

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ КИЇВСЬКИЙ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВАДИМА ГЕТЬМАНА

Навчально-науковий інститут
«Інститут інформаційних технологій в
економіці» Кафедра математичного
моделювання та статистики

Освітньо-професійна програма	«Економічна кібернетика»
Галузь знань	05 «Соціальні та поведінкові науки»
Спеціальність	051 «Економіка»

Форма навчання: очна (денна)
очна (денна) / дистанційна

КВАЛІФІКАЦІЙНА БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

на тему «Моделювання впливу імпорту зерна з України на
світовий продовольчий ринок»

(назва теми)

здобувача Ковальчука Серафима Віталійовича

(ПІБ)

(підпис)

Науковий керівник: професор, доктор економічних наук
Піскунова Олена Валеріївна

(підпис)

Робота допущена до захисту перед екзаменаційною
комісією з атестації здобувачів вищої освіти (ЕК)

В.о. завідувача кафедри: кандидат фізико-математичних
наук,

професор Великоіваненко Г.І.

(підпис)

Київ 2024

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ АНАЛІЗУ ВПЛИВУ ЗЕРНА З УКРАЇНИ НА СВІТОВИЙ ПРОДОВОЛЬЧИЙ РИНОК	6
1.1. Сутність та особливості функціонування ринку зерна	6
1.2. Нормативна база, що регулює зовнішню торгівлю зерном	12
РОЗДІЛ 2. СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ СВІТОВОГО РИНКУ ЗЕРНА..	19
2.1. Динаміка основних показників розвитку світового ринку зерна.....	19
2.2. Вплив війни в Україні на Європейський ринок зерна та логістичну систему	25
РОЗДІЛ 3. ПОБУДОВА ЕКОНОМЕТРИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ВПЛИВУ ІМПОРТУ ЗЕРНА З УКРАЇНИ НА СВІТОВИЙ ПРОДОВОЛЬЧИЙ РИНОК	31
3.1. Відбір факторів для побудови економетричних моделей.....	31
3.2. Оцінювання моделей множинної регресії та аналіз впливу українського зерна на продовольчий ринок Польщі	37
ВИСНОВКИ	56
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	58
ДОДАТКИ.....	63

ВСТУП

Зернові культури, завдяки їх широкому використанню як в споживчих, так і в промислових цілях, є сировиною стратегічного значення. Вони не тільки є основою для харчування населення планети та виробництва кормів для тварин, але й використовуються у фармацевтичній, текстильній, косметичній, текстильній та енергетичній галузях. З цієї причини будь-яка криза на ринку зернових має серйозні наслідки як в економічному, так і в соціальному плані, які можуть проявитися як на ринках окремих країн, так і в глобальному масштабі. Початок третього десятиліття 21 століття пройшов під знаком кризи, спричиненої пандемією COVID та агресією Росії проти України. Другий фактор виявився особливо важливим для функціонування ринку зернових, зважаючи на значні позиції у світовому виробництві та експорті зернових обох країн, залучених до конфлікту. Безпосереднім наслідком війни стало знищення врожаю та обмеження експорту українського зерна на світові ринки. Це спричинило різке зростання цін на зерно в першій половині 2022 року на світових біржах. Лише після підписання угоди, відомої як "Чорноморська зернова ініціатива", зростання цін було зупинене, а в наступні місяці міжнародні ціни на зерно знизилися. Зернова ініціатива насамперед уможливила комерційний експорт продовольства та добрив з трьох ключових українських чорноморських портів - Одеси, Чорноморська, Южного. За даними ООН, в результаті запровадження цієї угоди до липня 2023 року на світові ринки було експортовано понад 30 мільйонів тонн українського зерна. У 2023 році Росія розірвала угоду, обґрунтувавши це невиконанням її вимог, пов'язаних із збільшенням експорту російського продовольства та добрив, а також тим, що занадто мало українського зерна потрапляє до найбідніших країн за угодою.

Криза в Україні впливає на зернові ринки окремих країн, в тому числі на ситуацію в сільському господарстві та зерновому секторі Польщі. Польща є значним виробником зернових в Європі, а також протягом кількох років значним

експортером пшениці та кукурудзи. Тому зміни ситуації на міжнародних ринках впливають на становище польських виробників зерна, а також переробних і торговельних підприємств. Як наслідок, з осені 2023 року польські фермери почали страйкувати та вимагати повне ембарго на імпорт сільськогосподарської продукції з України.

Дослідженням проблем розвитку світового продовольчого ринку займалися такі вчені, як Андрійчук В.Г., Сікало М.В., Амірова Н.Р., Саковська О.М. Макконнелл К. та Сміт А.. Ринок зерна в умовах війни, досліджували такі науковці, як Боднар О.В., Martin W., Minot N., Glauber J., Matuszak S.. Для більш поглибленого аналізу впливу імпорту зерна з України на світовий продовольчий ринок необхідно застосувати економетричні методи та моделі.

Метою кваліфікаційної роботи є побудова економетричних моделей для дослідження впливу імпорту зерна з України на світовий продовольчий ринок, зокрема на ринку Польщі.

Для досягнення мети кваліфікаційної роботи були поставлені **такі завдання**:

- Розглянути сутність та особливості функціонування ринку зерна.
- Дослідити нормативну базу, що регулює зовнішню торгівлю зерном.
- Проаналізувати основні показники розвитку світового ринку зерна та їхню динаміку.
- Розглянути вплив війни в Україні на Європейський ринок зерна та зміни в логістичній системі, пов'язані з війною.
- Побудувати моделі множинної регресії для оцінювання впливу українського зерна на світовий продовольчий ринок.
- Проаналізувати вплив українського зерна на продовольчий ринок Польщі.

Об'єкт дослідження – Вплив українського зерна на світовий продовольчий ринок.

Предметом дослідження є методи та інструментарій моделювання впливу українського зерна на світовий продовольчий ринок.

Інформаційною базою для написання кваліфікаційної роботи, є статистична інформація від Європейської сільськогосподарської товарної біржі (MATIF), Світового банку, ринкових звітів Міністерства сільського господарства Польщі, розвитку сільських територій (MARD) та Європейської комісії. З огляду на динамічність ситуації на світовому ринку зерна, пов'язаної з війною в Україні, здійснювався аналіз повідомлення в пресі з джерел, які вважаються надійними, в тому числі Організація Об'єднаних Націй (ООН), Reuters, Guardian та інституцій ЄС.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ АНАЛІЗУ ВПЛИВУ ЗЕРНА З УКРАЇНИ НА СВІТОВИЙ ПРОДОВОЛЬЧИЙ РИНОК

1.1. Сутність та особливості функціонування ринку зерна

Виникнення ринкової системи сягає корінням у суспільний поділ праці, коли з'явилися обмінні операції та почало розвиватися товарне виробництво. Ще в Стародавній Греції та Римі словом "ринок" позначали торгову площу. Саме ринкова модель, завдяки своїм внутрішнім механізмам саморозвитку, здобула визнання та поширення в більшості країн світу.

У міру зростання економічної могутності та трансформації структури взаємовідносин у суспільстві, категорія ринку також зазнавала значних змін. Адам Сміт, один з основоположників класичної економічної теорії, вважав, що люди рухаються до задоволення своїх економічних інтересів, прагнучі отримати прибуток, достатній для вирішення будь-яких потреб, саме цей процес є рушійною силою саморозвитку економіки. За його словами, "Люди прагнуть використовувати свій капітал максимально ефективно, щоб отримати максимальний прибуток. Їхні дії, хоча й мотивовані особистою вигодою, сприяють загальному добробуту завдяки "невидимій руці" ринку" [4].

З часом стало зрозуміло, що ринок не є хаотичним явищем, а підпорядковується чітким законам. Ці закони, такі як закон вартості, попиту та пропозиції, спадної граничної корисності, впливу мінімального ресурсу та конкуренції, визначають поведінку учасників ринку та динаміку цін. Незважаючи на різницю в поглядах, представники різних економічних шкіл, починаючи від класицизму і закінчуючи теорією циклічного розвитку, визнавали спільні складові елементи ринку.

Сучасні науковці дають різні визначення ринку:

- Альфред Маршалл: "Ринок не обмежується фізичним простором, де відбувається купівля-продаж товарів. Натомість він являє собою будь-яке середовище, де взаємодія між покупцями та продавцями настільки вільна, що ціни на однакові товари швидко та легко вирівнюються" [5].
- Мілтон Фрідман: "Ринок можна розглядати як механізм координації дій учасників, що гарантує їм свободу вибору" [6].
- Філіп Котлер: "Ринок можна визначити як сукупність реальних та потенційних покупців товару" [7].
- Пол Самуельсон: "Ринок можна охарактеризувати як динамічну систему, де покупці та продавці взаємодіють, щоб досягти угоди щодо ціни та кількості товару" [8].
- Кемпбелл Макконнелл і Стенлі Брю: "Ринок можна уявити як міст, який з'єднує світ покупців (представників попиту) зі світом продавців (пропозиції) певних товарів та послуг" [9].
- Сучасні фінансово-економічні словники: "Ринок – це система економічних відносин, де учасники обмінюються товарами та послугами, що призводить до формування попиту, пропозиції та ціноутворення" [10].

Економічні теорії висвітлюють еволюцію ринку як форми організації економічних відносин, що характеризується складною взаємодією між суб'єктами господарювання та державою. Ця взаємодія спрямована на формування громадських фондів, які використовуються для фінансування функцій ринку.

Зерновий ринок, як базис розвитку сільського господарства та ефективного функціонування усього аграрного ринку, відіграє ключову роль у світовій економіці. Його пріоритетність підкреслена не лише сучасними дослідниками, але й основоположниками економічної науки.

Франсуа Кене, французький економіст 18 століття, вважав, що зерно є ключовим фактором багатства держави. Він стверджував, що не розкішні товари та торгівля ними, а саме зерно, яке використовується для виробництва їжі, є основою економічної могутності [11]. Цю тезу поділяли й українські мислителі, такі як С.

Подолінський, В. Вернадський та М. Руденко. Останній стверджував, що "Зерновиробництво слугує яскравим прикладом "живої" економіки, яка має пріоритетне значення. Зерно не лише може, а й повинно бути мірилом багатства, або, іншими словами, його еквівалентом"[12].

Сучасні вчені-економісти також визнають значущість зернового ринку. Л.М. Худолій зазначає, що "ринок зерна можна уявити як динамічну систему економічних зв'язків, де виробники та споживачі зернових товарів взаємодіють з метою купівлі та продажу. Цей механізм слугує єдиним ланцюгом між усіма учасниками обміну, забезпечуючи безперервність відтворювального процесу в зерновому господарстві країни"[13].

Зерновий ринок, як багатогранна система економічних відносин та взаємозв'язків, охоплює широкий спектр процесів, пов'язаних з виробництвом, накопиченням, розподілом, зберіганням, обміном, транспортуванням та споживанням зерна. В основі його функціонування лежать інтереси як реальних, так і потенційних учасників, а також комплекс умов, інституцій, структур та механізмів, що визначають динаміку розвитку ринку та поведінку його суб'єктів.

Завдяки значним обсягам продажів, експорту та розвиненій інфраструктурі, ринки зернових посідають провідне місце в аграрному секторі. Їх функціонування характеризується специфічними особливостями та системами товароруху, що обумовлюється специфікою даного продукту та його значимістю для продовольчої безпеки та економічного розвитку країн.

Для створення повноцінного та інтегрованого ринку зернових культур необхідний комплексний підхід, який би охоплював усі етапи зернового ланцюжка: виробництво, заготівлю, транспортування та переробку. Це потребує чіткої координації дій усіх учасників ринку, оптимізації логістики, сприятливого інвестиційного клімату та вдосконалення нормативно-правової бази [14].

Вчені вважають що головною функцією ринку зерна є

- Забезпечення населення різними видами зерна та продуктами його переробки.

- Надання фуражного зерна для тваринництва.
- Забезпечення зернопереробної промисловості сировиною.
- Постачання насіння для виробничого процесу [14].

Однак щоб глибше зрозуміти економічну природу та важливість ринку зерна, необхідно розглянути його загальні та специфічні ролі в рамках економічної системи. Переважна кількість вчених вважають наявність наступних головних функцій, наведених на Рисунок 1.1.

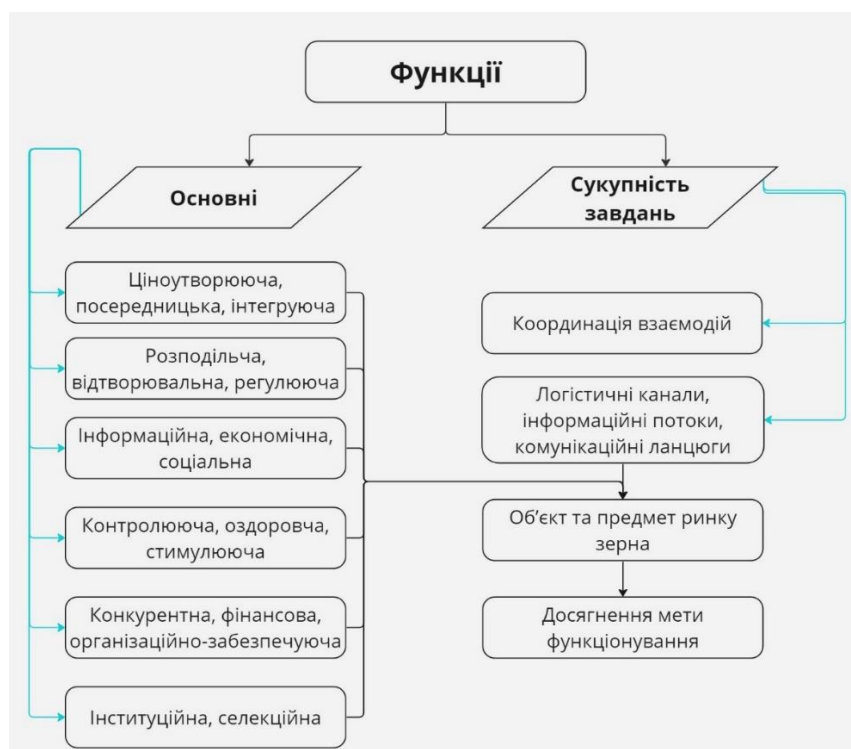


Рисунок 1.1 – Головні функції ринку зерна

Джерело: розроблено автором на основі [13, 14, 15]

Зважаючи на основні характеристики та ключові функції ринку зерна, його класифікацію найкраще проводити за критеріями що зазначено в рис. 1.2.

Згідно з принципами ринкової економіки, зерновий ринок ґрунтується на чотирьох ключових елементах: конкуренція, пропозиція, попит та ціна.

Як вірно зазначає О.М. Саковський, «На ринку зерна ціна та обсяг визначаються взаємодією попиту та пропозиції. Ця взаємодія призводить до встановлення рівноважної ціни, яка є справедливою як для покупців, так і для продавців» [16].

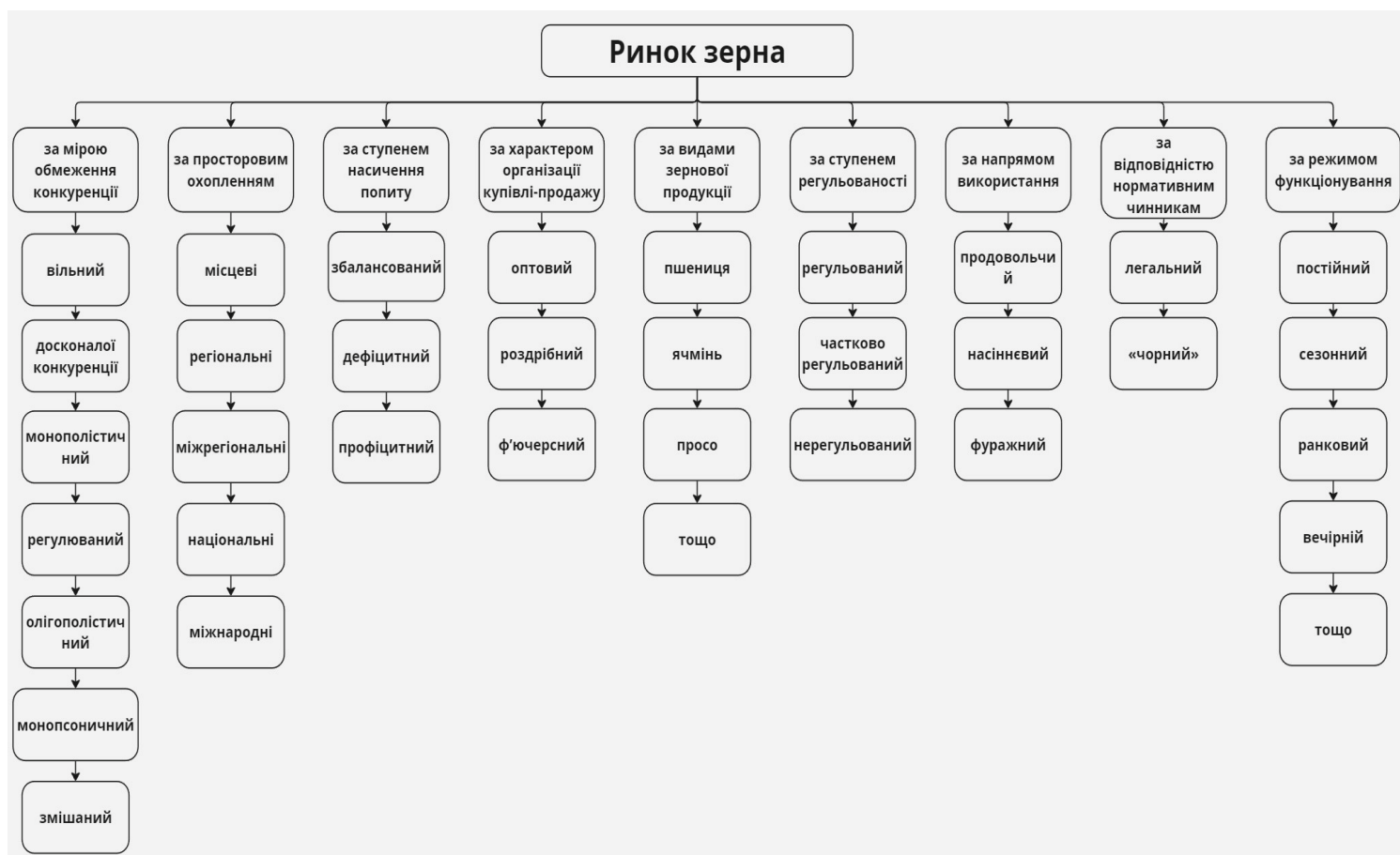


Рисунок 1.2 – Класифікація ринку зерна

Джерело: розроблено автором на основі [13, 15, 16, 17]

З вищесказаного можна виділити наступні характеристики ринку зерна:

- Економічна самостійність суб'єктів ринкових відносин, що ґрунтується на принципах конкуренції.
- Різноманіття посередників, які беруть участь у таких процесах, як переробка, фінансування, закупівля, зберігання та логістика зерна.
- Часткове державне регулювання, яке проявляється у створенні та розподілі державних запасів зерна, а також у застосуванні економічних методів регулювання цін.
- економічні методи регулювання ціноутворення.

