

**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
Галузь знань
Спеціальність**

**Економічна кібернетика
05 Соціальні та поведінкові науки
051 Економіка**

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

на тему «Аналіз тенденцій розвитку ринку дизельного палива України»
(назва теми)

здобувача Мигалія Олександра Сергійовича
(ПІБ)

(підпис)

Науковий керівник: кандидат фізико-математичних наук, доцент
Юнькова Олена Олександрівна

(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

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
Галузь знань
Спеціальність

Економічна кібернетика
05 Соціальні та поведінкові науки
051 Економіка

ПОГОДЖЕНО

Керівник проектної групи (гарант)
освітньо-професійної програми
О. М. Притоманова

(підпис)

2024 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри математичного
моделювання та статистики

Г. І. Великоіваненко

(підпис)

2024 р.

ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ

здобувача вищої освіти Мигаля Олександра Сергійовича
очної (денної) форми навчання

на підготовку кваліфікаційної бакалаврської роботи

на тему «Аналіз тенденцій розвитку ринку дизельного палива України»

Тему затверджено наказом ректора Університету від «13» березня 2024 р. № 541-ст

Кваліфікаційна бакалаврська робота виконується на матеріалах
відкритих джерел

План кваліфікаційної бакалаврської роботи

Розділ 1	Ринок дизельного палива в Україні: сучасний стан, тенденції та перспективи (назва розділу)
Розділ 2	Методи аналізування та прогнозування часових рядів та імітаційного моделювання ринку (назва розділу)
Розділ 3	Комплексний аналіз та прогнозування характеристик ринку дизельного палива в Україні (назва розділу)

Об'єкт дослідження:	Ринок дизельного палива та ріпаку України
Предмет дослідження:	Моделі та методи прогнозування основних характеристик ринку дизельного палива та оцінювання потенціалу виробництва біодизельного палива в Україні
Мета виконання кваліфікаційної бакалаврської роботи:	Прогнозування обсягів імпорту, споживання та середньої ціни дизельного палива та оцінювання потенціалу виробництва біодизельного палива в Україні

Конкретні завдання, які здобувач повинен виконати для досягнення поставленої мети:

У розділі 1:	Проаналізувати стан, тенденції та перспективи, які спостерігаються на ринку дизельного палива в Україні
У розділі 2:	Дати характеристику моделям та методам, які використовуються для аналізу та прогнозування основних показників ринку дизельного палива, а також для оцінювання потенціалу виробництва біодизелю в Україні
У розділі 3:	Провести аналіз та прогнозування основних характеристик ринку дизельного палива та практично оцінити потенціал виробництва біодизельного палива в Україні

**Завдання підготував
науковий керівник**

(підпис)

О. О. Юнькова

(ініціали, прізвище)

«__» _____ 2024 р.

**Завдання одержав
здобувач**

(підпис)

О. С. Мигаль

(ініціали, прізвище)

«__» _____ 2024 р.

Реферат

Кваліфікаційна бакалаврська робота містить 64 сторінки, 48 рисунків, 8 формул, список використаних джерел з 40 найменувань, додатки.

«Аналіз тенденцій розвитку ринку дизельного палива України»

Об'єктом дослідження є ринки дизельного палива та ріпаку України.

Предметом дослідження є моделі та методи прогнозування динаміки обсягів імпорту, споживання та середньої ціни дизельного палива на основі аналізу відповідних часових рядів та оцінювання потенціалу виробництва біодизельного палива в Україні.

Мета та завдання виконання дослідження. Метою виконання кваліфікаційної бакалаврської роботи є прогнозування обсягів імпорту, споживання та середньої ціни дизельного палива на основі аналізу відповідних часових рядів, а також оцінювання потенціалу виробництва біодизельного палива в Україні.

Відповідно до поставленої мети визначені такі *завдання*:

1. Дослідити стан та тенденції розвитку ринку дизельного палива в Україні, зокрема проаналізувати перспективи альтернативних видів палива.
2. Зібрати статистичні дані щодо динаміки імпорту, споживання та цін дизельного палива в Україні.
3. Провести аналіз ознак та декомпозицію структури часового ряду імпорту, споживання та цін дизельного палива.
4. Побудувати моделі прогнозування імпорту, споживання та цін дизельного палива за допомогою методів експоненціального згладжування, ARIMA та нейромережевої авторегресії.
5. Визначити найкращу за точністю модель для прогнозування обсягів імпорту та споживання, а також середньої ціни дизельного палива.
6. Розробити спрощені імітаційні моделі ринку ріпаку та його основних похідних продуктів в Україні.
7. Практично оцінити потенціал виробництва біодизельного палива в Україні за допомогою імітаційних моделей.

Теоретична, методична та практична значущість отриманих результатів. Під час дослідження було визначено особливості та аномалії динаміки імпорту, споживання та цін дизельного палива в Україні. Побудовані моделі є придатними для подальшого прогнозування відповідних часових рядів та дозволяють глибше розуміти ринкові процеси та приймати обґрунтовані рішення. Окрім того, оцінено наявний потенціал розвитку галузі виробництва біодизелю в Україні за допомогою імітаційного моделювання.

Практичні результати дослідження полягають у можливості використання побудованих прогнозних моделей для передбачення тенденцій розвитку ринку дизельного палива в Україні, що може бути корисним для трейдерів палива і його споживачів. Водночас розроблена імітаційна модель щодо виробництва біодизелю в Україні може бути використана при розробці та перевірці економічної та енергетичної політик держави, що сприятиме підвищенню енергетичної безпеки та стійкості до зовнішніх економічних впливів.

Рік виконання кваліфікаційної бакалаврської роботи – 2024.

Рік захисту роботи – 2024.

Ключові слова: дизельне паливо, біодизель, часовий ряд, прогнозування, експоненціальне згладжування, ARIMA, нейромережева авторегресія, імітаційне моделювання.

В і д г у к
про кваліфікаційну бакалаврську роботу
здобувача освітньо-професійної програми «Економічна кібернетика»
Мигалія Олександра Сергійовича
на тему «Аналіз тенденцій розвитку ринку дизельного палива України»

1. *Актуальність теми.* Постачання дизельного палива, яке є стратегічним ресурсом енергетичної безпеки держави, в сучасних умовах суттєво залежить від імпорту, тому аналіз тенденцій розвитку ринку дизельного палива, а особливо вивчення перспектив впровадження альтернативних джерел енергії, зокрема, біодизелю, є, безумовно, актуальною задачею.

