667	292,5237267857140
Вересень 2021р.	180,169082854825	243,628006984127	278,4457556122450
Жовтень 2021р.	169,775841552389	274,876030000000	257,0207553571430
Листопад 2021р.	175,574479097863	269,733507301587	235,8156035714290

**Декларація академічної доброчесності  
здобувача вищої освіти ЗНУ**

Я \_\_\_\_\_,  
студент(ка) \_\_\_\_\_ курсу, форми навчання \_\_\_\_\_,  
факультету \_\_\_\_\_,  
спеціальності \_\_\_\_\_,  
адреса електронної пошти \_\_\_\_\_,  
- підтверджую, що написана мною кваліфікаційна робота на тему  
« \_\_\_\_\_ »

відповідає вимогам академічної доброчесності та не містить порушень, що визначені у ст. 42 Закону України «Про освіту», зі змістом яких ознайомлений/ознайомлена;

- заявляю, що надана мною для перевірки електронна версія роботи є ідентичною її друкованій версії;

- згоден/згодна на перевірку моєї роботи на відповідність критеріям *академічної доброчесності у будь-який спосіб, у тому числі за допомогою Інтернет-системи*, а також на архівування роботи в базі даних цієї системи.

Дата \_\_\_\_\_ Підпис \_\_\_\_\_ ПІБ (студент) \_\_\_\_\_  
Дата \_\_\_\_\_ Підпис \_\_\_\_\_ ПІБ (науковий керівник) \_\_\_\_\_