На основі наукових досліджень можна чітко окреслити складові зернового ринку.



Рисунок 1.3. – Складники ринку зерна

Джерело: розроблено автором на основі [13, 14, 15, 16, 17]

Досліджуючи структурно-функціональні особливості ринку зерна, важливо підкреслити, що його структура являє собою чітко визначену організаційну систему, яка описує співвідношення, взаємозв'язки та комунікаційні ланцюги між його складовими, а також розкриває тенденції та закономірності його розвитку.

Структуру ринку зерна можна справедливо розділити на чотири функціональні сфери:

- **Виробнича сфера:** Це комплекс агропідприємств, заводів з переробки, елеваторів, транспортних компаній, а також фінансово-кредитних, лізингових та страхових установ, які пов'язані між собою технологічно, економічно або фінансово.
- **Сфера збуту та торгівлі:** До неї входять аграрні біржі, оптові, роздрібні та експортні торговельні компанії.

- Сфера державного регулювання: Ця сфера складається з сукупності нормативно-правових актів, інституцій та державних установ, які використовують соціально-економічні та адміністративні інструменти для впливу на функціонування ринку зерна.
- Інформаційно-обслуговуюча сфера: До неї належать установи та організації, які сприяють функціонуванню та розвитку ринку зерна, надаючи інформаційні, аналітичні та консалтингові послуги.

Щоб забезпечити ефективне функціонування ринку зерна, його складові, а саме: структура, методи, інструменти та механізми державного та ринкового регулювання повинні відповідати його унікальним характеристикам.

1.2. Нормативна база, що регулює зовнішню торгівлю зерном

В умовах глобалізації та лібералізації торгівлі, державне регулювання зовнішньоекономічної діяльності залишається необхідним інструментом. Уряди різних країн впливають на процеси зовнішньої торгівлі, інвестицій та руху робочої сили з різними цілями, такими як підвищення економічної ефективності, задоволення потреб населення та промисловості, а також забезпечення продовольчої безпеки.

Державне регулювання зернового ринку, за словами М. Сікала, проявляється через такі ознаки:

- Державно -правовий характер: наявність комплексу нормативних актів, що визначають ключові терміни, положення та умови функціонування ринку.
- Реалізація внутрішньої функції держави: забезпечення продовольчої безпеки та стабільності економіки.
- Підтримка певного режиму грошово-фінансової системи: стабілізація цін та забезпечення фінансової стійкості ринку.

- Регулювання витрат держави та життєвого рівня населення: забезпечення доступності продуктів харчування для населення.
- Регулювання зовнішньоторговельних зв'язків: сприяння експорту зерна та захист внутрішнього ринку від недобросовісної конкуренції.
- Регулювання структури виробництва на макрорівні: стимулювання розвитку зернового сектору [14].

Система регулювання ринку зерна в Україні є складною та багатогранною. Вона включає в себе 56 нормативних актів[19], які охоплюють різні аспекти цієї сфери, такі як виробництво, зберігання, переробка, торгівля зерном. 15 з цих актів мають пряме або опосередковане відношення до зовнішньоторговельної діяльності. Вони встановлюють правила та норми експорту та імпорту зерна, а також інші питання, пов'язані з торгівлею зерном на міжнародному ринку. Деякі з цих актів представлені в табл. 1.1

Розглядаючи нормативно -правову базу, що регулює український зерновий ринок, стає зрозуміло, що більшість документів лише опосередковано визначають конкретні процедури та процеси, пов'язані з експортом та імпортом зерна.

Таблиця 1.1 - Нормативні акти, що регулюють зовнішню торгівлю зерном в Україні

Назва	Тип	Дата прийняття
Митний кодекс України	Кодекс	13.03.2012
Податковий кодекс України	Кодекс	02.12.2010
Про затвердження Порядку проведення конкурсу з визначення державного агента із забезпечення експорту та імпорту зерна і продуктів його переробки за міжнародними договорами	Постанова КМУ	27.01.20010
Про державну підтримку сільського господарства України	Закон	24.06.2004
Про зерно та ринок зерна в Україні	Закон	04.07.2002
Про затвердження Положення про форму зовнішньоекономічних договорів (контрактів)	Наказ Мінекономіки	06.09.2001
Про карантин рослин	Закон	12.05.2007

Джерело: розроблено автором на основі [19]

Наприклад, Закон України "Про зерно та ринок зерна в Україні", який є ключовим у цій сфері, зосереджується на загальних принципах, таких як забезпечення конкурентоспроможності зерна, задоволення внутрішніх потреб країни та нарощування експортного потенціалу.

Такий підхід формує основні напрямки державного регулювання, в рамках яких зовнішньоторговельні відносини реалізуються через такі аспекти:

- Стимулювання експортного потенціалу: держава створює сприятливі умови для експортерів зерна, надаючи їм різноманітні інструменти підтримки та сприяючи виходу на нові ринки.
- Впровадження ефективного механізму експортно-імпортних операцій та фінансування відповідних програм: це сприяє прозорості та ефективності зовнішньоторговельних операцій, спрощуючи процедури та забезпечуючи фінансову підтримку.
- Гарантування вільного розпорядження власними ресурсами зерна, включаючи право на експорт: власники зерна мають право вільно розпоряджатися своєю продукцією, обираючи напрямки реалізації та укладаючи контракти з іноземними партнерами.
- Регламентація відповідності експортованого зерна та продуктів його переробки міжнародним стандартам якості: держава контролює якість та безпеку українського зерна, що експортується, забезпечуючи його відповідність вимогам контрактів та міжнародним стандартам.

Така система регулювання дозволяє Україні максимально використовувати свої конкурентні переваги на світовому ринку зерна. Замість протекціонізму, який обмежує вільну торгівлю, держава зосереджується на просуванні та лобіюванні української продукції на міжнародній арені.

Однак, для успішного функціонування на світовому ринку, важливо розуміти та враховувати параметри системи міжнародного регулювання торгівлі зерном. Це дозволить Україні ефективно взаємодіяти з іншими країнами, захищати свої інтереси та зміцнювати свої позиції як провідного експортера зерна.

З 2008 р. Україна є членом Світової організації торгівлі (СОТ). Членство у СОТ сприяє реформам в аграрній сфері, роблячи їх більш динамічними. Також воно зобов'язує країну дотримуватися прозорих та сталих принципів аграрної політики. Як наслідок, це сприяє залученню як вітчизняних, так і іноземних інвестицій що

особливо важливо для сільського господарства, де значні капіталовкладення та впровадження новітніх технологій є ключовими факторами успіху.

Членство в СОТ відкрила для України нові шляхи для розвитку аграрного потенціалу, що призвело до зростання економіки загалом. Крім того, Україна отримала право впливати на формування міжнародних правил аграрної політики та торгівлі сільгосппродукцією. З огляду на значні конкурентні переваги у сфері сільського господарства, та статусу "малої" країни-експортера ключових продуктів помірного клімату (зерно, насіння олійних культур, а потенційно й продукція тваринництва), членство України в Кернській групі було не лише логічним кроком, а й стратегічною необхідністю. Як і для інших учасників групи, для України вкрай важливою є рівне конкурентне середовище на світових ринках сільськогосподарської продукції [20].

У рамках СОТ наразі діють три ключові угоди, що регулюють питання сільського господарства: Угода про сільське господарство, Угода про санітарні та фітосанітарні заходи (SPS) та Угода про технічні бар'єри у торгівлі (TBT). Ці угоди охоплюють сферу виробництва та торгівлі сільськогосподарською продукцією та чинять значний вплив на ринок зерна (див. табл. 1.2).

Угода про сільське господарство охоплює три регуляторні сфери: Регулювання доступу до ринків сільськогосподарської продукції; Надання експортних субсидій для виробників сільськогосподарської продукції; Підтримка внутрішньої політики щодо сільського господарства.

Згідно з правилами СОТ, лібералізація внутрішнього ринку передбачає заміну нетарифних імпорتنих обмежень на еквівалентні за своїм впливом тарифи, а також зниження як існуючих, так і нових тарифних ставок.

Окрім членства в СОТ, Україна також бере участь в Міжнародній угоді про зерно, яка складається з двох частин: Угоди про торгівлю зерном та Угоди про продовольчу допомогу.

Таблиця 1.2 - Головні інструменти СОТ у сфері регулювання аграрного ринку

Регуляторний документ	Напрями регулювання	Інструменти регулювання
<i>Угода про сільське господарство</i>	До ступ до ринків	Субсидії на експорт
<i>Внутрішня підтримка сільського господарства</i>	Зв'язування ставок митних зборів	
<i>Тарифікація нетарифних бар'єрів</i>		
<i>Усунення більшості нетарифних обмежень</i>		
<i>Угода про санітарні та фітосанітарні стандарти</i>	Застосування захисних заходів	Визнання заходів країни-експортера прийнятними у випадку забезпечення ними необхідного країною-експортером рівня безпеки
<i>Застосування міжнародних стандартів у використовуваних санітарних та фітосанітарних нормах</i>		
<i>Угода про технічні бар'єри</i>	Підтвердження відповідності товарів технічним регламентам	Організація довідкової служби з питань угоди
<i>Розробка власних регламентів та узгодження їх із зацікавленими країнами</i>	Проведення переговорів про взаємне визнання результатів оцінки відповідності	

Джерело: розроблено автором на основі [14]

З 2016 року Україна мала пільговий доступ до ринків ЄС завдяки Угоді про вільну торгівлю. Це передбачало поетапне зниження мит на українські товари та квоти на безмитний експорт деяких видів продукції. Разом з тим, ЄС застосовувала жорсткі нетарифні регулювання, зосереджені на безпеці та фітосанітарному контролі. Однак внаслідок повномасштабного вторгнення Євросоюз скасував мита та квоти на імпорту української сільгосппродукції. З червня 2022 року українська сільгосппродукція ввозиться до Європейського Союзу без сплати митних зборів. Цей режим пільгового ввезення буде діяти до 5 червня 2025 року [22].

Варто зазначити, що невелика частка українського зернового експорту регулюється двосторонніми угодами з іншими країнами. Для уявлення, в таблиці 1.3. узагальнена тарифна ситуація за 2019 рік в десяти країнах, які були найбільшими імпортерами українського зерна. Дані взяті саме з 2019, аби проаналізувати формування мита, без врахування криз (covid-19) або солідарності (війна).

Таблиця 1.3 - Експорт українського зерна: обсяги та середньозважені тарифи за основними країнами-імпортерами

№ п/п	Країна - імпортер	Обсяг експорту зернових, тис. дол. США	Питома вага імпортера в структурі експорту зернових України, %	Середньозважений рівень імпортних тарифів на основні види зернових з України, %			
				зернові	пшениця	ячмінь	кукурудза
1	Єгипет	666498	9,2	0,01	0,00	0,00	0,00
2	Іспанія	642970	8,9	7,50	11,62	21,51	0,00
3	Нідерланди	556443	7,7	7,50	11,62	21,51	0,00
4	Китай	552217	7,6	50,84	65,00	1,50	54,33
5	Індонезія	487143	6,7	3,33	1,48	0,00	3,70
6	Саудівська Аравія	449474	6,2	0,03	0,00	0,00	0,00
7	Італія	335632	4,6	7,50	11,62	21,51	0,00
8	Філіппіни	315945	4,4	24,38	4,74	7,00	21,11
9	Туніс	290334	4,0	22,13	36,00	36,00	0,00
10	Марокко	263416	3,6	23,82	26,12	10,62	2,50

Джерело: розроблено автором на основі [21]

Підходи до захисту ринків зерна у різних країнах світу суттєво відрізняються. Арабські країни, такі як Єгипет і Саудівська Аравія, не обкладали митом імпорт основних видів зернових культур. Натомість Китай, Філіппіни та країни Північної Африки (Туніс і Марокко) значно обмежували імпорт за допомогою високих ввізних мит.

Серед головних імпортерів кукурудза стикалася з найменшими торговельними бар'єрами. Мито на кукурудзу не перевищувало 3,7% для всіх партнерів, за винятком Китаю (54,33%) та Філіппін (21,11%). В ЄС, арабських країнах та Північній Африці мито на кукурудзу було взагалі відсутнє. Це пояснюється тим, що кукурудза використовується переважно у фуражних та технічних цілях. Натомість, імпорт пшениці та ячменю з України обкладалася значно вищими митами. У Європі мито на пшеницю сягало 11,62%, а на ячмінь – 21,51%. Китай, маючи найвищі обмеження на імпорт пшениці (65%), водночас застосовувала низькі тарифи на ячмінь (1,5%). Філіппіни та Індонезія встановлювали низькі тарифи на обидві культури (в межах 0-7%). У Марокко та Тунісі мито на пшеницю та ячмінь було значно вище – 10,62-36%.

Робимо висновок, що зовнішньоторговельна політика щодо зерна в різних країнах залежить від їх природно-кліматичних умов та внутрішньої структури ринку. Захист власного ринку від надмірного імпорту та стимулювання імпорту для його наповнення – два основних підходи, які застосовуються залежно від ситуації. В таких умовах Україні необхідно з розумом використовувати свої можливості та максимально реалізувати експортний потенціал.

РОЗДІЛ 2

СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ СВІТОВОГО РИНКУ ЗЕРНА

2.1. Динаміка основних показників розвитку світового ринку зерна

Ціноутворення на сільськогосподарські товари, такі як зернові, залежить від факторів попиту та пропозиції, а також екзогенних шоків. Довгострокові зміни попиту на продовольство визначаються насамперед зростанням чисельності населення та доходів, але також залежать від відносних змін цін та еволюції моделей споживання. Попит на сільськогосподарську продукцію також пов'язаний з економічним процвітанням [23]. Довгострокове зростання пропозиції сільськогосподарської сировини зумовлене насамперед технологічним прогресом, який знижує витрати. У минулому зростання пропозиції, зумовлене технологічним прогресом, випереджало зростання попиту, який визначався зростанням чисельності населення та доходів. Це призвело до тривалого відносного зниження цін на зернові (Рисунок 2.1.). В останні роки ситуація змінилася, оскільки зростання попиту, зумовлене зростанням доходів у країнах, що розвиваються, та збільшенням попиту на біопаливо, випередило зростання пропозиції, що призвело до підвищення цін на зернові, в тому числі в реальному вираженні. Наразі розширення пропозиції стримується в короткостроковій перспективі насамперед вартістю та доступністю основних факторів виробництва, а в довгостроковій перспективі - наявністю земельних, водних, трудових ресурсів та проблемою зміни клімату.

Волатильність цін також пояснюється наявністю другої групи факторів, а саме шоків попиту та пропозиції. У короткостроковому періоді попит і пропозиція на зернові та інші сільськогосподарські товари є нееластичними і слабо реагують на зміну цін. Це призводить до того, що шоки попиту та пропозиції спричиняють

значні коливання цін. У випадку зернових особливо важливими є агрометеорологічні шоки [25].