2. *Позитивні риси кваліфікаційної бакалаврської роботи.* У роботі досліджено поточний стан ринку дизельного палива України та здійснено аналіз тенденцій його розвитку за допомогою використання сучасних методів прогнозування, таких як експоненціальне згладжування, ARIMA та нейромережева авторегресія. Для оцінювання потенціалу виробництва біодизелю в Україні застосована розроблена автором імітаційна модель, яка відтворює економічні наслідки переробки ріпаку в біодизельне паливо.

3. *Наявність самостійних розробок автора.* Автором самостійно сформовано статистичних базу даних, а також проведено аналіз ринку дизельного та біодизельного палива України. На основі цих даних розроблено низку моделей прогнозування імпорту, споживання та середніх цін дизельного палива, а також створено імітаційну модель ринку біодизельного палива. Економіко-статистичні моделі реалізовані засобами RStudio, для перевірки статистичних даних та побудованих моделей застосовано відповідний інструментарій даного програмного середовища. Висновки щодо отриманих результатів логічні та аргументовані.

4. *Цінність теоретичних висновків та практичних рекомендацій.* Побудовані в роботі прогнозні моделі дають змогу передбачати тенденції розвитку ринку дизельного палива в Україні, що може бути корисним для трейдерів палива і його споживачів, а розроблена автором імітаційна модель щодо виробництва біодизелю в Україні може бути використана при розробці та перевірці економічної та енергетичної політики держави.

5. *Наявність недоліків.* Доцільно було б приділити більше уваги дослідженню аномальних викидів, аналіз та коригування яких могли би підвищити точність прогнозів та забезпечити більш стабільні результати. Також варто було б розглянути подальші шляхи розширення та вдосконалення імітаційної модель ринку біодизельного палива, з урахування додаткових факторів, потенційних ризиків, наслідків тощо. Це дозволило б створити більш реалістичні сценарії та підвищити практичну цінність моделі для оцінювання потенціалу та планування майбутнього розвитку ринку біодизеля в Україні.

6. *Загальна оцінка кваліфікаційної бакалаврської роботи та її допущення до захисту перед ЕК.* Вважаю, що кваліфікаційна бакалаврська робота Мигалія О. С. «Аналіз тенденцій розвитку ринку дизельного палива України» цілком відповідає вимогам, які висуваються до даного типу робіт. Робота виконана на достатньо високому рівні, може бути рекомендована до захисту перед ЕК і заслуговує високої позитивної оцінки.

Науковий керівник
професор кафедри математичного моделювання
та статистики, к. ф.-м. н., доцент

Юнькова О. О.

«___» _____ 2024 р.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ 1 РИНОК ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА В УКРАЇНІ: СУЧАСНИЙ СТАН, ТЕНДЕНЦІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВИ	6
1.1 Сучасний стан ринку пального України.....	6
1.2 Тенденції розвитку ринку дизельного палива України.....	10
1.3 Біодизель як перспективна альтернатива на ринку дизельного палива України	16
РОЗДІЛ 2 МЕТОДИ АНАЛІЗУВАННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ЧАСОВИХ РЯДІВ ТА ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ РИНКУ	21
2.1 Сутність аналізу часових рядів.....	21
2.2 Прогнозування часових рядів на базі моделей ETS, ARIMA та NNAR. Метод оцінювання моделей на основі перехресного затвердження.....	23
2.3 Імітаційне моделювання ринку пального методом Монте-Карло	30
РОЗДІЛ 3 КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК РИНКУ ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА В УКРАЇНІ.....	35
3.1 Аналіз та прогнозування обсягів імпорту та споживання дизельного палива в Україні	35
3.2 Аналіз та прогнозування середньої ціни дизельного палива в Україні	52
3.3 Оцінювання потенціалу виробництва біодизельного палива в Україні за допомогою імітаційного методу Монте-Карло.....	58
ВИСНОВКИ	63
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	65
ДОДАТКИ.....	70

ВСТУП

Актуальність теми. Одним з головних чинників економічного зростання кожної країни є рівень забезпеченості та продуктивності використання паливно-енергетичних ресурсів. Жодна економіка не може ефективно функціонувати та розвиватися без належного і постійного забезпечення цим стратегічно важливим видом ресурсів.

Особливу роль в контексті забезпечення країни паливно-енергетичними ресурсами відіграє нафта, що є домінуючим енергоносієм та стратегічним товаром у всьому світі. На сьогодні нафта перебуває на вершині свого життєвого циклу і має найвищий рівень конкурентоспроможності з чималим розмаїттям похідних продуктів. Серед світлих нафтопродуктів варто виділити дизельне паливо, що не тільки задовольняє потреби споживачів щодо забезпечення транспортних засобів енергетичними ресурсами, але і становить основу функціонування багатьох галузей економіки. З іншого боку високий рівень доступності та стабільності постачання пального сприяє енергетичній безпеці держави, зміцнює соціально-економічний розвиток країни та підвищує загальний рівень життя населення країни.

В Україні спостерігається стабільне зростання попиту на дизельне паливо як серед приватних споживачів, так і в комерційному секторі. Збільшення кількості дизельних транспортних засобів, що використовуються у сільському господарстві, логістиці та промисловості, підвищує потребу в цьому виді палива. Зі свого боку це впливає на енергетичну безпеку країни, особливо в умовах поточного воєнного стану. Розуміння тенденцій розвитку ринку дизельного палива дає змогу визначити рівень залежності від імпорту, обсяги споживання та розміри резервів.

Водночас цінові коливання на ринку дизельного палива мають значний вплив на економіку. Дизельне паливо є важливою складовою енергетичних продуктів, що впливають на вартість перевезень і виробництва. Вивчення цінових тенденцій та прогнозування їх змінювання дозволить бізнесу та державі краще

планувати бюджетні витрати та розробляти стратегії щодо мінімізації ризиків, пов'язаних з ціновими коливаннями.

Крім того, зростаючий інтерес до зменшення викидів парникових газів і переходу до більш екологічно чистих видів енергії вимагає ретельного аналізу ринку дизельного палива. Це дає змогу оцінити можливі напрями розвитку, зокрема впровадження альтернативних видів палива.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженню різноманітних характеристик ринку дизельного палива в Україні присвятили свої роботи Захарчук О., Вишневецька О., Капустян, В., Сірецька І., Гаврись М., Нестеренко Р., Гаврись О., Мазаракі А., Мельник Т, Кузьо Н., Косар Н., Колотвін Р., Харчук О. та ін. Проблеми розвитку галузі виробництва біодизельного палива в Україні розглядалися у працях таких вітчизняних науковців як Шпак О., Калетнік Г., Климчук О., Мазур В., Телекало Н., Купчук І., Гонтарук Я. та ін.

Мета виконання роботи – прогнозування обсягів імпорту, споживання та середньої ціни дизельного палива на основі аналізу відповідних часових рядів, а також оцінювання потенціалу виробництва біодизельного палива в Україні.

Поставлена мета реалізується через виконання таких завдань:

1. Дослідити стан та тенденції розвитку ринку дизельного палива в Україні, зокрема проаналізувати перспективи альтернативних видів палива.
2. Зібрати статистичні дані щодо динаміки імпорту, споживання та цін дизельного палива в Україні.
3. Провести аналіз ознак та декомпозицію структури часового ряду імпорту, споживання та цін дизельного палива.
4. Побудувати моделі прогнозування імпорту, споживання та цін дизельного палива за допомогою методів експоненціального згладжування, ARIMA та нейромережевої авторегресії.
5. Визначити найкращу за точністю модель для прогнозування обсягів імпорту та споживання, а також середньої ціни дизельного палива.
6. Розробити спрощені імітаційні моделі ринку ріпаку та його основних похідних продуктів в Україні.

7. Практично оцінити потенціал виробництва біодизельного палива в Україні за допомогою імітаційних моделей.

Об'єкт дослідження – ринки дизельного палива та ріпаку України.

Предмет дослідження – моделі та методи прогнозування динаміки обсягів імпорту, споживання та середньої ціни дизельного палива на основі аналізу відповідних часових рядів та оцінювання потенціалу виробництва біодизельного палива в Україні.

Методи дослідження. У роботі використано статистичні методи (зведення, групування, узагальнюючі характеристики). Дослідження динаміки імпорту, споживання та цін дизельного палива проводиться на основі аналізу відповідних часових рядів, визначенні їхніх структур за допомогою декомпозиції, побудові моделей часових рядів на базі методів експоненціального згладжування, ARIMA та нейромережевої авторегресії. Оцінювання потенціалу виробництва біодизельного палива в Україні на основі спрощених імітаційних моделей ринку ріпаку та його основних похідних продуктів за допомогою методу Монте-Карло.

Теоретична, методична та практична значущість отриманих результатів полягає у визначенні особливостей та аномалій динаміки імпорту, споживання та цін дизельного палива в Україні; побудові моделей, придатних для подальшого прогнозування відповідних часових рядів; визначенні наявного потенціалу розвитку галузі виробництва біодизеля в Україні.

Інформаційна база дослідження складається із праць вітчизняних та зарубіжних науковців, наукових статей та статистичних даних спеціалізованих інтернет-джерел щодо ситуації в паливно-енергетичному секторі України, а також інтернет-джерела щодо використання мови R.

Структура роботи включає вступ, три розділи, висновки, список використаних джерел та додатки.

РОЗДІЛ 1

РИНОК ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА В УКРАЇНІ: СУЧАСНИЙ СТАН, ТЕНДЕНЦІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

1.1 Сучасний стан ринку пального України

До повномасштабної війни український ринок пального, незважаючи на свою надзвичайну важливість з погляду структури економіки України, характеризувався низкою проблем, як-то несприятлива цінова кон'юнктура; високий рівень монополізації; непрозора енергетична політика держави; зростання тіньового ринку нафтопродуктів; відсутність умов сприяння і стимулювання розвитку нафтопереробної галузі; морально застаріла технічна база та давно зношені основні фонди вітчизняних нафтопереробних заводів; низький рівень конкурентоспроможності продукції вітчизняних виробників нафтопродуктів на українському ринку внаслідок нерівних та дискримінаційних економічних умов формування вартості та імпорту нафтопродуктів. Ключовою проблемою була і залишається надмірна залежність української економіки від імпорту нафтопродуктів, що має тенденцію до посилення [1, 2].

Водночас, починаючи з лютого 2022 р., на українському ринку пального відбулися дві суттєві зміни – це припинення прямого імпорту з Російської Федерації та Республіки Білорусь, а також значна диверсифікація джерел постачання пального до України.

Головним чином це сприяло появі купи нових дрібних імпортерів – якщо загальна кількість імпортерів пального у 2021 р. становила близько 200, то зараз це число доходить майже до 700 [3, 4], що з одного боку пом'якшує ситуацію з монополізацією, а з другого – зменшує можливості розвитку бізнесу, оскільки малі компанії не мають досить ресурсів для суттєвих інвестицій внаслідок стихійної природи їхнього виникнення та високої капіталомісткості галузі. Водночас Верховна Рада України нещодавно прийняла закон про мінімальні запаси нафти та нафтопродуктів [5], який спрямовано на створення

диверсифікованої системи зберігання пального і запобігання кризових ситуацій, що можуть виникати через відсутність достатніх його запасів. Очевидно, що приводом для цього рішення була криза, пов'язана з дефіцитом пального навесні 2022 р. Незважаючи на посилення енергетичної безпеки, вимоги цього закону можуть унеможливити подальшу діяльність чималої кількості дрібних імпортерів, що не будуть здатні утворити достатні запаси пального. Відповідно, це зі свого боку може призвести до повернення довоєнного рівня монополізації ринку пального. Тобто фактично і після початку повномасштабної війни зберігаються усі попередні проблеми, що мали місце на українському ринку пального.