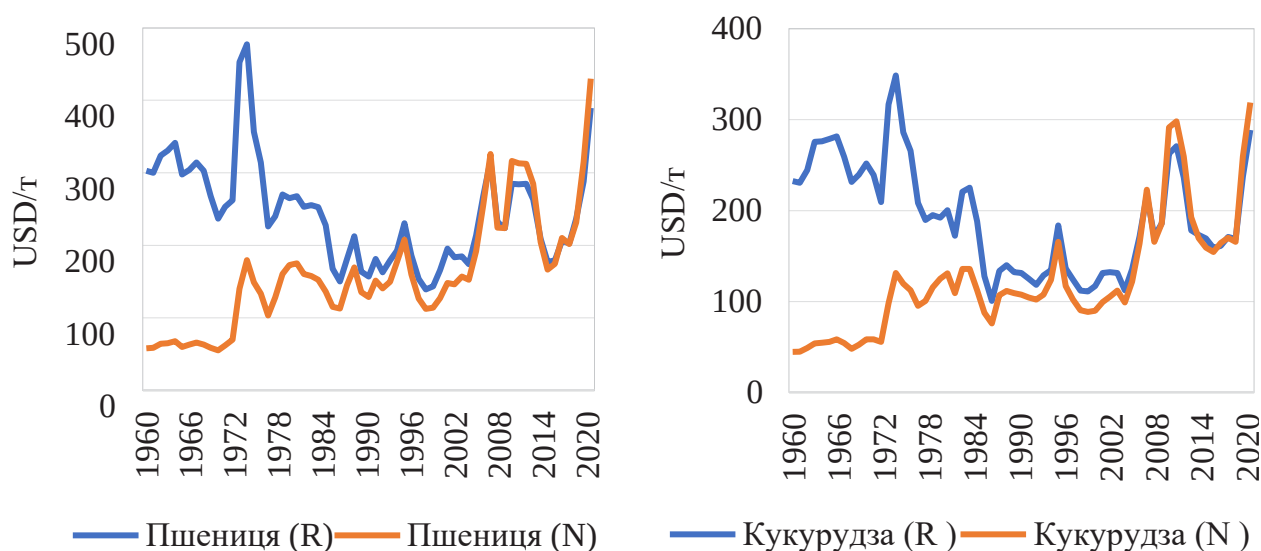


Рисунок 2.1 – Номінальні та реальні ціни на пшеницю та кукурудзу з 1960 по 2022 роки (N - номінальні ціни, R - реальні ціни)

Джерело: розроблено автором на основі [24]

Як зазначають Хамульчук та команда дослідників [23], вплив змін агрометеорологічних умов в окремій країні є менш важливим, ніж вплив змін цих умов у глобальному масштабі, особливо для великих експортерів чи імпортерів сільськогосподарської продукції. Вплив шоків попиту та пропозиції на ринкові ціни зернових може бути пом'якшений за рахунок можливості збільшення або зменшення запасів. Тому дуже важливим фактором, що формує ціни на зернові, є рівень запасів по відношенню до попиту. Якщо співвідношення запасів до попиту є низьким, це чинить тиск на ціни в бік підвищення.

Податкове регулювання, аграрна та торговельна політика, а також спекулятивна діяльність на продовольчих ринках [26] та ціни на нафту [27] також є іншими важливими факторами, що впливають на ціни на зернові. Слід також підкреслити, що ринки і ціни на зернові та інші сільськогосподарські товари не

відразу пристосовуються до шоків попиту і пропозиції. Наслідки шоків пропозиції, як правило, менш довготривалі, ніж шоки попиту.

Аналізуючи останні шість десятиліть волатильності на світовому ринку зернових, важливо визнати, що нещодавній сплеск цін на пшеницю та кукурудзу не є поодиноким випадком. У минулому вплив шоків попиту та пропозиції на ринку зернових спостерігався неодноразово. У 1970-х роках, після двох десятиліть "зеленої революції", яка призвела до значного зростання продуктивності та розширення посівних площ, послідовні шоки пропозиції (1972 рік - погодний шок, 1973 рік - шок, спричинений зростанням цін на нафту, 1974 рік - зниження врожайності в країнах-експортерах внаслідок погодних умов) призвели до різкого зростання цін на пшеницю та кукурудзу, яке тривало практично до кінця 1980-х років [28]. У поточному столітті зерновий бум відбувся у 2007-2008 роках, а потім у 2010-2011 роках [29]. У 2007 році зростання цін на зернові було спричинене фінансовою кризою та проблемами у функціонуванні світової фінансової системи. У свою чергу, у 2010 році, після неврожаю через посуху, Російська Федерація запровадила заборону на експорт пшениці, яка залишалася чинною до першої половини 2011 року.

Це рішення також знайшло своє відображення на світовому ринку пшениці. Бурхлива світова реакція на ринках зернових у відповідь на події в Росії та Україні у 2022 році не є дивною, враховуючи роль цих двох країн у світовому виробництві пшениці. У таблиці 2.1. узагальнено основні причини перебоїв на ринках зернових під час криз, спричинених шоками попиту та пропозиції у 21 столітті.

Волатильність цін є фундаментальною рисою сільськогосподарських ринків і, ймовірно, одним з основних джерел ризику в міжнародній торгівлі сільськогосподарською продукцією, що може впливати на рівень продовольчої безпеки, особливо в країнах, що розвиваються [30]. Зважаючи на провідну роль України у світовому виробництві та експорті зерна, збройна агресія Російської Федерації на її території суттєво вплинула як на світовий, європейський, так і на внутрішній зерновий ринок. На рисунку 2.2. наведено щоденні котирування цін на пшеницю та кукурудзу на біржі MATIF - найважливішому європейському ринку

торгівлі сільськогосподарською продукцією, результати якого визначають ситуацію на європейському та внутрішньому ринках. Пшениця та кукурудза є найважливішими сільськогосподарськими товарами з точки зору продовольчої безпеки [31] та одними з найважливіших продуктів у міжнародній торгівлі товарами.

Таблиця 2.1 - Причини зернових криз 21-го століття

Фактор	Вплив під час кризи			Коментарі
	2007-2008	2010-2011	2022	
Високий попит	сильний	сильний	сильний	Включає, зокрема, непрямий попит на зернові для виробництва біопалива та кормів для тварин. Потенційний спільний фактор попиту на продовольство та енергетичні ресурси
Високі ціни на енергоносії	сильні	помірні	сильні	На виробництво та дистрибуцію зерна впливають витрати на паливо та добрива, які тісно пов'язані з цінами на енергоносії. Цей зв'язок є географічно неоднорідним
Виробничі питання	м'які	сильні	помірні	Під час кризи 2010-2011 років неврожай у Росії та кількох інших країнах регіону став наслідком сильної посухи. Під час кризи 2022 року, хоча погодного шоку не було, проблеми зі збиранням та зберіганням пшениці в охопленій війною Україні призвели до наслідків, що нагадують неврожай
Порушення торгівлі	Ні.	Ні.	сильне	Неможливість фізичного транспортування вантажу з інших причин, ніж торговельно-обмежувальна політика (обмеження/ембарго). До них відносяться перебої, пов'язані з пандеміями та війнами
Торговельні обмеження	сильні	сильні	помірні	Під час перших двох криз уряди по всьому світу відреагували на зростання цін на зерно, під час кризи 2022 року таких втручань стало менше, ймовірно, як результат отриманих уроків з попередніх епізодів

Джерело: розроблено автором на основі [29]

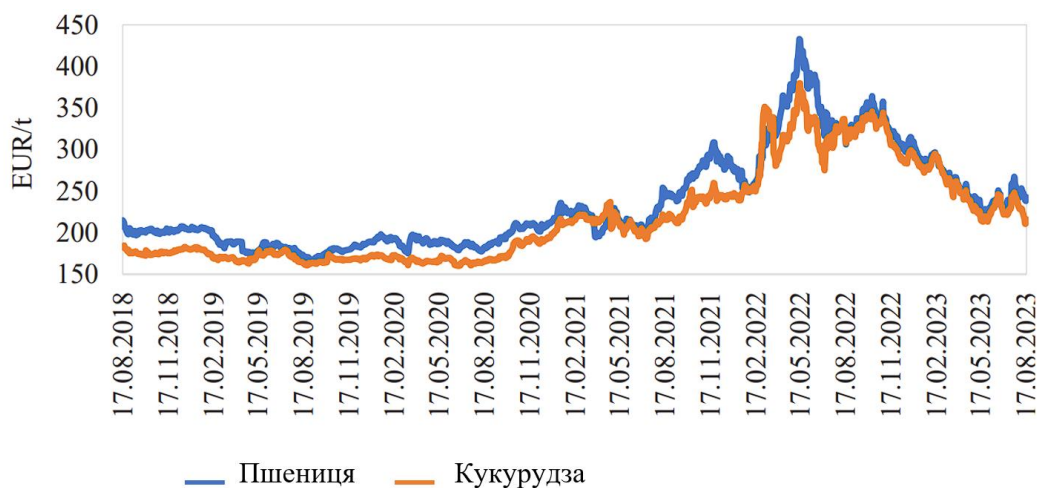


Рисунок 2.2 – Котирування цін на пшеницю та кукурудзу на біржі MATIF

Джерело: розроблено автором на основі [24]

Дані, представлені на Рисунку 2.2, свідчать про різке зростання цін на пшеницю та кукурудзу в період з лютого по травень 2022 року. Воно було спричинене вторгненням Росії в Україну [29, 31] та блокадою морських транспортних шляхів у Чорному морі. Ця агресія призвела до зростання ціни за тонну пшениці на 56%, а ціни за тонну кукурудзи - на 58%. Ціни на пшеницю та кукурудзу, які платили зернотрейдери в Польщі, мали схожу динаміку з біржовими котируваннями (Рисунок 2.3).

У Польщі значне зростання цін на пшеницю розпочалося у другій половині 2021 року, а на кукурудзу - на початку 2021 року. У цей період основним фактором зростання цін було відновлення економіки. Агресія Росії проти України посилила процес зростання цін у першій половині 2022 року. Високий рівень цін на пшеницю та кукурудзу зберігся навіть на початку маркетингового сезону 2022/2023 рр. У 2023 році цінова ситуація кардинально змінилася. У період з січня по вересень 2023 року ціни на пшеницю впали на 30%, до рівня нижче 1 000 злотих за тонну, а ціни на кукурудзу впали до близько 800 злотих за тонну. Це спричинило значне погіршення економічних відносин у сільському господарстві, зокрема у виробництві зернових.

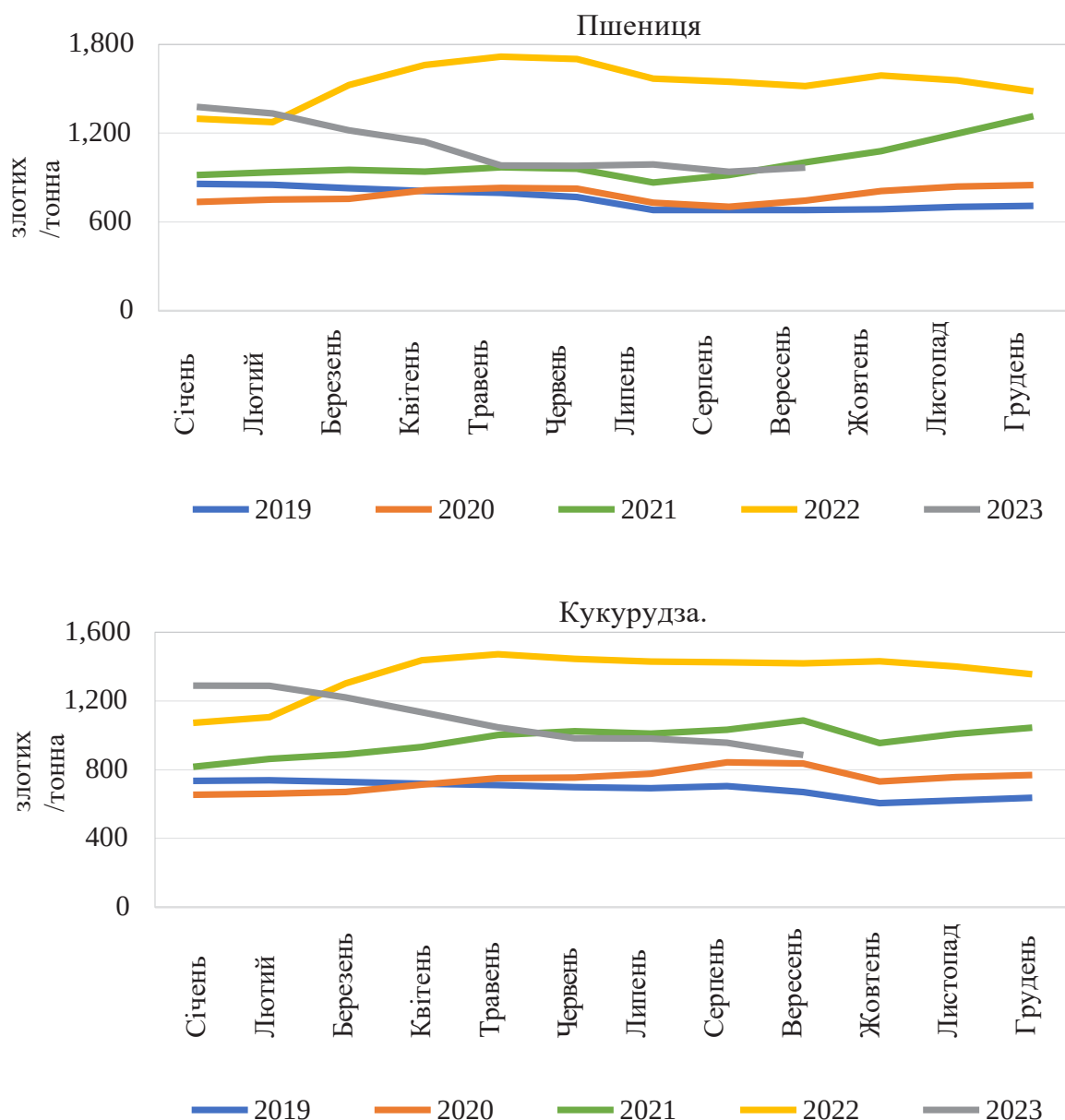


Рисунок 2.3 – Закупівельні ціни на споживчу пшеницю та кукурудзу в Польщі у 2019- 2023 роках

Джерело: розроблено автором на основі [32]

Важливим фактором, що спровокував падіння цін на зерновому ринку в другій половині 2022 року, стало підписання угоди між Росією та Україною за участі Туреччини та Організації Об'єднаних Націй (ООН), згідно з якою міг відбуватися безпечний експорт зерна з окремих українських портів для подолання продовольчої кризи [33].

2.2. Вплив війни в Україні на Європейський ринок зерна та логістичну систему

Збройний конфлікт в Україні спричинив необхідність впровадження змін у сфері торговельної політики та вплинув на обсяги і структуру зовнішньої торгівлі зерновими та продуктами їх переробки. У червні 2022 року було опубліковано Регламент (ЄС) 2022/870 Європейського Парламенту та Ради про заходи щодо тимчасової лібералізації торгівлі між ЄС та Україною, спрямований на пом'якшення негативного економічного впливу агресії Росії проти України шляхом прискорення розвитку більш тісних економічних відносин між Європейським Союзом та Україною. Європейський Союз у рамках лібералізації торгівлі запровадив, серед іншого, преференційні тарифи, призупинив застосування системи вхідних цін та тарифних квот на окремі товари [34]. Регламент також передбачав захисні механізми для скасування преференцій, якщо імпорт з України здійснюється з порушенням правил ЄС або якщо український імпорт загрожує виробництву в ЄС [2]. У квітні 2023 року коаліція з п'яти країн (Польща, Словаччина, Угорщина, Румунія та Болгарія) вжила заходів щодо заборони імпорту зернових через дестабілізацію внутрішніх ринків [35]. Результатом цього тиску та запровадження національних нормативно-правових актів, що обмежують імпорт сільськогосподарської продукції з України [36], стало запровадження ембарго на імпорт зернових, яке діяло з 2 травня до 15 вересня 2023 року [37]. Після припинення дії ембарго, в умовах стабільно низьких цін на зерно, односторонні обмеження на імпорт деяких сільськогосподарських товарів запровадили Польща [36], Угорщина та Словаччина [38]. Запровадження національних заборон на імпорт окремих видів сільськогосподарської продукції з України мало на меті уникнути страйків та соціальних заворушень серед виробників. Збільшення притоку зернових та олійних культур до сусідніх країн вплинуло на доходи місцевих фермерів. Низькі закупівельні ціни на зерно означали, що ціни, які

пропонували вітчизняні виробники, не могли конкурувати з дешевою сировиною з України. Крім того, польське сільськогосподарське самоврядування також наголошувало на необхідності запровадження механізмів фактичного контролю за транзитом сільськогосподарських культур та посилення фітосанітарного контролю за сільськогосподарськими культурами, що надходять з України [39].

Розглянемо детальніше ситуацію, яка виникла в Польщі. Внаслідок зміни цінової ситуації та рішень, прийнятих у зовнішній торгівлі, обсяг і структура польської зовнішньої торгівлі зерновими культурами та продуктами їх переробки суттєво змінилися (Таблиця 2.2, Таблиця 2.3). Згідно з даними польського Міністерства сільського господарства і розвитку сільських територій [32], кукурудза і пшениця є найбільш важливими в структурі польського експорту та імпорту зернових. Разом на них припадає трохи більше 80% експорту і майже 90% імпорту зернових і зернопродуктів.

Таблиця 2.2 - Експорт зернових продуктів з Польщі в 2018-2022 роках

Специфікація	2018	2019	2020	2021	2022		Зміна у % 2022/2021
	Обсяг експорту						
	тис. тонн					%	
Зернові та зернопродукти, з них:	4298	4383	9161	8632	9217	100	107
- пшениця	1806	2092	4689	3595	3646	39,6	101
- жито	500	485	1297	1064	443	4,8	42
- ячмінь	154	85	302	456	306	3,3	67
- овес	139	82	148	228	141	1,5	62
- кукурудза	1160	1170	1508	2320	3920	42,5	169
- гречка, просо та канаркове насіння, інше	428	372	1098	850	653	7,1	77
-пшеничне та житнє борошно	110	97	120	118	111	1,2	94

Джерело: розроблено автором на основі [32]

Таблиця 2.3 - Імпорт зернових продуктів до Польщі в 2018-2022 роках

Специфікація	2018	2019	2020	2021	2022		Зміна у % 2022/2021
	Обсяг імпорту						
	тис. тонн					%	
Зернові та зернопродукти, з них:	1345	1345	1674	1194	3362	100	282
- пшениця	649	579	896	610	953	28,3	156
- жито	54	12	7	49	20	0,6	40,5
- ячмінь	226	225	211	196	224	6,7	114
- овес	13	7	11	11	8	0,3	78
- кукурудза	289	397	425	222	2028	60,3	914
- гречка, просо та канаркове насіння, інше	39	46	37	43	32	1,0	75
-пшеничне та житнє борошно	75	79	87	63	97	2,9	156

Джерело: розроблено автором на основі [32]

У 2022 році цінова ситуація та зміни у зовнішньоторговельній політиці вплинули на зростання польського експорту та імпорту, причому динаміка експорту була значно нижчою, ніж імпорту. Експорт зернових збільшився майже на 7% у порівнянні з 2021 роком, тоді як обсяг імпорту зріс майже втричі.

Найбільше зростання експорту відбулося для кукурудзи (майже на 70%), з 2,3 млн тонн у 2021 році до майже 4 млн тонн у 2022 році. Набагато більші зміни відбулися в обсягах імпорту. Обсяг імпортованої до Польщі пшениці збільшився більш ніж на 56%, а закупівлі кукурудзи на зовнішніх ринках зросли з 222 000 тонн у 2021 році до понад 2 млн тонн у 2022 році.

У 2022 році також відбулися фундаментальні зміни в географічній структурі зовнішньої торгівлі Польщі зерновими культурами (Таблиця 2.4).

Аналіз даних у Таблиці 2.4 показує, що у 2022 році Україна була домінуючим напрямком закупівель пшениці (55%) та кукурудзи (понад 90%). Основним напрямком експорту зернових були європейські країни, насамперед Німеччина. У 2022 році на німецький ринок було поставлено понад 1,1 млн тонн пшениці та 1,9 млн тонн кукурудзи, що становить 32% та 48% від загального експорту цих зернових відповідно.

Таблиця 2.4 - Експорт та імпорт зернових Польщі по країнах, в 2018-2022 роках

Країна	2021	Країна	2022		Країна	2021	Країна	2022	
	тис. тонн.		тис. тонн.	%		тис. тонн.		%	
Експорт пшениці					Імпорт пшениці				
Всього	3595	Всього	3638	100	Всього	610	Всього	952	100
Алжир	998	Німеччина	1149	32	Словаччина	310	Україна	523	55
Саудівська Аравія	705	Нігерія	445	12	Чехія	226	Чехія	186	20
Німеччина	704	ПАР	253	7	Франція	31	Словаччина	178	19
Марокко	452	Ізраїль	228	6	Німеччина	11	Німеччина	14	1
Експорт кукурудзи					Імпорт кукурудзи				
Всього	2320	Всього	3881	100	Всього	222	Всього	2030	100
Німеччина	1156	Німеччина	1871	48	Словаччина	77	Україна	1854	91
Нідерланди	556	Нідерланди	586	15	Аргентина	52	Аргентина	71	4
Велика Британія	254	Велика Британія	274	7	Чехія	33	Франція	25	1
Данія	68	Франція	189	5	Угорщина	20	Словаччина	24	1

Джерело: розроблено автором на основі [32]

Розглянемо вплив України на логістичні системи Європи на прикладі Польщі. Незважаючи на підписання Польщею та Україною меморандуму про посилення співпраці в залізничному секторі, що має на меті забезпечити торгівлю України з іншими країнами світу, морський транспорт залишається ключовим засобом транзиту для українського зерна. У звіті "Польські морські порти в 2022 році", опублікованому Регіональною торгово-промисловою палатою Помор'я, зазначається, що польські порти досягнуть рекордних показників перевалки у 2022 році: "Порти Гданська, Гдині та Щецин-Свіноуйське обробили загалом понад 133 мільйони тонн вантажів, що на 17,8% більше, ніж у 2021 році" [40].

Аналізуючи перевалку вантажів у найбільших морських портах Польщі в період з 2017 по 2022 рік, можна відзначити значну тенденцію до зростання (Рисунок 2.4). Тим не менш, у 2022 році з точки зору транспортування зерна збільшення обсягу перевезень порівняно з попереднім роком було зафіксовано лише в порту Гданськ (Таблиця 2.5).

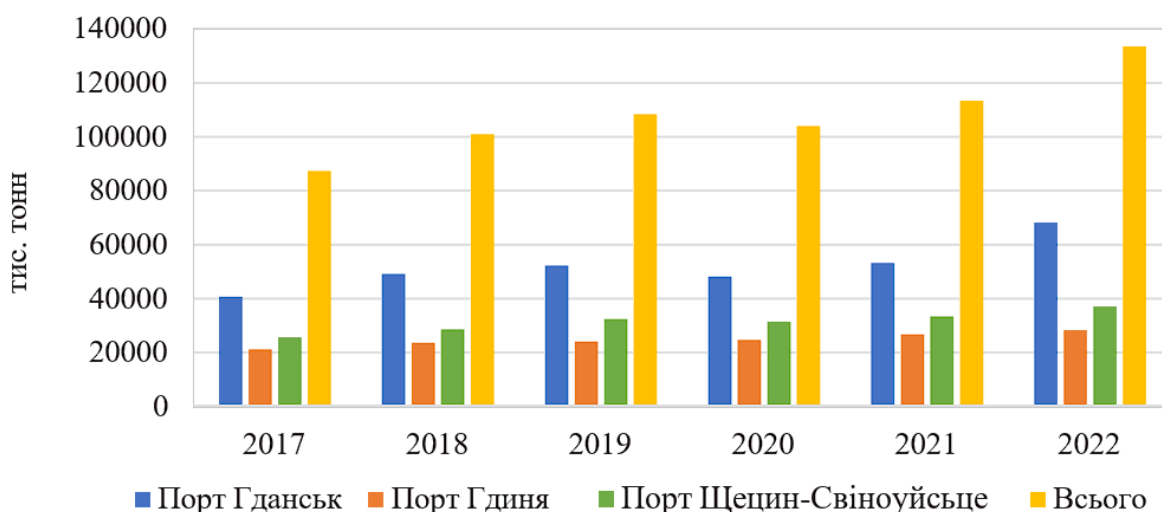


Рисунок 2.4 – Обсяги перевалки в портах Гданськ, Гдиня та Щецин-Свіноуйське у 2017 - 2022 роках

Джерело: розроблено автором на основі [40]

Таблиця 2.5 - Структура перевантаження в портах Гданськ, Гдиня та Щецин-Свіноуйсьце у 2021-2022 роках

Група навантаження	Порт Гданськ		Порт Гдиня		Порт Щецин-Свіноуйсьце	
	2022 (тис. тонн)	зміна 2022/2021 рр.	2022 (тис. тонн)	зміна 2022/2021 рр.	2022 (тис. тонн)	зміна 2022/2021 рр.
Вугілля та кокс	13 219	176%	3 403	174%	4 311	51%
Руда	516	133%	0	0%	2 106	11%
Інша маса	3 551	-17%	1 716	0,4%	3 308	11%
Крупи	1 933	20%	4 736	-0,6%	1 650	-7,6%
Дерево	548	413%	534	109%	229	93%
Генеральні вантажі	22 937	-1,6%	15 550	-4%	17 725	-3,4%
Паливо	25 516	35%	2 251	-11%	7 481	43%

Джерело: розроблено автором на основі [40]

Збільшення загального обсягу перевалки в польських портах є, серед іншого, результатом санкцій, накладених на російське вугілля, яке довелося замінити вугіллям з-за кордону, збільшивши таким чином портову перевалку [40].

РОЗДІЛ 3

ПОБУДОВА ЕКОНОМЕТРИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ВПЛИВУ ІМПОРТУ ЗЕРНА З УКРАЇНИ НА СВІТОВИЙ ПРОДОВОЛЬЧИЙ РИНОК

3.1. Відбір факторів для побудови економетричних моделей

У даному розділі буде побудовано модель множинної регресії, яка дозволить оцінити вплив обсягу імпорту зерна з України до Польщі, з Росії до ЄС та з Канади до ЄС на ціну зерна в Польщі. Залежною змінною у цій моделі виступатиме ціна на зерно, тоді як незалежними змінними будуть обсяги імпорту з зазначених країн. Важливість імпорту з Росії та Канади обумовлена їх значним впливом на пропозицію зерна на європейському ринку, а отже, і на цінові коливання в Польщі. В цей же час, імпорт з України, безпосередньо, до зазначеної вище країни був обраний аби детальніше оцінити його вплив, на фоні світових лідерів по імпорту Зерна. Дослідження таких взаємозв'язків дозволить зрозуміти механізми формування цін на зерно та зробити висновки щодо доцільності польських обмежень.

Використовуючи дані Додатку Б, проведемо регресійне моделювання показників. Цей аналіз має на меті не лише визначити значення коефіцієнтів регресії, але й детально пояснити вплив факторів на поведінку залежної змінної.

Лінійна регресія – це широко використовуваний метод статистичного аналізу, який застосовується для вивчення зв'язків між змінними. Її суть полягає у визначенні лінійної залежності між однією залежною змінною та однією або декількома незалежними змінними. За допомогою лінійної регресії можна:

- Встановити рівняння, що описує зв'язок між змінними
- Оцінити силу та напрямок впливу незалежних змінних
- Прогнозувати значення залежної змінної
- Моделювати часові ряди
- Досліджувати ймовірні причинно-наслідкові зв'язки

Регресійний аналіз дозволяє прогнозувати значення залежної змінної, використовуючи інформацію про незалежну змінну. Його мета полягає у визначенні такої лінійної залежності, яка б мінімізувала суму квадратів похибок моделі. Це означає, що регресійний аналіз прагне знайти пряму лінію, яка максимально точно описує зв'язок між змінними, зменшуючи різницю між прогнозованими та фактичними значеннями [44].

Для початку імпортуємо дані з файлу формату (.xlsx) в середовище R. Визначаємо всі змінні, вказуючи номери стовпців:

- Змінна price – ціна на зерно в Польщі, у злотих
- Змінна Russia – імпорт зерна з Росії до ЄС, у тонах
- Змінна Ukraine – імпорт зерна з України до Польщі, у тонах
- Змінна Canada – імпорт зерна з Канади до ЄС, у тонах
- Фіктивна змінна War – наявність війни в Україні

Дані взяті з початку 2021 року по лютий 2024 року, з періодом в місяць. За допомогою функції plot, створимо графік залежності показників (Рис. 3.1).

Дослідимо взаємозв'язок цін на зерно в Польщі з кожним регресором окремо. Для цього кожен змінну розглядаємо як часовий ряд, задаючи номер стовпця, час початку спостережень та частоту даних.

Побудуємо прості лінійні регресії, де залежною змінною є ціна на зерно, а незалежними змінними виступають імпорт зерна з Росії до ЄС, з України до Польщі та з Канади до ЄС.

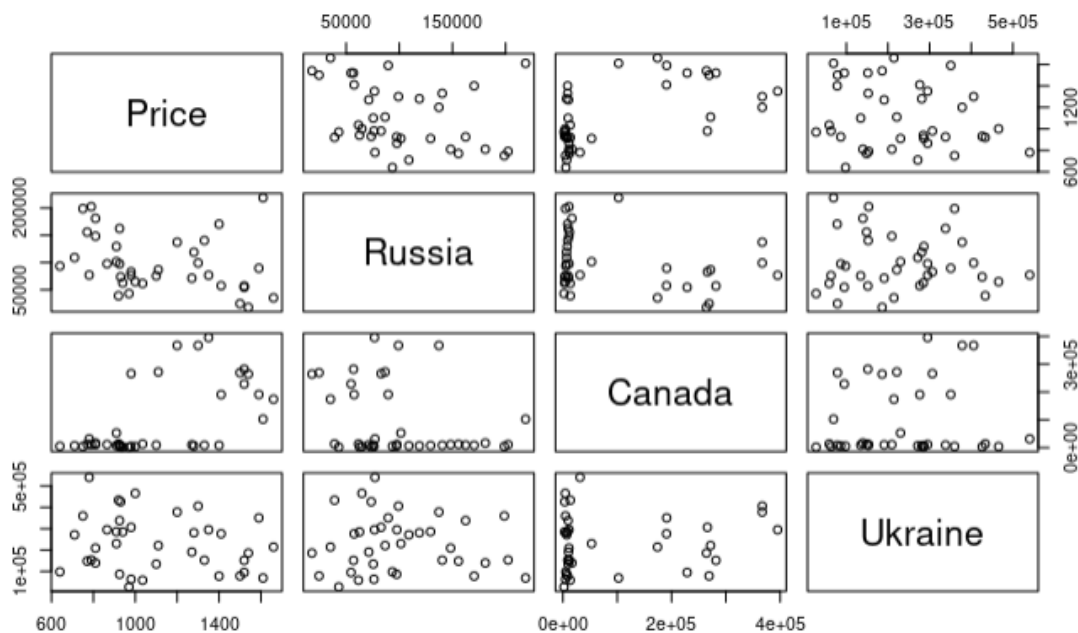


Рисунок 3.1 - Графік залежності показників

Джерело: розроблено автором

Рівняння регресії для першого регресора (RussiaSimple):

$$PRICE = \beta_0 + \beta_1 * Russia.$$

Побудуємо графік регресії за допомогою функції `plot` та нанесемо на нього трендову лінію, використовуючи функцію `abline`.

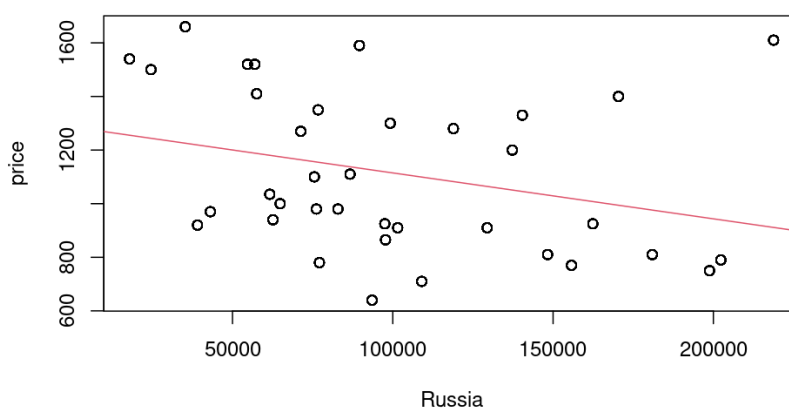


Рисунок 3.2 - Графік залежності змінних регресії RussiaSimple

Джерело: розроблено автором

Функція `summary` дозволяє переглянути основні результати моделі та проаналізувати їх.

```

Call:
lm(formula = price ~ Russia)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-476.6 -209.8 -140.1  226.4  702.2

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  1.273e+03  1.028e+02  12.381 1.54e-14 ***
Russia      -1.668e-03  9.191e-04  -1.814  0.0779 .
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 286.7 on 36 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.08379,    Adjusted R-squared:  0.05834
F-statistic: 3.292 on 1 and 36 DF,  p-value: 0.07794

```

Рисунок 3.3 - Результати регресії RussiaSimple

Джерело: розроблено автором

Аналіз моделі свідчить про:

- Незначущість коефіцієнта Russia, це означає, що значення pr для цього коефіцієнта повинно бути більше 0,05 ($pr > 0,05$).
- Низьке значення коефіцієнта детермінації вказує на недостатній рівень лінійного зв'язку між залежною та незалежною змінною ("Multiple R-squared=0.08379"). R^2 завжди є додатним і може варіюватися від нуля до одиниці. Якщо R^2 близький до 1, це означає, що x краще пояснює y. Якщо R^2 дорівнює 1, усі значення x та y лежать на одній прямій. При $R^2=0$ лінія регресії є горизонтальною прямою, тобто лінійний зв'язок відсутній. Для створення якісної моделі необхідно, щоб значення R^2 було якомога більшим.
- Ця модель є неадекватною, оскільки значення p-value $0.07794 > 0,05$.

Рівняння регресії для другого регресора (UkraineSimple):

Побудуємо графік регресії за допомогою функції plot та нанесемо на нього трендову лінію, використовуючи функцію abline.

$$PRICE = \beta_0 + \beta_1 * Ukraine$$

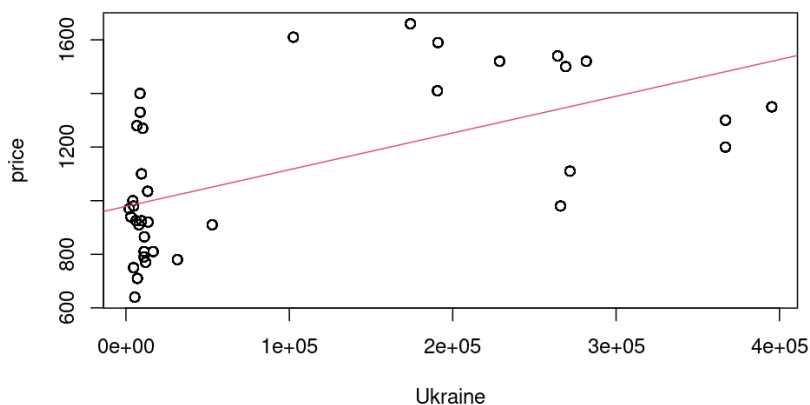


Рисунок 3.4 - Графік залежності змінних регресії UkraineSimple

Джерело: розроблено автором

Функція `summary` дозволяє переглянути основні результати моделі та проаналізувати їх.

```
Call:
lm(formula = price ~ Ukraine)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-361.79 -185.34  -52.67  168.47  494.58

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  9.736e+02  4.851e+01  20.068  <2e-16 ***
Ukraine      1.384e-03  3.047e-04   4.544   6e-05 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 238.8 on 36 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.3645,    Adjusted R-squared:  0.3468 
F-statistic: 20.65 on 1 and 36 DF,  p-value: 6.003e-05
```

Рисунок 3.5 - Результати регресії UkraineSimple

Джерело: розроблено автором

Аналіз даної моделі свідчить про:

- Значущість коефіцієнта Ukraine, тобто значення pr коефіцієнта Ukraine є меншим ніж 0,05 ($pr < 0,05$).
- Значення коефіцієнта в коефіцієнта Ukraine, є більшим ніж в попереднього значення, однак все одно вказує про слабкий рівень

лінійного зв'язку між залежною і незалежною змінними (Multiple R-squared=0.3645).