Проблема надмірної залежності України від імпорту нафтопродуктів є особливо серйозною, зважаючи на те, що майже усі нафтопродукти є імпортованими. До цього головним чином призвело багаторічне ігнорування безпекового складника розвитку ринку нафтопродуктів державними органами управління, які надавали пріоритет комерційним інтересам. Такий підхід призвів до руйнації більшої частини системи забезпечення нафтопродуктами та не дозволив сформувати стратегічний резерв нафти та нафтопродуктів у довоєнний час. На додаток на початку повномасштабної війни було заблоковано роботу двох нафтопереробних підприємств: Кременчуцького нафтопереробного заводу, який був знищений російськими ракетами; та Шебелинського газопереробного заводу, що припинив роботу через загрозу окупації та не відновив її до цього часу [6].

Якщо ж говорити про конкретні обсяги імпорту, то, до прикладу, у 2021 р. до першої п'ятірки експортерів нафтопродуктів до України входили Білорусь (548 млн дол. США), Росія (305 млн дол. США), Литва (210 млн дол. США), Туреччина (86 млн дол. США) та Греція (71 млн дол. США). На ці країни припадало понад 80% імпорту пального, причому 40% – на Білорусь, яка постачала нафтопродукти з переробленої російської нафти.

З початком війни ситуація щодо розподілу обсягів і постачальників кардинально змінилася. У 2023 р. основними експортерами пального до України стали Греція (73 млн дол. США), Литва (64 млн дол. США), Індія (49 млн дол. США), Польща (49 млн дол. США) і Туреччина (35 млн дол. США). Разом

перелічені країни забезпечують майже половину споживання нафтопродуктів в Україні. Причому частка жодної в імпорті не перевищує 14%, що свідчить про успішність процесу диверсифікації [7].

Очевидно, що, незважаючи на вдалу диверсифікацію джерел постачання та налагодження відповідних шляхів, ситуація, яка склалася на ринку пального України, створює безпосередню загрозу енергетичній безпеці держави, адже будь-які коливання в обсягах постачання нафтопродуктів та їхніх вартостях підвищують ризики як для обороноздатності країни, яка перебуває у стані війни, так і для забезпечення стабільного функціонування соціально-економічної сфери.

Основними оптовими споживачами пального на українському ринку є насамперед промислові й аграрні підприємства, державні та комунальні організації, будівельні та транспортні компанії, оборонні підприємства та збройні сили.

На рис. 1.1 можна простежити динаміку зміни часток основних оптових споживачів пального в Україні протягом 2021-2023 рр. Як бачимо, у довоєнний 2021 р. найбільшу частку у оптовому споживанні пального займав агропромисловий сектор, за ним йшли транспортний, військовий та промисловий сектори з відносно близькими за розмірами частками. Після повномасштабного вторгнення Росії до України у 2022 р. закономірно і дуже суттєво зросла частка використання пального у військовому секторі, що змістив з першого місця аграрну галузь. Проте вже у 2023 р. спостерігаємо відновлення економіки України, що призвело до збільшення споживання пального у інших секторах; особливо це видно із частки агропромислового сектору, розмір якої майже повернувся на довоєнний рівень.

Можна дійти до висновку, що незважаючи на окупацію та мінування посівних площ на сході, півдні та півночі України, аграрним компаніям вдалося розширити обсяги обробки земель у безпечних регіонах, налагодити логістичні маршрути та зробити запаси на наступний аграрний рік. З огляду на важливу роль, яку відіграє агропромисловий комплекс у структурі економіки України, можна стверджувати, що його стабільність і адаптивність є ключовими

чинниками забезпечення продовольчої безпеки країни, а також сприяння економічному відродженню. Відновлення та розширення аграрного виробництва у безпечних регіонах демонструє стійкість українського агробізнесу та його здатність адаптуватися до надзвичайних умов, що виникли внаслідок воєнних дій.

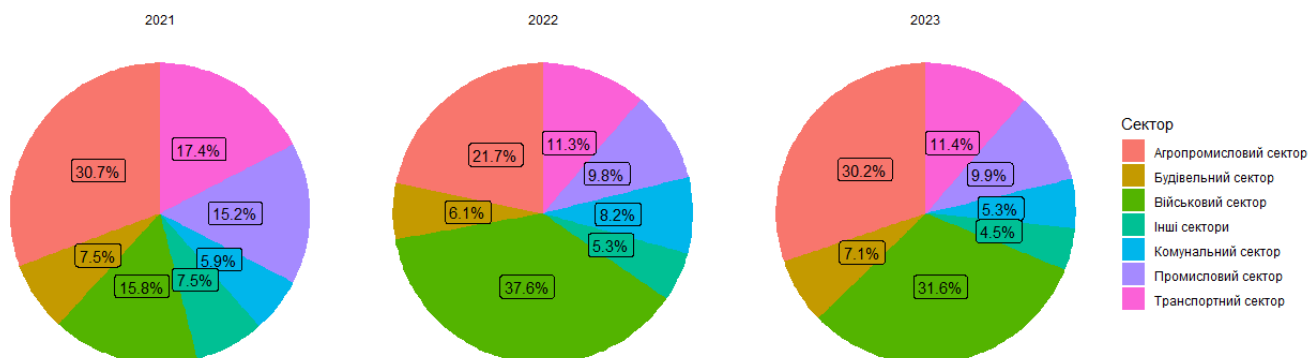


Рисунок 1.1 – Частка основних оптових споживачів пального в Україні протягом 2021-2023 рр.

Джерело: створено автором на основі [8, 9]

Загалом, після початку війни частка оптового споживання пального агропідприємствами в показниках щороку складає понад 29% дизельного палива та 6,9% бензину, тимчасом як промисловість споживає 15–20% дизельного палива та 6% бензину, а галузь зв'язку та транспорту – 19-20% дизпалива та 2,5-4% бензину. Водночас понад 30% дизельного палива використовується для потреб збройних сил, і цей показник може лише зростати через постійне постачання нової техніки та обладнання країнами Західного світу [8,9]. Загалом, оптове споживання дизельного палива у 2023 р. перевищує роздрібне (через мережі автозаправних станцій) більш ніж у 2 рази [10].