- Дана модель є адекватною, оскільки $p\text{-value}: 6.003e-05 < 0,05$

Рівняння регресії для третього регресора (CanadaSimple):

$$\text{PRICE} = \beta_0 + \beta_1 * \text{Canada}.$$

Побудуємо графік регресії за допомогою функції `plot` та нанесемо на нього трендову лінію, використовуючи функцію `abline`.

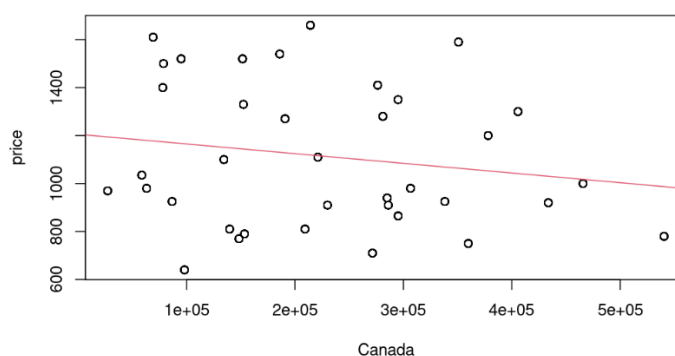


Рисунок 3.6 - Графік залежності змінних регресії CanadaSimple

Джерело: розроблено автором

Функція `summary` дозволяє переглянути основні результати моделі та проаналізувати їх.

```
Call:
lm(formula = price ~ Canada)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-524.26 -209.92  -92.38   259.04   546.33

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  1.207e+03  9.812e+01  12.301 1.87e-14 ***
Canada       -4.355e-04  3.711e-04  -1.174   0.248
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 293.9 on 36 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.03685,    Adjusted R-squared:  0.01009
F-statistic: 1.377 on 1 and 36 DF,  p-value: 0.2483
```

Рисунок 3.7 - Результати регресії CanadaSimple

Джерело: розроблено автором

Аналіз даної моделі свідчить про:

- Незначущість коефіцієнта Canada, це означає, що значення pr для цього коефіцієнта повинно бути більше 0,05 ($pr > 0,05$).
- Мале значення коефіцієнта детермінації свідчить про недостатню силу лінійного зв'язку між залежною та незалежною змінними (Multiple R-squared=0.03685).
- Дана модель є неадекватною, оскільки $p\text{-value}: 0,2483 > 0,05$

3.2. Оцінювання моделей множинної регресії та аналіз впливу українського зерна на продовольчий ринок Польщі

Тепер ми побудуємо множинну лінійну регресію, в якій ціна на зерно виступає залежною змінною, а імпорт зерна із Росії до ЄС, з України до Польщі та з Канади до ЄС – незалежними, також добавимо добутки цих змінних на фіктивну зміну War. Вираз для рівняння регресії “MultipleRegressionAll” буде наступним:

$$PRICE = \beta_0 + \beta_1 * Russia + \beta_2 * Ukraine + \beta_3 * Canada + \beta_4 * War * Russia + \beta_5 * War * Ukraine + \beta_6 * War * Canada.$$

Функція summary дозволяє переглянути основні результати моделі та проаналізувати їх (рис.3.8).

Отже, згідно рисунку 3.8, можна стверджувати, що одним з недоліків моделі є незначущість коефіцієнтів, це означає, що значення pr для цього коефіцієнта повинно бути більше 0,05 ($pr > 0,05$).

Щодо коефіцієнта детермінації, то він вказує на середній рівень лінійного зв'язку між залежною і незалежними змінними. ("Multiple R-squared = 0.5498").

```

Call:
lm(formula = price ~ Russia + Ukraine + Canada + Ukraine * War +
    Canada * War + Russia * War)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-390.96 -122.45  -29.54   86.71  555.21

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  9.211e+02  2.055e+02   4.482  0.0001 ***
Russia       2.045e-03  1.660e-03   1.232  0.2275
Ukraine      3.271e-03  1.953e-02   0.168  0.8681
Canada      -3.355e-04  4.380e-04  -0.766  0.4497
War          2.888e+02  2.669e+02   1.082  0.2878
Ukraine:War -1.707e-03  1.953e-02  -0.087  0.9309
Canada:War   -4.311e-04  5.775e-04  -0.746  0.4612
Russia:War   -3.244e-03  1.892e-03  -1.715  0.0967 .
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 220.1 on 30 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.5498,    Adjusted R-squared:  0.4448
F-statistic: 5.235 on 7 and 30 DF,  p-value: 0.0005553

```

Рисунок 3.8 - Результати регресії MultipleRegressionAll

Джерело: розроблено автором

Якщо моделі, які порівнюються, мають різну кількість параметрів, то рекомендується використовувати скоригований коефіцієнт детермінації (Adjusted R-squared) замість простого коефіцієнта детермінації (Multiple R-squared), щоб уникнути впливу кількості факторів на статистику [45]. Скоригований коефіцієнт детермінації враховує "штраф" за кількість змінних та кількість даних і є точнішим, оскільки він має ще менше значення ("Adjusted R-squared=0.4448").

Ця модель є адекватною, оскільки значення p-value = 0,00055. Крім того, ми також перевіряємо її адекватність за допомогою F-критерію Фішера.

У нульовій гіпотезі стверджується, що незалежна змінна не впливає на залежну.

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_{k-1} = 0.$$

Методика перевірки гіпотези схожа, за винятком значень статистики F_{teor} з $k - 1$ та $n - k$ ступенями свободи, а також врахування заданого рівня значущості α та формулою обчислення F_{pr} [44]:

$$F_{pr} = \frac{\frac{R^2}{k-1}}{\frac{1-R^2}{n-k}} \sim F(k-1, n-k).$$

Параметри формули:

R^2 – коефіцієнт детермінації;

n – кількість спостережень у моделі;

k – кількість незалежних змінних.

Процес перевірки гіпотези включає наступні кроки: спочатку обчислюється коефіцієнт детермінації ($R^2 = 0.5498$) та F_{pr} за відповідною формулою ($F_{pr} = 4,6823$). Потім з використанням таблиці розподілу Фішера знаходиться значення F_{teor} з $k - 1$ та $n - k$ ступенями свободи та встановленим рівнем значущості α ($F_{teor} = 4.2793$). Далі проводиться порівняння цих величин: оскільки $F_{pr} > F_{teor}$, то модель вважається адекватною. Відхилення від нульової гіпотези свідчить про те, що модель може бути використана.

Спробуємо покращити модель, використовуючи функцію `step`, яка крок за кроком шукає оптимальну модель, послідовно відкидаючи незалежні змінні. Отже, оптимальною моделлю “MultipleRegressionOptimal” є наступна:

$$\text{PRICE} = \beta_0 + \beta_1 * \text{Russia} + \beta_2 * \text{Ukraine} + \beta_3 * \text{Canada} + \beta_4 * \text{War} + \beta_5 * \text{Russia} * \text{War}$$

Функція `summary` дозволяє переглянути основні результати моделі та проаналізувати їх.

```
Call:
lm(formula = price ~ Russia + Ukraine + Canada + War + Russia:War)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-363.36 -139.33  -17.16   95.31  582.39

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  9.767e+02  1.622e+02   6.022 1.02e-06 ***
Russia       2.123e-03  1.507e-03   1.409 0.168500
Ukraine      1.563e-03  3.670e-04   4.259 0.000168 ***
Canada      -5.818e-04  2.759e-04  -2.109 0.042877 *
War          1.831e+02  2.031e+02   0.901 0.374145
Russia:War   -3.276e-03  1.752e-03  -1.870 0.070611 .
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 215.1 on 32 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.5415,    Adjusted R-squared:  0.4698
F-statistic: 7.557 on 5 and 32 DF,  p-value: 8.826e-05
```

Рисунок 3.9 - Результати регресії MultipleRegressionOptimal

Джерело: розроблено автором

Порівнюючи з попередньою моделлю, можемо зробити такі висновки:

- Два коефіцієнти виявилися статистично значущими, що означає, що значення p_r для кожного з коефіцієнтів менше 0,05, це Україна та Канада. Інші коефіцієнти не є статистично значущі.
- Значення коефіцієнта детермінації вказує на середній рівень лінійного зв'язку між залежною та незалежною змінною (Multiple R-squared=0.5415). Оскільки моделі fm і $fm0$ мають різну кількість параметрів, для порівняння використовується скоригований коефіцієнт детермінації ("Adjusted R-squared"). Нова модель fm виявилась кращою за $fm0$, оскільки її скоригований коефіцієнт детермінації є більшим (Adjusted R-squared=0.4698 fm проти Adjusted R-squared=0.4448 для $fm0$).
- Модель fm вважається адекватною, оскільки значення "p-value": $8.826e-05 < 0,05$. Крім того, ми перевіряємо її адекватність за допомогою F-критерію Фішера. Алгоритм перевірки гіпотези про відсутність впливу незалежних змінних на залежну складається з наступних кроків: спочатку обчислюється коефіцієнт детермінації ($R^2 = 0.5415$), F_{pr} за формулою ($F_{pr} = 7.970786$), а потім з використанням таблиці розподілу Фішера знаходиться значення F_{teor} з $k - 1$ та $n - k$ ступенями свободи та заданим рівнем значущості α ($F_{teor} = 4.210008$). Порівняння цих величин показує, оскільки $F_{pr} > F_{teor}$, то модель вважається адекватною. F-статистика підтверджує адекватність моделі. Таким чином, відхилення нульової гіпотези означає, що наша модель підібрана правильно.

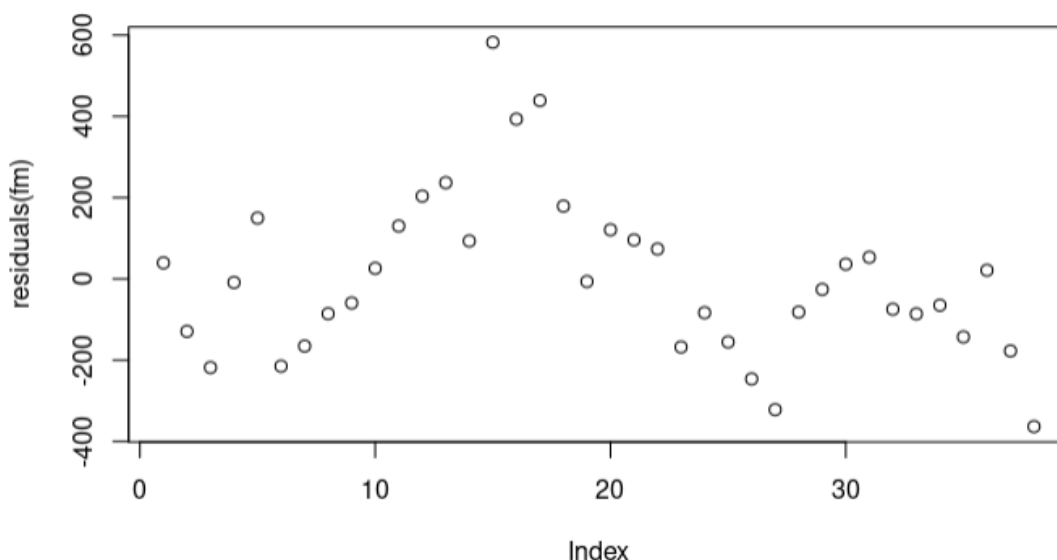


Рисунок 3.10 - Графік залишків регресії

Джерело: розроблено автором

Випишемо рівняння регресії MultipleRegressionOptimal:

$$y = 976,7 + 0.00212 * \text{Russia} + 0.00156 * \text{Ukraine} - 0.00058 * \text{Canada} + 183 * \text{War} - 0.00327 \text{Russia} * \text{War} + e.$$

Інтерпретація оцінених коефіцієнтів моделі:

- При $\text{Ukraine}=0$, $\text{Canada}=0$, $\text{Russia} =0$, $\text{War} = 0$, Ціна на зерно буде складати = 976,7 злотих;
- При відсутності війни збільшенні імпорту з Росії у Європу на одну тону, ціна на зерно буде збільшуватись на 0.00212 злотих, однак при наявності війни ціна буде падати на 0,00115 злотих.
- при збільшенні імпорту з України в Польщу на одну тону, ціна на зерно буде збільшуватись на 0.00156 злотих;
- при збільшенні імпорту з Канади у Європу на одну тону, ціна на зерно буде зменшуватися на 0.00058 злотих;
- наявність війни в Україні збільшує ціну на 183 злотих.

Попри очікування, збільшення імпорту з України навпаки призводить до збільшення ціни на зерно. Тому ми можемо стверджувати що більшу роль у зменшенні ціни грає саме світове виробництво.

Розглянемо ключові показники та гіпотези, які використовуються для оцінки статистичної значущості прогнозу в регресійній моделі.

Коефіцієнт еластичності вказує на відсоткову зміну залежної змінної при збільшенні значення однієї незалежної змінної на 1%, за умови, що значення інших змінних залишається незмінним.

Традиційний метод обчислення полягає у використанні середнього значення змінної і виглядає так:

$$E_j = \hat{\beta}_j \frac{\bar{x}_j}{\bar{y}}, j = \overline{1, k-1}.$$

Кожен фактор регресії має свій вплив, який можна оцінити за допомогою коефіцієнта еластичності. Для ранжування цих факторів використовується абсолютне значення цього показника. Результати, отримані за допомогою коефіцієнтів еластичності, можуть відрізнятися від коефіцієнтів, отриманих за рівнянням регресії, і найбільш важливі фактори, визначені різними методами, можуть не співпадати [44].

Середній коефіцієнт еластичності у нашому випадку вказує на те, наскільки в середньому зміниться значення ціни при зміні незалежних змінних на 1% від їх середнього значення. Отже, при збільшенні значення Russia на 1%, ціна в середньому зменшиться на 0.19%, при збільшенні значення Ukraine на 1%, ціна в середньому зменшиться на 0.135%, а при збільшенні значення Canada на 1%, ціна в середньому збільшиться на 0.33%.

Фактичні значення та регресійні оцінки мають відмінність у вигляді певної похибки, яка у звичайному використанні називається залишками. Існує кілька статистичних критеріїв для перевірки нормальності розподілу цих залишків.

Тест Жарка-Бера - це статистичний тест, що перевіряє відповідність даних вибірки асиметрії та ексцесу, які відповідають нормальному розподілу. Статистика тесту завжди має позитивне значення. Якщо це значення далеке від нуля, це свідчить про те, що дані не мають нормального розподілу.

Тест Жарка-Бера є асимптотичним, що означає його застосовність до великих вибірок. Згідно з теоремою Гауса-Маркова, якщо помилки розподілені нормально,

то оцінки методу найменших квадратів (МНК) будуть оптимальними. Це означає, що вони матимуть найменшу дисперсію серед усіх лінійних незміщених оцінок, і коефіцієнти регресії також будуть розподілені асимптотично нормально [46].

Ми перевіримо гіпотезу про нормальність розподілу залишків, використовуючи критерій Жарке-Бера (Jarque-Bera statistics). За допомогою функції `jarque.bera.test` з бібліотеки `tseries` ми проведемо перевірку на нормальність відхилень початкової моделі (що є додатковою умовою теореми Гауса-Маркова). Таким чином, висновок полягає в тому, що відхилення в нашій моделі розподілені нормально.

```
Jarque Bera Test
data: residuals(fm)
X-squared = 5.376, df = 2, p-value = 0.06802
[1] "Збурення нормальні"
```

Рисунок 3.11 - Тест Жарке-Бера для `MultipleRegressionOptimal`

Джерело: розроблено автором

Тест Шапіро-Вілکا є одним з найбільш потужних інструментів для перевірки наявності значних відхилень розподілу вибірки від нормального. Під нульовою гіпотезою перевіряється чи має вибірка $x_1, \dots, x_n$ нормальний розподіл. При відхиленні від нульової гіпотези можна зробити висновок, що умови нормальності не виконуються. Отже, якщо значення p менше заданого рівня α , то нульова гіпотеза відхиляється, і можна зробити висновок, що перевірені дані не мають нормального розподілу. З іншого боку, якщо значення $p > \alpha$, то нульова гіпотеза залишається не відхилена. Наприклад, при $\alpha = 0,05$ набір даних з $p < 0,05$ відкидає нульову гіпотезу про нормальний розподіл отриманих даних [47].

Також, ефективність тесту суттєво залежить від обсягу вибірки: чим більший обсяг, тим більша точність перевірки розподілу. Іншими словами, у випадку невеликої вибірки тест може пропустити реальні відмінності, тоді як при великій вибірці навіть незначні відхилення можуть бути виявлені [48].

Ми проведемо перевірку за допомогою тесту Шапіро-Вілکا, використовуючи функцію `shapiro.test`. За результатами цього тесту, значення "p-value" = 0.252, що більше за 0,05, і свідчить про те, що розподіл даних істотно не відрізняється від нормального розподілу. Іншими словами, ми можемо зробити висновок, що дані можна вважати нормально розподіленими.

```
Shapiro-Wilk normality test
data: residuals(fm)
W = 0.95565, p-value = 0.1367
```

Рисунок 3.12 - Тест Шапіро-Вілка для MultipleRegressionOptimal

Джерело: розроблено автором

Гетероскедастичність означає, що дисперсія залишків змінюється для кожного спостереження, тобто не залишається постійною. На сьогоднішній день існують різні критерії для виявлення гетероскедастичності на практиці, проте жоден з них не є широко використовуваним методом.

Критерії можуть бути:

- Загальними. Ці методи прості у використанні, але при визначенні гетероскедастичності не надають інформації для подальшої оцінки моделі.
- Регресійними. Хоча ці методи дають оцінку вагових коефіцієнтів для зваженого методу найменших квадратів, вони не завжди є статистично коректними. Таким чином, вони можуть вказувати лише на відсутність гетероскедастичності у певних формах.

У цьому контексті загальним критерієм є Голдфелда-Квондта, а до регресійних методів належать критерії Глейзера та Уайта.

У загальному випадку всі спостереження поділяються на дві групи, і кожен тест перевіряє гіпотезу про рівність дисперсій цих груп: $H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$. Якщо гіпотеза приймається, це означає, що наявність гетероскедастичності може бути ігнорована, оскільки вона не є статистично значущою [44]. С. Голдфельд та Р.

Квондт розробили найпопулярніший формальний критерій перевірки гетероскедастичності.

Розіб'ємо сукупність n спостережень на дві групи з розмірами n_1 і n_2 , при цьому вилучаючи від 15% до 30% спостережень з середніми значеннями. У цьому випадку сума n_1 та n_2 буде меншою за n . Класифікація може ґрунтуватися на значенні незалежної змінної, наприклад, максимальному або мінімальному. Також можна проводити групування за залежною змінною.

Для використання критерію Голдфелда – Квондта необхідно провести окрему оцінку моделі методом найменших квадратів для кожної підгрупи: σ_1^2 для оцінки дисперсії помилок першої групи спостережень та σ_2^2 для другої групи.

У випадку відсутності гетероскедастичності, статистика

$$F_{pr} = \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2}$$

має розподіл Фішера з $n_1 - k, n_2 - k$ степенями свободи.

Необхідно, щоб перша група мала більшу дисперсію, ніж друга. В іншому випадку, порядок нумерації груп змінюється [44].

Проведемо аналіз регресії на наявність гетероскедастичності, щоб визначити, чи відрізняються дисперсії (міра розкиду) значень залежної змінної. Іншими словами, ми будемо досліджувати, як вплив незалежних змінних різноманітно розподіляється на Ціну зерна в Польщі.

Перевіримо наявність гетероскедастичності за допомогою критерію Голфелда-Квондта з надійністю 80%. Спочатку дані сортуються за значенням залежної змінної. Потім вектори розділяються на дві рівні частини, відповідно до перших і останніх 40% даних. Потім ми будемо допоміжні регресії та порівнюємо їх дисперсії. Після цього ми обчислюємо значення F_{pr} та порівнюємо його з критичним (теоретичним) значенням F_{teor} яке знаходиться в таблиці розподілу Фішера для рівнів $F(n_2 - k; n_1 - k; \alpha)$. Оскільки ми отримали $F_{pr} < F_{teor}$, то приймаємо гіпотезу про гомоскедастичність або відсутність гетероскедастичності.

Якщо маємо справу з гетероскедастичністю, щоб з нею поборотися, можна скористатися методом ваги, запропонованим критеріями Уайта або Глейзера, які

дозволять її усунути. Також можна застосувати зважений метод найменших квадратів (МНК), щоб оцінити модель.

Проте виправлення гетероскедастичності може ускладнити економічне тлумачення результатів прогнозу. Тому, якщо така проблема виявлена, розумно переглянути змінні та вдосконалити модель

Наступним важливим показником є автокореляція, що відображає взаємозв'язок між послідовними елементами набору даних. Іншими словами, значення одного вимірювання залежать від інших з певною затримкою (лагом). Наприклад, зв'язок між $u_1, u_2, \dots, u_t$ та $u_2, u_3, \dots, u_{t+1}$, є прикладом автокореляції в одному наборі даних. Автокореляція може виникати через інерційність або циклічність економічних процесів, а також через помилкову специфікацію економетричної моделі. У випадку автокореляції МНК дає менш ефективні оцінки, і втрачається можливість використовувати статистичні критерії, такі як t- та F-статистики [45].

Проведемо перевірку гіпотези про наявність автокореляції в залишках моделі за допомогою тесту Бройша-Годфрі. Для цього використаємо функцію `bgtest` з бібліотеки `lmtest`, спочатку для першого порядку (`order=1`), а потім для другого порядку (`order=2`).

```
Breusch-Godfrey test for serial correlation of order up to 1
data:  fm
LM test = 20.428, df = 1, p-value = 6.192e-06
```

Рисунок 3.13 - Тест Бройша-Годфрі для залишків першого порядку для `MultipleRegressionOptimal`

Джерело: розроблено автором

```
Breusch-Godfrey test for serial correlation of order up to 2
data:  fm
LM test = 20.88, df = 2, p-value = 2.924e-05
```

Рисунок 3.14 - Тест Бройша-Годфрі для залишків другого порядку для `MultipleRegressionOptimal`

Джерело: розроблено автором

Отже, автокореляція присутня в обох випадках, тобто гіпотеза H_0 про відсутність автокореляції відхиляється, оскільки p-value менше як 5%.

Також використаємо статистичний Тест Дікі Фуллера, який використовується для перевірки стаціонарності часових рядів. Це тип перевірки одиничного кореня, за допомогою якого ми визначаємо, чи має часовий ряд будь-який одиничний корінь. Для застосування використаємо функцію `adf.test`.

Augmented Dickey-Fuller Test

```
data: resid(fm)
Dickey-Fuller = -1.6925, Lag order = 3, p-value = 0.6935
alternative hypothesis: stationary
```

Рисунок 3.15 – Тесту Дікі Фуллера для `MultipleRegressionOptimal`

Джерело: розроблено автором

Враховуючи що Р-значення 0.6935 є дуже високим. Можна зробити висновок, що немає достатніх підстав відхиляти нульову гіпотезу про наявність одиничного кореня в часовому ряді залишків. Це означає, що наш часовий ряд залишків є нестаціонарним.

Спробуємо перевірити автокореляцію за допомогою іншого критерію - Тесту Дарбіна-Ватсона. Для цього використаємо функцію `durbinWatsonTest`.

```
lag Autocorrelation D-W Statistic p-value
1      0.6297865      0.6501922      0
Alternative hypothesis: rho != 0
```

Рисунок 3.16 - Тест Дарбіна-Ватсона для `MultipleRegressionOptimal`

Джерело: розроблено автором

Отже тест Дарбіна-Ватсона, вказує на те, що в регресійній моделі спостерігається значуща позитивна автокореляція залишків.

Для наявності автокореляції можна використати функцію `auto.arima()` з пакету `forecast` в середовищі RStudio як спосіб коригування автокореляції. Ця функція повертає найоптимальнішу модель ARIMA на основі метрик AIC, AICc або BIC. Під час роботи функція враховує обмеження, що стосуються порядку моделі. Як

альтернативу для вирішення проблеми автокореляції можна використати оцінку гетероскедастичності та автокореляції (НАС) матриці коваріації оцінок коефіцієнтів у моделі лінійної регресії. Функція `coeftest` повертає об'єкт класу `"coeftest"`, що містить оцінки коефіцієнтів разом зі стандартними помилками, статистикою тесту та значенням p . Додатково можна використовувати функцію `ar` для автоматичного виявлення авторегресій у часових рядах з встановленням складності за критерієм AIC.

Однак, вищевказані варіанти виправлення автокореляції може ускладнити економічне тлумачення результатів прогнозу. Тому, якщо спостерігається автокореляція, рекомендується переглянути змінні та вдосконалити модель.

Спробуємо знайти модель, яка буде задовольняти усі критерії. Для цього розіб'ємо фіктивну змінну `War` на три, спираючись на основні точки екстремуму імпорту зерна України в Польщу.

Перша фіктивна змінна `War` – має значення 1 з початку війни до 01.11.2022, тобто до моменту коли імпорт зерна нарощувався та досягнув 395301,4 тисяч тон на місяць.

Друга фіктивна змінна `Fall` – має значення 1 з 01.11.2022 до 01.06.2023 тобто до моменту коли перестала діяти Чорноморська зернова ініціатива.

Третя фіктивна змінна `Now` – має значення 1 з 01.06.2023 до сьогоднішнього дня.

Також добавимо змінну `Difference` яка прийматиме значення різниці вартості на зерно у теперішньому місяці з попереднім. Дані представлено в Додатку Б.

Побудуємо множинну лінійну регресію `"MultipleRegressionFictitious"`, в якій ціна на зерно виступає залежною змінною, а імпорт зерна із Росії до ЄС, з України до Польщі – незалежними, також добавимо фіктивні змінні `War`, `Now` та `Fall`. Вираз для рівняння регресії буде наступним:

$$PRICE = \beta_0 + \beta_1 * Russia + \beta_2 * Ukraine + \beta_3 * War + \beta_4 * Now + \beta_5 * Fall + e.$$

Таким чином в моделі добавились додаткові фіктивні змінні, та зникла змінна Canada.

Функція `summary` дозволяє переглянути основні результати моделі та проаналізувати їх.

```
Call:
lm(formula = price ~ Russia + Ukraine + War + Now + Fall)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-270.72  -66.81  -11.79   44.85  245.97

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  9.692e+02  5.527e+01  17.537  < 2e-16 ***
Russia       7.801e-04  4.838e-04   1.612   0.1167
Ukraine      6.143e-04  2.536e-04   2.422   0.0213 *
War          3.489e+02  7.343e+01   4.751  4.10e-05 ***
Now         -3.200e+02  6.434e+01  -4.974  2.14e-05 ***
Fall        -1.303e+02  7.580e+01  -1.719   0.0952 .
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 125.3 on 32 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.8443,    Adjusted R-squared:  0.82
F-statistic: 34.72 on 5 and 32 DF,  p-value: 5.043e-12
```

Рисунок 3.17 - Результати регресії `MultipleRegressionFictitious`

Джерело: розроблено автором

Порівнюючи з попередньою моделлю, можемо зробити такі висновки:

- Три коефіцієнти виявилися статистично значущими, що означає, що значення p для кожного з коефіцієнтів менше 0,05, це `Ukraine`, `War`, `Now`. Інші коефіцієнти не є статистично значущі.
- Значення коефіцієнта детермінації вказує на високий рівень лінійного зв'язку між залежною та незалежною змінною (`Multiple R-squared=0.8443`). Оскільки моделі мають різну кількість параметрів, для порівняння використовується скоригований коефіцієнт детермінації ("`Adjusted R-squared`"). Нова модель виявилась кращою за попередню оскільки її скоригований коефіцієнт детермінації є значно більшим (`Adjusted R-squared=0.82` проти `Adjusted R-squared=0.4698`).

- Модель fm вважається адекватною, оскільки значення "p-value": $5.043e-12 < 0,05$. Крім того, перевіряючи її адекватність за допомогою F-критерію Фішера ($F_{pr} = 36.61624$ а $F_{teor} = 4.210008$) $F_{pr} > F_{teor}$, тому модель вважається адекватною.
- Загалом можемо стверджувати що дана модель краще пояснює ціну на зерно в Польщі ніж попередня.

Функція step, не знаходить кращого варіанту моделі, тому можна вважати що такий набір параметрів є найкращим.

Випишемо рівняння регресії MultipleRegressionFictitious:

$$y = 969 + 0.00078 * Russia + 0.00061 * Ukraine + 349 * War - 320 * Now + 130 * Fall + e.$$

Інтерпретація оцінених коефіцієнтів моделі:

- При $Ukraine=0$, $Russia=0$, $War=0$, $Now=0$, $Fall=0$ Ціна на зерно буде складати = 969 злотих;
- При збільшенні імпорту зерна з Росії у Європу на одну тону, ціна на зерно буде збільшуватись на 0.00078 злотих.
- при збільшенні імпорту з України в Польщу на одну тону, ціна на зерно буде збільшуватись на 0.00061 злотих;
- На період War тобто на період коли Україна нарощувала імпорт зерна до Польщі ціна на зерно збільшувалась на 349. В той час коли внаслідок протестів Україна скорочувала імпорт – ціна впала на 130 (змінна Fall). З моменту закінчення дії зернової Чорноморської ініціативи і до сьогоднішнього дня, коли обсяги імпорту зерна до Польщі ніяк не нарощуються продовжує зменшення ціни на 320.
- Отже можемо зробити висновок що, як і в попередні моделі, попри очікування, збільшення імпорту з України навпаки призводить до збільшення ціни на зерно.

Розглянемо ключові показники та гіпотези.

```

Jarque Bera Test

data: residuals(fm3)
X-squared = 0.50968, df = 2, p-value = 0.775

[1] "Збурення нормальні"

Shapiro-Wilk normality test

data: residuals(fm3)
W = 0.96692, p-value = 0.3156

```

Рисунок 3.19 - Тест Жарка-Бера та Шапіро-Вілکا для MultipleRegressionFictitious

Джерело: розроблено автором

Тест Жарка-Бера свідчить що відхилення в нашій моделі розподілені нормально. А тест Шапіро-Вілка свідчить про те, що розподіл даних істотно не відрізняється від нормального розподілу.

Перевіримо нашу модель на автокореляцію залишків. Для початку використаємо тест Дікі Фуллера:

```

Augmented Dickey-Fuller Test

data: resid(fm3)
Dickey-Fuller = -2.1343, Lag order = 3, p-value = 0.5208
alternative hypothesis: stationary

```

Рисунок 3.19 - Тест Дікі Фуллера для MultipleRegressionFictitious

Джерело: розроблено автором

Тест Дікі Фуллера свідчить, що наш часовий ряд залишків є нестационарним. Наступним використаємо тест Бройша-Годфрі:

```

Breusch-Godfrey test for serial correlation of order up to 1

data: fm3
LM test = 5.779, df = 1, p-value = 0.01622

```

Рисунок 3.20 - Тест Бройша-Годфрі для MultipleRegressionFictitious

Джерело: розроблено автором

Як і в попередній моделі, автокореляція присутня, тобто гіпотеза H_0 про відсутність автокореляції відхиляється, оскільки p-value менше як 5%.

На останок, застосуємо критерій Дарбіна-Ватсона:

```
lag Autocorrelation D-W Statistic p-value
1      0.3553374      1.25542  0.002
Alternative hypothesis: rho != 0
```

Рисунок 3.21 Тест Дарбіна-Ватсона для MultipleRegressionFictitious

Джерело: розроблено автором

Як і в попередній моделі тест Дарбіна-Ватсона свідчить про наявність автокореляції, однак варто зазначити що коефіцієнт D-W Statistic (1.25542) відповідає зоні невизначеності. Таким чином ми перевищили нижню межу, однак поки не наблизились до бажаного результату.

Спробуємо замість залежної змінної Price взяти змінну Difference, яка приймає значення різниці вартості на зерно у теперішньому місяці з попереднім.

Для виявлення найкращої комбінації параметрів використаємо функцію step. В результаті найкращою моделлю MultipleRegressionDifference є:

$$\text{Difference} = \beta_0 + \beta_1 * \text{Ukraine} + \beta_2 * \text{Canada} + \beta_3 * \text{Now} + e$$

Використаємо функцію summary:

```
Call:
lm(formula = difference ~ Ukraine + Canada + Now)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-146.810  -64.246   -0.824   47.667  174.575

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  1.032e+02  3.030e+01   3.406  0.00175 **
Ukraine      -2.849e-04  1.119e-04  -2.547  0.01571 *
Canada       -2.970e-04  1.059e-04  -2.804  0.00838 **
Now          -7.362e+01  3.444e+01  -2.137  0.04007 *
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 80.28 on 33 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.3496,    Adjusted R-squared:  0.2905
F-statistic: 5.913 on 3 and 33 DF,  p-value: 0.002408
```

Рисунок 3.22 - Результати регресії для MultipleRegressionDifference

Джерело: розроблено автором

Проаналізуємо дану модель

- Усі коефіцієнти виявилися статистично значущими, що означає, що значення p для кожного з коефіцієнтів менше 0,05, це Ukraine, Canada, Now.

- Значення коефіцієнта детермінації вказує на слабкий рівень лінійного зв'язку між залежною та незалежною змінною (Multiple R-squared=0.3496). Нова модель є гіршою за обидві попередні оскільки її скоригований коефіцієнт детермінації є значно меншим (Adjusted R-squared=0.2905)
- Модель вважається адекватною, оскільки значення "p-value": $0.0024 < 0,05$. F-критерій Фішера ($F_{pr} = 8.062543$ а $F_{teor} = 4.170877$) $F_{pr} > F_{teor}$, вказує на те що модель є адекватною.
- Загалом ми не можемо наразі стверджувати що дана модель є кращою за попередні, однак спробуємо проаналізувати її за допомогою інших критеріїв.

Jarque Bera Test

```
data: residuals(fm4)
X-squared = 1.3938, df = 2, p-value = 0.4981
[1] "Збурення нормальні"
```

Shapiro-Wilk normality test

```
data: residuals(fm4)
W = 0.96002, p-value = 0.2023
```

Рисунок 3.23 - Тест Жарка-Бера та Шапіро-Вілکا для MultipleRegressionDifference

Джерело: розроблено автором

Тести Жарка-Бера та Шапіро-Вілка вказують що відхилення в нашій моделі розподілені нормально, а розподіл даних істотно не відрізняється від нормального розподілу.