Як підсумок, можна спостерігати масове використання дизельного палива не тільки в промисловості, а й серед аграріїв, адже більша частина сільськогосподарської техніки працює на дизелі. Водночас і військова техніка ЗСУ у переважній більшості заправляється цим видом палива. Також варто зауважити, що в період з квітня по липень 2022 р. в Україні діяло «нульове» розмитнення автомобілів [11], що призвело до збільшення їхнього імпорту. Оскільки більшість автомобілів, що ввозилися на територію України, мали дизельні мотори, тому останніми роками спостерігається тенденція до збільшення

використання дизельного палива приватним сектором. Окрім того, зростання споживання дизельного палива пов'язане і з масовим та активним використанням генераторів унаслідок тимчасових відключень електроенергії на території України.

Як бачимо, дизельне паливо на цей час є найпопулярнішим видом пального серед більшості секторів економіки та інших галузей України. Дизельне паливо відіграє критичну роль в забезпеченні функціонування ключових секторів економіки та обороноздатності країни. Тому стабільне постачання та ефективне використання дизельного палива є надзвичайно важливим завданням для України в умовах поточної військової ситуації та економічних викликів.

1.2 Тенденції розвитку ринку дизельного палива України

Оскільки дизельне паливо є стратегічно важливим ресурсом для економіки України, а вітчизняний ринок пального є імпортозалежним, тому доцільно детальніше розглянути структуру та тенденції розвитку ринку дизельного палива України. Дані щодо ключових характеристик ринку були отримані за особистим запитом до консалтингової групи «А-95» [12].

Зважаючи на початок повномасштабного російського вторгнення до України у кінці лютого 2022 р., серед досліджуваних років можна виділити два часових періоди – довоєнний (2016-2021 рр.) та воєнний (2022-2023 рр.) (рис. 1.2).

До війни спостерігається тенденція до поступового зростання усіх трьох показників: споживання, виробництво та імпорт дизельного палива. Загалом, імпорт є ключовим джерелом дизельного палива в Україні, тоді як вітчизняне виробництво в середньому становить лише близько 12-16% від сукупного обсягу надходжень дизелю на ринок.

Після війни відбувся різкий спад усіх показників: споживання зменшилося внаслідок окупації частини територій України; обсяги вітчизняного виробництва стали мінімальними з огляду на зупинку двох найбільших нафтопереробних заводів через пошкодження або загрозу обстрілів; імпорт також знизився,

оскільки до війни близько 70% від спожитого обсягу дизпалива завозилося з Білорусі та Росії [13]. Відповідно після початку воєнних дій постачання повністю припинилися, що і було однією із причин дефіциту пального в Україні навесні 2022 р. Очевидно, що до початку повномасштабного вторгнення залежність від постачання з двох країн-агресорів залишалася критичною, але ні уряд, ні постачальники, ні виробники пального не вжили жодних радикальних заходів для зменшення цієї залежності.

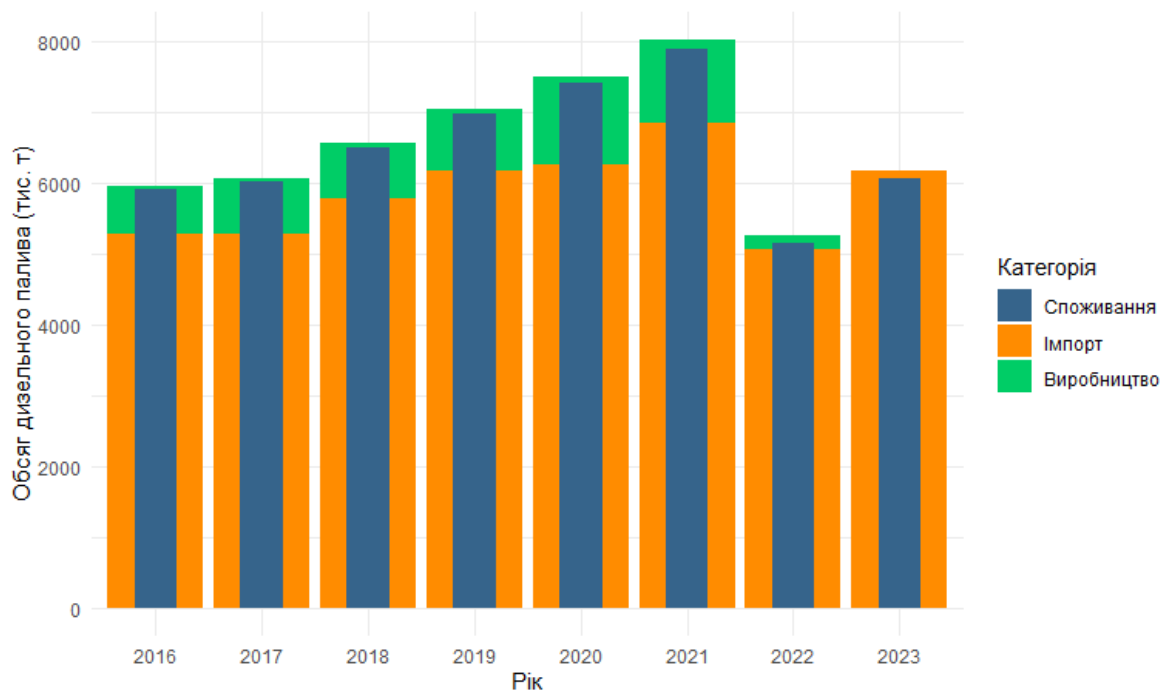


Рисунок 1.2 – Порівняння імпорту та виробництва дизельного палива із його споживанням в межах України протягом 2016-2023 рр.

Джерело: створено автором на основі [12]

Протягом усього досліджуваного періоду простежується незмінна тенденція споживання дизельного палива, коли воно майже зрівнюється із загальним обсягом надходжень дизелю на ринок щороку. Фактично, лише 0,5-1,5% дизпалива залишається як резерв у країні, що частково свідчить про відсутність процесу створення суттєвих запасів за останні роки.

Як видно з рис. 1.3, як до війни, так і під час неї обсяги запасів дизельного палива не перевищували 6,5% від його споживання. Можна стверджувати, що останнім часом уряд та інші учасники ринку не достатньо сприяли створенню значних резервів дизельного палива на випадок настання кризової ситуації.

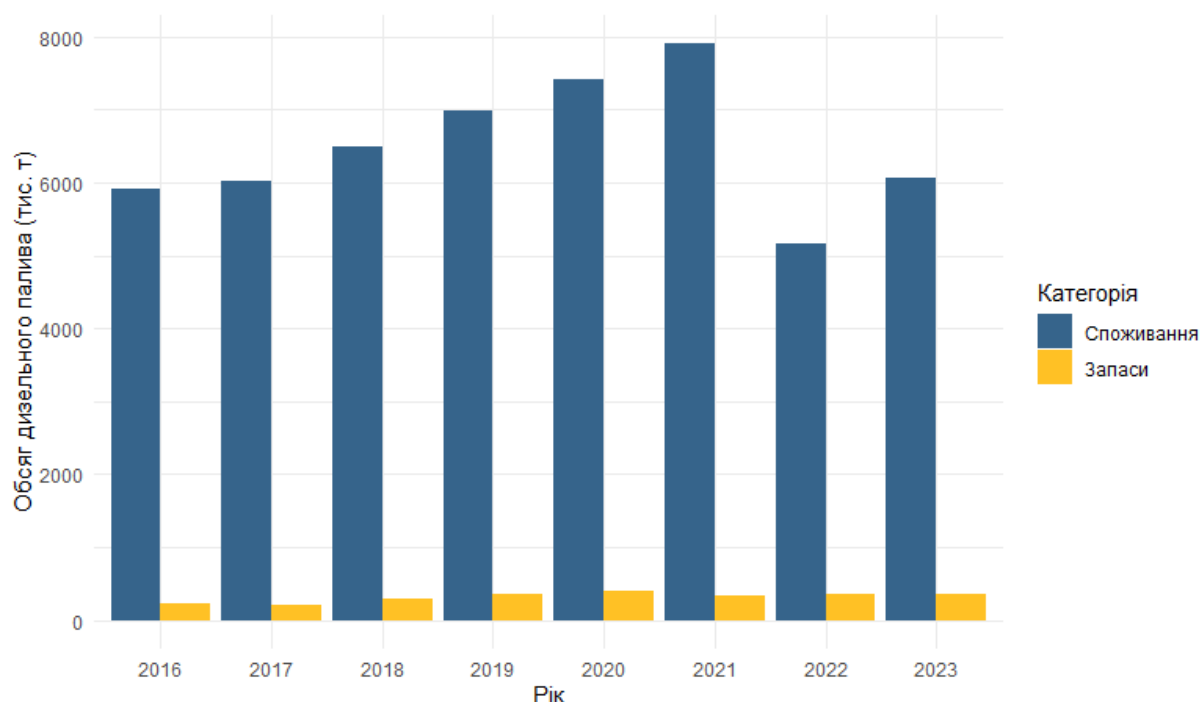


Рисунок 1.3 – Порівняння споживання та запасів дизельного палива в межах України протягом 2016-2023 рр.

Джерело: створено автором на основі [12, 14]

Варто зауважити, що отримати новіші дані за 2022-2023 рр. щодо запасів дизельного палива не вдалося, зокрема через встановлені Верховною Радою на початку війни особливі умови подання звітності на час воєнного стану [15]. Тому для цих років розглядається середнє значення запасів на рівні 2021 р.

Згідно останньої інформації щодо запасів дизельного палива, зафіксованої станом на 01.02.2022 за даними Міністерства фінансів України, їхній рівень перевищував усі попередні значення майже удвічі [14]. Це може говорити про намагання уряду збільшити резерв напередодні війни на випадок кризи у паливній сфері. Утім, як відомо, це не допомогло уникнути дефіциту пального в Україні навесні 2022 р., насамперед через різке припинення усього імпорту дизпалива з Білорусі та Росії.

Новий закон про формування мінімальних запасів нафти та нафтопродуктів, прийнятий наприкінці 2023 р. Верховною Радою, встановляє основні засади функціонування паливних резервів [5]. Документ передбачає, що обсяг мінімальних запасів має відповідати принаймні 90 дням середньодобового чистого імпорту або 61 дню середньодобового внутрішнього споживання,

залежно від того, яка ситуація матиме місце. Ця ініціатива, беззаперечно, посилює енергетичну безпеку України та допомагає полегшити наслідки можливих майбутніх криз у паливній сфері.

До прикладу, у Європейському Союзі ще у 2009 р. прийнята директива 2009/119/ЄС щодо зобов'язання держав-членів підтримувати мінімальний рівень резервів сирової нафти та/або нафтопродуктів. Загалом, запаси пального, що були накопичені бізнесом на виконання цієї директиви, дали змогу європейському ринку пального відносно безболісно пережити ембарго на російські нафтопродукти, введене на початку лютого 2023 р. [16]

Але як вже зазначалося, не тільки відсутність запасів, але й значна довоєнна залежність від постачання дизельного палива з Білорусі та Росії спричинили паливний дефіцит у 2022 р. Тому після припинення імпорту з цих ворожих країн державі довелося змінювати вектор у пошуку країн-експортерів дизпалива головним чином на Захід, зокрема на членів Європейського Союзу. Наприклад, у 2022 р. близько 72% дизельного палива Україна отримувала саме з країн ЄС, насамперед з Румунії, Литви, Греції, Словаччини, Болгарії та Польщі [17]. Проте у структурі імпорту змінились не лише країни-експортери дизпалива, але і логістичні маршрути постачання цього стратегічного ресурсу до України.

До війни дизельне паливо потрапляло до України здебільшого великими партіями: морем, трубопроводом (переважно російське дизпаливо) чи залізницею (переважно білоруське дизпаливо) [18]. Далі це пальне зберігали в великих обсягах на розміщених всією країною нафтобазах, а потім автотранспортом розвозили по підприємствах або автозаправних станціях. Як показала практика, саме така схема логістичних процесів була добре налагоджена та мала найбільшу економічну вигоду, оскільки вартість транспортування залізничним шляхом, морем або трубопроводом є значно дешевшою за транспортування автотранспортом. Зазначену структуру обсягів імпорту за категоріями можна спостерігати протягом 2016-2021 рр. на рис. 1.4.