Augmented Dickey-Fuller Test

```
data: resid(fm4)
Dickey-Fuller = -3.8404, Lag order = 3, p-value = 0.02833
alternative hypothesis: stationary
```

Рисунок 3.24 - Тест Дікі Фуллера для MultipleRegressionDifference

Джерело: розроблено автором

Результати свідчать що наш часовий ряд залишків є стаціонарним.

Спробуємо перевірити автокореляцію залишків за допомогою тестів Бройша-Годфрі та Дарбіна-Ватсона.

```

Breusch-Godfrey test for serial correlation of order up to 1

data:  fm4
LM test = 0.0026735, df = 1, p-value = 0.9588

lag Autocorrelation D-W Statistic p-value
1      0.008173645      1.95618    0.548
Alternative hypothesis: rho != 0

Augmented Dickey-Fuller Test

data:  resid(fm4)
Dickey-Fuller = -3.8404, Lag order = 3, p-value = 0.02833
alternative hypothesis: stationary

```

Рисунок 3.25 - Тести Бройша-Годфрі та Дарбіна-Ватсона для MultipleRegressionDifference

Джерело: розроблено автором

Можна зробити висновок, що в нашій регресійній моделі відсутня значуща автокореляція залишків. Обидва тести показують дуже високі р-значення, що свідчить про те, що немає підстав відхиляти нульову гіпотезу про відсутність автокореляції.

Випишемо рівняння регресії MultipleRegressionDifference:

$$y = 103 - 0.000284 * \text{Ukraine} - 0.000297 * \text{Canada} - 74 * \text{Now} + e.$$

Інтерпретація оцінених коефіцієнтів моделі:

- При Ukraine=0, Canada=0, Now=0, **Зміна** ціни на зерно буде складати = 103 злотих;
- при збільшенні імпорту з України в Польщу на одну тону, зміна ціни на зерно буде падати на 0.000284 злотих;
- при збільшенні імпорту з Канади в ЄС на одну тону, зміна ціни на зерно буде падати на 0.000297 злотих;

- наявність періоду Now – зменшує ціну на 74.

В даній моделі результати відрізняються від попередніх і свідчить, що імпорт з України призводить до зниження ціни на зерно.

Таким чином ми створити модель, яка підходить по усім критеріям, та у якій відсутня автокореляція залишків. Єдиною проблемою моделі є низьке значення коефіцієнта детермінації.

У результаті були розроблені економетричні моделі для аналізу залежності цін на зерно в Польщі від таких незалежних змінних, як імпорт зерна з Росії до країн Європейського Союзу, України до Польщі, Канади до ЄС, а також фіктивної змінної наявності війни. Крім того, були розглянуті основні показники та гіпотези, а також проведено перевірку статистичної значущості прогнозу регресійних моделей.

ВИСНОВКИ

Ринок зернових, будучи одним з ключових компонентів агропродовольчого ринку, являє собою складну систему, що включає в себе різноманітні зв'язки між виробниками (продавцями) та споживачами (покупцями) зерна, а також економічні взаємодії між ними та вплив регулюючих органів на його функціонування. При аналізі регіонального ринку зерна важливо враховувати всі особливості виробництва і збуту сільськогосподарської продукції в конкретному регіоні, а також основні соціально-економічні тенденції його розвитку.

Підсумовуючи, слід зазначити, що ситуація на ринку зернових є надзвичайно динамічною. Агресія Росії проти України спричинила багато проблем на сільськогосподарських ринках ЄС, у тому числі на ринку зернових. Політичні рішення, повідомлення ЗМІ та інформація з фронту трансформуються в ринкові спекуляції та поведінку окремих учасників ринку, і, варто підкреслити, не завжди раціональну. Сплеск цін на пшеницю та кукурудзу, що спостерігався у 2022 році - не перший випадок, коли таке відбувається. Наслідки шоків попиту та пропозиції на ринку зернових спостерігалися неодноразово і раніше. Однак різка глобальна реакція на ринках зернових у зв'язку з подіями в Україні у 2022 році мала велике значення, оскільки вплинула на зміну цін на продукцію та можливості її купівлі.

У структурі польського експорту та імпорту зернових найважливішими є кукурудза та пшениця. У 2022 році домінуючим напрямком закупівель пшениці та кукурудзи для Польщі була Україна. З іншого боку, домінуючим напрямком експорту зернових були європейські країни, насамперед Німеччина.

Іншим важливим аспектом змін у санкціях щодо торгівлі зерновими є збільшення обсягів перевалки в портах Польщі, як країни, що межує з Україною. Ці проблеми пов'язані зі збільшенням відвантаження української продукції, але у випадку зернових збільшення обсягів перевезень було зафіксовано лише в порту Гданська.

В рамках даного дослідження було розглянуто кілька економетричних моделей, що дозволило виявити зв'язок між ціною на зерно в Польщі та низкою

незалежних змінних. На основі отриманих рівнянь регресії було здійснено економічне тлумачення отриманих показників.

Для дослідження лінійної залежності між змінними використовувався коефіцієнт детермінації. Він дає уявлення про те, наскільки добре модель описує дані. Аналіз адекватності моделі здійснювався за допомогою F-критерію Фішера, що стверджує про наявність зв'язку між факторами регресії. Вплив незалежної змінної на залежну змінну у відсотковому еквіваленті оцінювався за допомогою коефіцієнта еластичності. Для перевірки, чи відповідає розподіл залишків нормальному, застосовувались такі статистичні критерії, такі як тест Жарка-Бера та Шапіро-Вілка. В рамках дослідження проаналізовано явище гетероскедастичності, тобто нерівномірності дисперсії залишків регресійної моделі. Для цього було застосовано критерій Голфельда – Квондта. Окрім того, досліджувалась автокореляція – взаємозв'язок між послідовними елементами набору даних. З метою виявлення автокореляції використовувались критерії Бройша – Годфрі та Дарбіна-Ватсона. Для перевірки стаціонарності часових рядів застосовувався статистичний тест Дікі-Фуллера.

Результати побудованих моделей свідчать що ціни на сільськогосподарську продукцію в Польщі більше залежать від ситуації на світових ринках, ніж від імпорту з України. Перевиробництво зернових у Польщі та світі впливає на ціни, що ставить слова польських фермерів під сумнів. Аналіз зернових вказує на те, що імпорт з України не має вирішального впливу на внутрішні ціни, і що більш ефективним було б зосередитися Польщі на модернізації та пошуку нових ринків збуту.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. European Council, Council of the European Union. 2023. Infographic – Ukrainian grain exports explained, <https://www.consilium.europa.eu/en/infographics/ukrainian-grain-exports-explained/> (дата звернення: 01.05.2024).
2. ONZ (United Nations). 2023a. UN chief regrets Russia’s decision to withdraw from grain deal, <https://news.un.org/en/story/2023/07/1138752> (date of access: 22.05.2024)
3. Nichols Michelle. 2023. “Many may die” warns UN after end of Black Sea grain deal, <https://www.reuters.com/world/europe/many-may-die-warns-un-after-end-black-sea-graindeal-2023-07-21/> (дата звернення: 01.05.2024).
4. Сміт А. Дослідження про природу та причини добробуту націй / пер. з англ. О. Васильєв, М. Межевікіна, А. Малівський. Київ : Наш формат. 2018. 722 с.
5. Alfred Marshall. Principles of Economics. URL: <https://doi.org/10.1057/9781137375261> (date of access: 22.05.2024)
6. Фрідман М., Фрідман Р.. Капіталізм і свобода/ пер. з англ. Н. Рогачевська. — К. : Наш формат, 2017. — 216 с.
7. Котлер Ф. Основи маркетингу. Харків : Діалектика, 2003. 1200 с.
8. Самуельсон П. Економіка. За редакцією О.Лищишина. Львів. Світ. 1993. 495 с.
9. Макконнелл К., Брю С Л. Економікс: принципи, проблеми і політика/ пер. з англ. Е.С. Іванова та інші. Київ : ХаГар, 2000. 785 с
10. Фінансово-економічний словник. Юнін О.С., Круглова О.О., Савельєва М.О. та ін. Дніпро : Видавець Біла К.О., 2018. 164 с.
11. Руденко М.Д. Енергія прогресу: Нариси з фізичної економії. Київ: Молодь, 1998. 528 с, с. 252
12. Вернадський В.І. Вибрані наукові праці академіка В.І. Вернадського. Т. 1. Київ. НБУ ім. В.І. Вернадського, 2011. Кн. 2. 583 с.
13. Худолій Л.М. Економічний механізм формування та функціонування ринку зерна в Україні. Київ : ІАЕ УААН, 1998. 204 с.

- 14.Сікало М.В. Ринок зерна як об'єкт державного регулювання. Теорія та практика державного управління. 2017.№ 1 (56). с. 1-8.
- 15.Амірова Н.Р. Інноваційна модель відтворення в зерновому господарстві. Зернове господарство. 2007. № 3–4. С. 5–6.
- 16.Саковська О.М. Організація та функціонування регіонального ринку зерна. Економіка АПК. 2011. № 11. С. 45-50.
- 17.Осташко Т.О. Ринкова трансформація аграрного сектора. Київ : Фенікс, 2004. 280 с.
- 18.Казьмір В.А. Економічна сутність та особливості функціонування ринку зерна. Міжнародні економічні відносини та світове господарство. 2020. №33 С.66-70
- 19.Грузинська І., Смагіна А., Айрапетов М., Жигadlo В. Зелена книга «Регулювання ринку зерна» офіс ефективного регулювання. URL : https://cdn.regulation.gov.ua/87/da/35/46/regulation.gov.ua_Регулювання%20ринку%20зерна.1506350134.pdf (дата звернення: 01.05.2024).
- 20.Швед В.В. Система цільових показників, як основа формулювання контрактний імпортих цін на підприємствах сфери зовнішньоекономічної діяльності / В.В. Швед, Л.О. Чор- на // Економіка. Фінанси. Право. – 2009. – № 3. – С. 29-30.
- 21.Сайт Міжнародного торгового центру. URL : www.intracen.org.
- 22.Кацімон О. ЄС на рік продовжив скасування мит на імпорту української агропродукції. Суспільне | Новини. URL: <https://suspilne.media/709524-es-na-rik-prodovziv-skasuvanna-mit-na-import-ukrainskoi-agroprodukcii/> (дата звернення: 13.05.2024).
- 23.Hamulczuk Mariusz, Justyna Kufel-Gajda, Stanisław Stańko, Grzegorz Szafranski, Krystyna Świetlik. 2016. Ceny żywności w Polsce i ich determinanty (Food prices in Poland and their determinants). Warszawa: IERGiŻ-PIB.
- 24.WB (World Bank). 2024. Commodity markets, <https://www.worldbank.org/en/research/commodity-markets> . (дата звернення: 01.05.2024).
- 25.Campbell Bruce M., Sonja J. Vermeulen, Pramod K. Aggarwal, Caitlin Corner-Dolloff, Evan Girvetz, Ana Maria Loboguerrero, Julian Ramirez-Villegas, Todd Rosenstock, Leocadio Sebastian, Philip K. Thornton, Eva Wollenberg. 2016.

- Reducing risks to food security from climate change. *Global Food Security* 11: 34-43. DOI: 10.1016/j.gfs.2016.06.002.
26. Kalkuhl Matthias, Joachim Von Braun, Maximo Torero. 2016. Volatile and extreme food prices, food security, and policy: an overview. Bonn, Washington, DC: Springer Open. DOI: 10.1007/978-3-319-28201-5.
 27. Roman Monika, Aleksandra Górecka, Joanna Domagała. 2020. The linkages between crude oil and food prices. *Energies* 13 (24): 1-18. DOI: 10.3390/en13246545.
 28. Kaliński Janusz. 2008. Historia gospodarcza XIX i XX w. (Economic history of the 19th and 20th centuries). Warszawa: PWE.
 29. Ferguson Shon, David Ubilava 2022. Global commodity market disruption and the fallout. *The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics* 66 (4): 737-752. DOI: 10.1111/1467-8489.12497.
 30. Gołębiewski Jarosław. 2014. Zmienność cen na światowym rynku zbóż i oleistych w latach 2000-2014 (Grains and oilseeds world price volatility in the years 2000-2014). *Przegląd Zachodniopomorski* 3/2: 337-348.
 31. Martin Will, Nicholas Minot. 2023. The impact of price insulation on world wheat markets during Covid-19 and the Ukraine crisis. Washington, DC: International Food Policy Research Institute
 32. MRiRW (Ministry of Agriculture and Rural Development). 2023. Cereal market – quotations for the period: October 16-22, 2023, <https://www.gov.pl/web/rolnictwo/rynek-zboz---notowania-za-okres-16-22102023-r>. (date of access: 22.05.2024)
 33. Regulation (EU) 2022/870 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2022 on temporary trade-liberalisation measures (...). *Official Journal EU*, L 152/103.
 34. Association Agreement between the European Union and its Member States, of the one part, and Ukraine, of the other part. *Official Journal L* 161/4, 29.05.2014, http://data.europa.eu/eli/agree_internation/2014/295/oj. (date of access: 22.05.2024)
 35. Matuszak Sławomir, Kamil Całus, Krzysztof Dębiec, Ilona Gizińska, Łukasz Kobeszko, et al. 2023. Wzrost importu żywności z Ukrainy do UE: uwarunkowania i reakcje Europy Środkowej (Growth of food imports from Ukraine to the EU: conditions and reactions of Central Europe). *Komentarze OSW* 507: 1-8.

- 36.Regulation of the Minister of Development and Technology of September 15, 2023 on the ban on the import of agricultural products from Ukraine. Official Journal, 2023, item 1898.
- 37.EC (European Commission). 2023. Following the expiry of the restrictive measures on Ukrainian exports of grain and other foodstuff to the EU, Ukraine agrees to introduce measures to avoid a renewed surge in EU imports, https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_23_4497. (date of access: 22.05.2024)
- 38.Gijs Camille. 2023. Poland, Hungary, Slovakia impose own Ukraine grain bans as EU measure expires. Politico, <https://www.politico.eu/article/poland-hungary-slovakia-extend-grainbans-despite-blocs-lift/> . (date of access: 22.05.2024)
- 39.KRIR (Krajowa Rada Izb Rolniczych, National Council of Agricultural Chambers). 2023. Samorząd rolniczy występuje o przedłużenie ochrony rynku zbóż (The agricultural self-government applies for the extension of cereal market protection), <http://www.krir.pl/2014-01-03-03-24-03/pozostale/8021-samorzad-rolniczy-wystepuje-o-przedluzenieochrony-rynku-zboz> (date of access: 22.05.2024)
- 40.RIGP (Regionalna Izba Gospodarcza Pomorza, Regional Pomeranian Chamber of Commerce). 2023. Raport. Polskie porty morskie w 2022 roku. Podsumowanie i perspektywy na przyszłość (Report. Polish seaports in 2022. Summary and future prospects), <https://rigp.pl/spawdz-raporty-w-ramach-serii-port-monitor,1207,pl> (date of access: 22.05.2024)
- 41.Волошин Р. Регулювання зовнішньоторговельних відносин на ринку зерна України. економічний дискурс. 2019. Вип. 1. С. 15–21.
- 42.Кадочнікова А., Шайда О. Теоретичні аспекти дослідження імпорту агропромислової продукції в умовах членства України в СОТ. Науковий вісник НЛТУ України. 2011. Вип. 21.4. С. 242–245.
- 43.Gołębiewski Jarosław, Joanna Stefańczyk. 2023. Czynniki i kierunki zmian na rynku zbóż w Polsce w warunkach wojny na Ukrainie. Annals PAAAE XXV (4): 60-75.

- 44.Черняк О. І., Комашко О. В., Ставицький А. В., Баженова О. В. Економетрика: Підручник/ За ред. О. І. Черняка. – К.: Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2009. - ISBN 978-966-439-236–2.
- 45.Руська Р. В. Економетрика : навчальний посібник / Р. В. Руська. – Тернопіль : Тайп, 2012. – 224с. URL: <http://dspace.wunu.edu.ua/bitstream/316497/614/1/%D0%B5%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%B8%D0%BA%D0%B0.pdf> (дата звернення: 01.05.2024).
- 46.Jarque C. M., Bera A. K. Efficient tests for normality, homoscedasticity and serial independence of regression residuals. Economics Letters, Volume 6, Issue 3, 1980, Pages 255-259. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0165176580900245?via%3Dihub>
- 47.Shapiro S. S., Wilk M. B. An analysis of variance test for normality. — Biometrika, 1965, 52, №3 — p. 591-611. URL: <http://www.bios.unc.edu/~mhudgens/bios/662/2008fall/Backup/wilkshapiro1965.pdf> (дата звернення: 01.05.2024).
- 48.Девіняк О. Статистичні гіпотези та їх перевірка. 07.05.2014.
- 49.Pszenica - notowania cen - Agrolok.pl. Agrolok. Najbliżej rolnika!. URL: <https://www.agrolok.pl/notowania/notowania-cen-pszenicy.htm> (date of access: 22.05.2024).
- 50.Eurostat. European Commission. URL: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/main/data/database> (date of access: 22.05.2024).