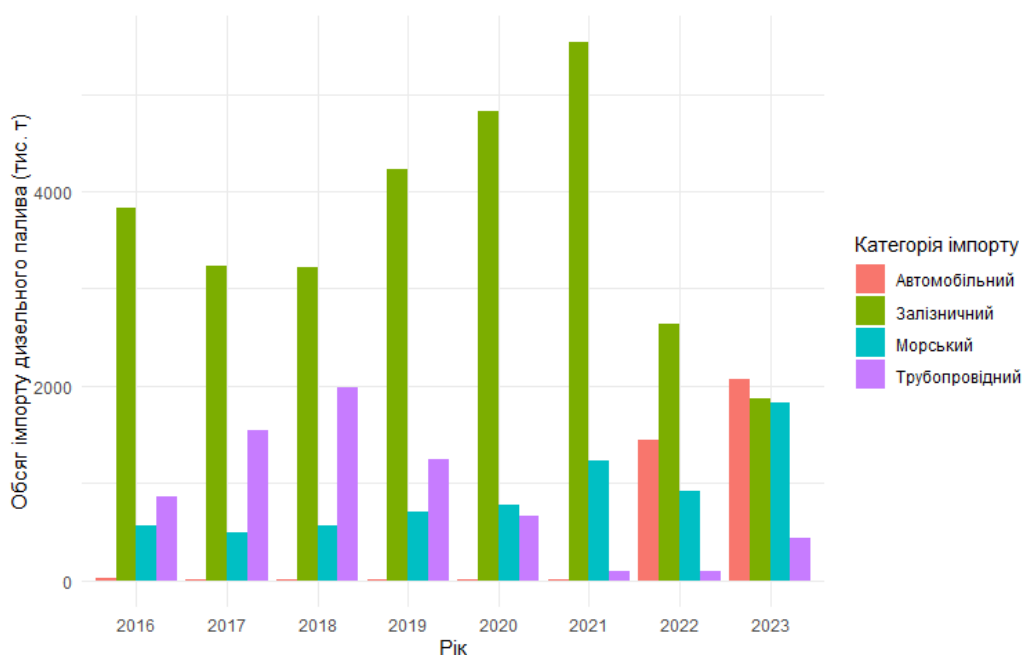


Рисунок 1.4 – Порівняння обсягів імпорту дизельного палива за типом постачання в Україні протягом 2016-2023 рр.

Джерело: створено автором на основі [12]

З 2022 р. впроваджується кардинальна зміна логістичних маршрутів постачання дизельного палива, спричинена повномасштабним російським вторгненням в Україну.

Очевидними є різке скорочення імпорту дизпалива як через трубопровід, так і через залізницю. Але треба зауважити, що незважаючи на теоретичну можливість залізничних постачань з Європи, зокрема з Литви, через Польщу та інші сусідні країни, великою проблемою тут стає різна ширина колії європейських та українських залізниць. У Литві та Білорусі, як і в Україні, використовується «широка» колія на 1520 мм, тоді як більшість країн Центральної та Західної Європи використовують стандартну колію на 1435 мм [19]. Для постачання пального потрібно або перекачувати вміст, або переставляти цистерни на інші візки, що довго та дорого, і для цього замало відповідної інфраструктури. Уряд оголосив про плани будівництва «вузької» колії спершу у прикордонних регіонах для прискорення перевалки вантажів, а потім і по всій Україні, але на це піде чимало часу і стане повністю можливим лише після закінчення війни.

Водночас спостерігається зростання обсягів імпорту дизельного палива через український морський коридор, безпека якого наразі забезпечена завдяки

зусиллям Збройних сил України. Незважаючи на загальну успішність транспортування різних товарів цим маршрутом [20], він потребує більше часу на налагодження та досягнення стабільної продуктивності. Це обумовлено тим, що процес постачання дизельного палива є більш спеціалізованим і вимагає спеціально обладнаних вантажних районів у портах для перевалки нафтопродуктів та особливих типів суден – танкерів.

Беручи до уваги усі наведені факти, можна стверджувати, що завезення нафтопродуктів в Україну автомобільним транспортом є хоч і найбільш економічно не вигідним рішенням, проте найбільш доступним в сучасних реаліях. Саме тому на графіку на рис. 1.4 можна бачити таке різке і значне збільшення автомобільного імпорту дизельного палива після початку війни. Відповідно в сучасних реаліях необхідно створювати якнайсприятливіші умови для здійснення таких поставок, доки не будуть знайдені економічно вигідніші та продуктивніші логістичні рішення, пошук яких може виявитися тривалим.

Важливим чинником формування ринкової ціни дизельного палива є його середня митна вартість (рис. 1.5), особливо в умовах повної імпортозалежності.

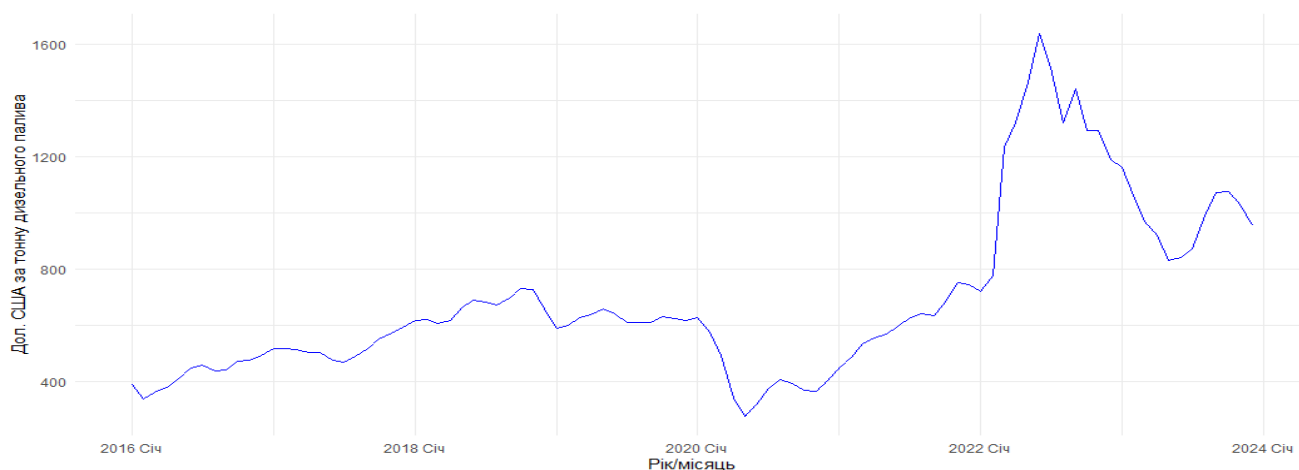


Рисунок 1.5 – Середня митна вартість дизельного палива на кордоні України протягом 2016-2023 рр.