ДОДАТКИ

Додаток А

Дата	Середня ціна зерна для споживачів у Польщі злотий/тонну	Імпорт зерна з Росії до ЄС, тонн	Імпорт зерна з України до Польщі, тонн	Імпорт зерна з Канади до ЄС, тонн	War
01.01.2021	930	73656,5	3357,2	426267,0	0
01.02.2021	980	76160,8	4681,8	63193,0	0
01.03.2021	925	97504,6	6176,4	86647,0	0
01.04.2021	940	62619,3	2993,2	284992,3	0
01.05.2021	1000	64863,6	4230,3	465702,8	0
01.06.2021	925	162395,9	9513,3	338228,8	0
01.07.2021	865	97737,1	11232,4	295181,8	0
01.08.2021	970	43094,8	1989,9	27247,4	0
01.09.2021	1035	61614,1	13281,9	58766,6	0
01.10.2021	1100	75536,2	9523,7	134403,8	0
01.11.2021	1330	140398,8	8679,1	152475,3	0
01.12.2021	1280	118914,0	6670,8	281079,9	0
01.01.2022	1270	71296,7	10212,5	190848,9	0
01.02.2022	1400	170394,8	8579,2	78032,4	0
01.03.2022	1610	218790,1	102462,9	69141,5	1
01.04.2022	1660	35278,6	174092,3	214215,3	1
01.05.2022	1590	89587,1	190962,5	350797,8	1
01.06.2022	1410	57545,0	190644,9	276286,4	1
01.07.2022	1500	24570,5	269146,6	78752,4	1
01.08.2022	1520	54650,0	228697,8	94987,0	1
01.09.2022	1540	17870,8	264223,1	185915,0	1
01.10.2022	1520	56967,9	281744,7	151651,7	1
01.11.2022	1350	76704,1	395301,4	295125,0	1
01.12.2022	1300	99203,8	366953,4	405683,3	1
01.01.2023	1200	137274,4	366926,1	378165,4	1
01.02.2023	1110	86662,9	271780,8	221114,3	1
01.03.2023	980	82900,2	265980,1	306619,8	1
01.04.2023	910	101533,3	52808,7	230035,7	1
01.05.2023	780	77114,8	31482,5	540424,3	1
01.06.2023	920	39088,5	13547,9	433690,8	1
01.07.2023	910	129429,5	7945,0	286084,2	1
01.08.2023	810	148286,6	11098,7	209280,1	1
01.09.2023	810	180937,6	16631,1	139728,2	1
01.10.2023	790	202340,5	11108,6	153457,3	1
01.11.2023	770	155732,9	12012,9	148399,3	1
01.12.2023	750	198793,4	4654,1	359859,1	1
01.01.2024	710	109031,4	6988,5	271501,8	1
01.02.2024	640	93540,9	5384,7	98064,1	1

Джерело: розроблено автором на основі [49, 50].

Додаток Б

Date	Середня ціна зерна у Польщі	Імпорт зерна з Росії до ЄС, тонн	Імпорт зерн а з Росії до ЄС, тонн	Імпорт зерна з Канади до ЄС, тонн	War	Fall	Now	Difference
01.01.2021	930	73656,5	3357,2	426267,0	0	0	0	0
01.02.2021	980	76160,8	4681,8	63193,0	0	0	0	50
01.03.2021	925	97504,6	6176,4	86647,0	0	0	0	-55
01.04.2021	940	62619,3	2993,2	284992,3	0	0	0	15
01.05.2021	1000	64863,6	4230,3	465702,8	0	0	0	60
01.06.2021	925	162395,9	9513,3	338228,8	0	0	0	-75
01.07.2021	865	97737,1	11232,4	295181,8	0	0	0	-60
01.08.2021	970	43094,8	1989,9	27247,4	0	0	0	105
01.09.2021	1035	61614,1	13281,9	58766,6	0	0	0	65
01.10.2021	1100	75536,2	9523,7	134403,8	0	0	0	65
01.11.2021	1330	140398,8	8679,1	152475,3	0	0	0	230
01.12.2021	1280	118914,0	6670,8	281079,9	0	0	0	-50
01.01.2022	1270	71296,7	10212,5	190848,9	0	0	0	-10
01.02.2022	1400	170394,8	8579,2	78032,4	1	0	0	130
01.03.2022	1610	218790,1	102462,9	69141,5	1	0	0	210
01.04.2022	1660	35278,6	174092,3	214215,3	1	0	0	50
01.05.2022	1590	89587,1	190962,5	350797,8	1	0	0	-70
01.06.2022	1410	57545,0	190644,9	276286,4	1	0	0	-180
01.07.2022	1500	24570,5	269146,6	78752,4	1	0	0	90
01.08.2022	1520	54650,0	228697,8	94987,0	1	0	0	20
01.09.2022	1540	17870,8	264223,1	185915,0	1	0	0	20
01.10.2022	1520	56967,9	281744,7	151651,7	1	0	0	-20
01.11.2022	1350	76704,1	395301,4	295125,0	1	0	0	-170
01.12.2022	1300	99203,8	366953,4	405683,3	0	1	0	-50
01.01.2023	1200	137274,4	366926,1	378165,4	0	1	0	-100
01.02.2023	1110	86662,9	271780,8	221114,3	0	1	0	-90
01.03.2023	980	82900,2	265980,1	306619,8	0	1	0	-130
01.04.2023	910	101533,3	52808,7	230035,7	0	1	0	-70
01.05.2023	780	77114,8	31482,5	540424,3	0	1	0	-130
01.06.2023	920	39088,5	13547,9	433690,8	0	1	0	140
01.07.2023	910	129429,5	7945,0	286084,2	0	0	1	-10
01.08.2023	810	148286,6	11098,7	209280,1	0	0	1	-100
01.09.2023	810	180937,6	16631,1	139728,2	0	0	1	0
01.10.2023	790	202340,5	11108,6	153457,3	0	0	1	-20
01.11.2023	770	155732,9	12012,9	148399,3	0	0	1	-20
01.12.2023	750	198793,4	4654,1	359859,1	0	0	1	-20
01.01.2024	710	109031,4	6988,5	271501,8	0	0	1	-40
01.02.2024	640	93540,9	5384,7	98064,1	0	0	1	-70

Джерело: розроблено автором на основі [49, 50].

Додаток В

Програмний код реалізації моделі прогнозування ціни зерна в Польщі

```

library(readxl)
library(tseries)
library(lmtest)
library(forecast)
library(car)

#Імпорт даних з файлу в програму R
dani<-read_excel("Data3.xlsx")

#Змінімо назви стовпців
names(dani)[2:6] <- c("Price", "Russia", "Canada", "Ukraine", "War")

#Імпорт даних з файлу в програму R
plot(dani[2:5])

#Імпорт даних з файлу в програму R
price=ts(dani [1:38,2], start = as.Date(2022-01), frequency = 12)
Russia=ts(dani [1:38,3], start = as.Date(2022-01), frequency = 12)
Ukraine=ts(dani [1:38,4], start = as.Date(2022-01), frequency = 12)
Canada=ts(dani [1:38,5], start = as.Date(2022-01), frequency = 12)
War=ts(dani [1:38,6], start = as.Date(2022-01), frequency = 12)

#побудова простої лінійної регресії для першого регресора
#price = b0 + b1 * Russia
fm_Russia = lm(price ~ Russia)
summary(fm_Russia)

plot(price ~ Russia)
abline(fm_Russia, col=2)

summary(fm_Russia)$coefficients[,4] #кофіцієнти значущості

```

```
summary(fm_Russia)$r.squared #кофіцієнт детермінації
anova(fm_Russia)$Pr(>F)[1] #кофіцієнти значущості
```

```
#побудова простої лінійної регресії для другого регресора
#price = b0 + b1 * Ukraine
fm_Ukraine = lm(price ~ Ukraine)
summary(fm_Ukraine)
```

```
plot(price~Ukraine)
abline(fm_Ukraine,col=2)
```

```
summary(fm_Ukraine)$coefficients[,4] #кофіцієнти значущості
summary(fm_Ukraine)$r.squared #кофіцієнт детермінації
anova(fm_Ukraine)$Pr(>F)[1] #кофіцієнти значущості
```

```
#побудова простої лінійної регресії для третього регресора
#price = b0 + b1 * Canada
fm_unemp = lm(price ~ Canada)
summary(fm_unemp)
```

```
plot(price~Canada)
abline(fm_unemp,col=2)
```

```
summary(fm_unemp)$coefficients[,4] #кофіцієнти значущості
summary(fm_unemp)$r.squared #кофіцієнт детермінації
anova(fm_unemp)$Pr(>F)[1] #кофіцієнти значущості
```

```
#побудова множинної лінійної регресії
#price = b0 + b1 * Russia + b2 * Ukraine + b3 * Canada
```

```
fm0 = lm(price ~ Russia + Ukraine + Canada + Ukraine*War + Canada*War +
Russia*War)
```

```
summary(fm0)
```

```
#аналіз моделі
```

```
summary(fm0)$coefficients[,4] #кофіцієнти значущості
```

```
summary(fm0)$r.squared #кофіцієнт детермінації
```

```
anova(fm0)$Pr(>F)[1] #кофіцієнти значущості
```

```
#Адекватність моделі за F-критерієм Фішера
```

```
r=(as.numeric(summary(fm0)$r.squared)) # коефіцієнт детермінації
```

```
k=(as.numeric(summary(fm0)$fstatistic[2])) # кількість незалежних коефіцієнтів
```

```
у моделі
```

```
n=(as.numeric(summary(fm0)$fstatistic[3])) # кількість спостережень
```

```
f1=(r/(k-1))/((1-r)/(n-k))
```

```
f1
```

```
f=qf(0.95,1,(n-k))
```

```
f
```

```
if(f1<=f) "H0+" else "H0-"
```

```
#Для вдосконалення моделі використаємо функцію step
```

```
step(fm0)
```

```
#побудова покращеної множинної лінійної регресії
```

```
fm = lm(price ~ Russia + Ukraine + Canada + War + Russia:War)
```

```
summary(fm)
```

```
#Адекватність моделі за F-критерієм Фішера
```

```
r=(as.numeric(summary(fm)$r.squared)) # коефіцієнт детермінації
```

`k=(as.numeric(summary(fm)$fstatistic[2])) # кількість незалежних коефіцієнтів
у моделі`

`n=(as.numeric(summary(fm)$fstatistic[3])) # кількість спостережень`

`f1=(r/(k-1))/((1-r)/(n-k))`

`f1`

`f=qf(0.95,1,(n-k))`

`f`

`if(f1<=f) "H0+" else "H0-"`

`# побудуємо графіки залишків:`

`plot(residuals(fm))`

`#Випишимо рівняння регресії`

`coef=coefficients(fm)`

`coef`

`#Коефіцієнти еластичності`

`coefRussia=(summary(fm)$coefficients[2]*mean(Russia))/mean(price)`

`coefRussia`

`coefUkraine=(summary(fm)$coefficients[3]*mean(Ukraine))/mean(price)`

`coefUkraine`

`coefCanada=(summary(fm)$coefficients[3]*mean(Canada))/mean(price)`

`coefCanada`

`# Про нормальність розподілу залишків`

`#Критерій Жарке-Бера (Jarque-Bera statistics).`

`jarque.bera.test(residuals(fm))`

`if (jarque.bera.test(residuals(fm))[3]>0.05) "Збурення нормальні" else "Збурення
не задовільняють умові нормальності"`

Перевірка за допомогою тесту Шапіро-Вілکا:

```
shapiro.test(residuals(fm))
```

#Гіпотеза про наявність гетероскедастичності за критерієм Гольфельда-Квондта з рівнем надійності 80%.

```
n1=0.4*length(price)
```

```
price1=sort(price)[1:n1]
```

```
Russia1=Russia[order(price)][1:n1]
```

```
Ukraine1=Ukraine[order(price)][1:n1]
```

```
Canada1=Canada[order(price)][1:n1]
```

```
War1=War[order(price)][1:n1]
```

```
RussiaWar1= Russia1*War1
```

```
price2=sort(price)[24:38]
```

```
Russia2=Russia[order(price)][(length(price)-n1+1):length(price)]
```

```
Ukraine2=Ukraine[order(price)][(length(price)-n1+1):length(price)]
```

```
Canada2=Canada[order(price)][(length(price)-n1+1):length(price)]
```

```
War2=War[order(price)][(length(price)-n1+1):length(price)]
```

```
RussiaWar2=Russia2*War2
```

#Будуємо допоміжні регресії та порівнюємо дисперсії.

```
fm22=lm(price1~Russia1+Ukraine1+Canada1+War1+RussiaWar1)
```

```
fm33=lm(price2~Russia2+Ukraine2+Canada2+War2+RussiaWar2)
```

```
Fpr=deviance(fm22)/deviance(fm33)
```

```
if(Fpr<1) Fpr=1/Fpr
```

```
if (Fpr<=qf(0.95,n1-as.numeric(fm22[4]), n1-as.numeric(fm33[4]))) "Приймаємо гіпотезу про гомоскедастичність, або відсутню гетероскедастичність" else "Гетероскедастичність наявна"
```

#Гіпотеза про наявність автокореляції залишків першого та другого порядку.

#Тест Бройша-Годфрі

s1=bgtest(fm, order=1)

s1

s2=bgtest(fm, order=2)

s2

#Тест Дікі Фуллера

s3=adf.test(resid(fm))

s3

#Тест Дарбіна-Ватсона

dw_test2 <- durbinWatsonTest(fm)

print(dw_test2)

#Коригування датасету

dani<-read_excel("Data4.xlsx")

price=ts(dani [1:38,2], start = as.Date(2022-01), frequency = 12)

Russia=ts(dani [1:38,3], start = as.Date(2022-01), frequency = 12)

Ukraine=ts(dani [1:38,4], start = as.Date(2022-01), frequency = 12)

Canada=ts(dani [1:38,5], start = as.Date(2022-01), frequency = 12)

War=ts(dani [1:38,6], start = as.Date(2022-01), frequency = 12)

Fall =ts(dani [1:38,7], start = as.Date(2022-01), frequency = 12)

Now =ts(dani [1:38,8], start = as.Date(2022-01), frequency = 12)

difference = ts(dani [1:38,9], start = as.Date(2022-01), frequency = 12)

#Побудова множинної регресії

fm3 = lm(price ~ Russia + Ukraine + War + Now + Fall)

summary(fm3)

```

#Адекватність моделі за F-критерієм Фішера
r=(as.numeric(summary(fm3)$r.squared)) # коефіцієнт детермінації
k=(as.numeric(summary(fm3)$fstatistic[2])) # кількість незалежних коефіцієнтів
у моделі
n=(as.numeric(summary(fm3)$fstatistic[3])) # кількість спостережень
f1=(r/(k-1))/((1-r)/(n-k))
f1
f=qf(0.95,1,(n-k))
f
if(f1<=f) "H0+" else "H0-"

step(fm3)

#Випишимо рівняння регресії
coef=coefficients(fm3)
coef

#Критерій Жарке-Бера та Шапіро-Вілка.
jarque.bera.test(residuals(fm3))
if (jarque.bera.test(residuals(fm3))[3]>0.05) "Збурення нормальні" else
"Збурення
не задовільняють умові нормальності"
shapiro.test(residuals(fm3))
#Тест Дікі Фуллера
s3=adf.test(resid(fm3))
s3
#Тест Бройша-Годфрі
s1=bgtest(fm3, order=1)
s1

```

```
#Тест Дарбіна-Ватсона
```

```
dw_test2 <- durbinWatsonTest(fm3)
```

```
print(dw_test2)
```

```
#Покращення моделі за допомогою зміни difference
```

```
price=ts(dani [2:38,2], start = as.Date(2022-01), frequency = 12)
```

```
Russia=ts(dani [2:38,3], start = as.Date(2022-01), frequency = 12)
```

```
Ukraine=ts(dani [2:38,4], start = as.Date(2022-01), frequency = 12)
```

```
Canada=ts(dani [2:38,5], start = as.Date(2022-01), frequency = 12)
```

```
War=ts(dani [2:38,6], start = as.Date(2022-01), frequency = 12)
```

```
Fall =ts(dani [2:38,7], start = as.Date(2022-01), frequency = 12)
```

```
Now =ts(dani [2:38,8], start = as.Date(2022-01), frequency = 12)
```

```
difference = ts(dani [2:38,9], start = as.Date(2022-01), frequency = 12)
```

```
#Нова множинна регресія difference
```

```
fm4 = lm(difference ~ Ukraine + Canada + Now )
```

```
summary(fm4)
```

```
#Адекватність моделі за F-критерієм Фішера
```

```
r=(as.numeric(summary(fm4)$r.squared)) # коефіцієнт детермінації
```

```
k=(as.numeric(summary(fm4)$fstatistic[2])) # кількість незалежних коефіцієнтів
```

у моделі

```
n=(as.numeric(summary(fm4)$fstatistic[3])) # кількість спостережень
```

```
f1=(r/(k-1))/((1-r)/(n-k))
```

```
f1
```

```
f=qf(0.95,1,(n-k))
```

```
f
```

```
if(f1<=f) "H0+" else "H0-"
```

```

#Критерій Жарке-Бера та Шапіро-Вілка.
jarque.bera.test(residuals(fm4))
if (jarque.bera.test(residuals(fm4))[3]>0.05) "Збурення нормальні" else
"Збурення
не задовільняють умові нормальності"
shapiro.test(residuals(fm4))
#Тест Дікі Фуллера
s3=adf.test(resid(fm4))
s3
#Тест Бройша-Годфрі
s1=bgtest(fm4, order=1)
s1
#Тест Дарбіна-Ватсона
dw_test2 <- durbinWatsonTest(fm4)
print(dw_test2)

#Випишимо рівняння регресії
coef=coefficients(fm4)
coef

```