Джерело: створено автором на основі [12]

Зважаючи на важливість дизельного палива як стратегічного ресурсу для економіки України, актуальною стає потреба пошуку та розвитку виробництва альтернативних джерел енергії. Це також зумовлюється низкою додаткових чинників: високими та нестабільними світовими цінами на дизпаливо, що

збільшує економічні ризики для України; значною залежністю економіки України від імпорту дизпалива; та проблемами налагодження нових логістичних маршрутів постачання та створення запасів дизпалива, з огляду на повномасштабну війну.

Гарною альтернативою класичному дизельному паливу нафтового походження може стати біодизельне паливо [21], впровадження та розвиток власного виробництва якого може стати ефективним засобом для зменшення залежності від імпорту дизпалива, зниження цін на паливо, покращення екологічної ситуації та сприяння енергетичній безпеці України.

1.3 Біодизель як перспективна альтернатива на ринку дизельного палива України

Єдиним альтернативним джерелом енергії, здатним конкурувати з традиційним дизельним паливом на сьогодні, є біодизель.

Біодизельне паливо – це високоефективний паливний матеріал з рослинної олії, який можна використовувати для двигунів внутрішнього згорання як добавку до звичайного дизельного палива або у чистому вигляді [22].

У багатьох країнах Європейського Союзу та світу біодизель широко застосовується, хоч і для його виробництва у чистому вигляді потрібні значні додаткові капіталовкладення. Тому в більшості країн практикують змішування нафтового палива з ріпаковою олією або використовують біодизель як добавку в межах 5-30% до традиційного дизельного палива.

Найбільшим виробником біодизеля у світі є Індонезія. У 2022 році Індонезія виробила 13,65 мільярда літрів завдяки широкій сировинній базі та розвинутій виробничій інфраструктурі (рис. 1.6). Це більше, ніж сукупний обсяг Бразилії та США, які посіли друге та третє місця відповідно. Тому з огляду на стрімкі процеси збільшення потужностей у виробництві та споживанні біодизелю можна стверджувати, що світовий ринок має прогресивну динаміку та значні перспективи в майбутньому.

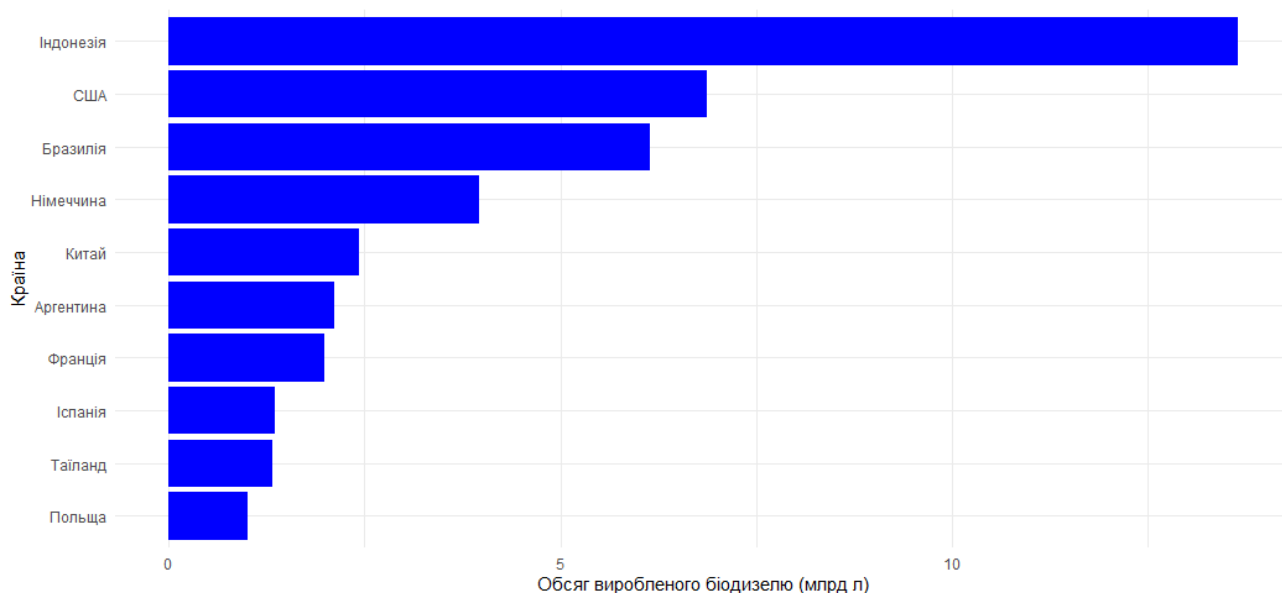


Рисунок 1.6 – Найбільші країни-виробники біодизелю у 2022 р.

Джерело: створено автором на основі [23]

Ключові переваги біодизельного палива можна визначити так:

- за своїми характеристиками біодизель повністю відповідає традиційному дизельному пальному з нафти, проте має знижені викиди шкідливих речовин в атмосферу;
- сумішевий вид біодизеля можна використовувати при будь-якій температурі повітря;
- біодизель порівняно з мінеральним дизельним паливом майже не містить сірки та ароматичних вуглеводнів, і при цьому характеризується хорошими змащувальними властивостями, що продовжує термін життя двигуна;
- біодизель містить кисень в молекулах, що покращує загальний процес горіння пального;
- біодизель порівняно безпечний завдяки високій базовій температурі займання – 150°C;
- біодизель не викликає корозії робочих поверхонь двигуна і не забруднює систему впорскування;

- біодизель є єдиною альтернативою пального, що може використовуватися майже в більшості звичайних, не модифікованих дизельних двигунах.

Слід зазначити, що в Україні процес промислового виробництва біодизельного палива ще не повністю налагоджений, але дрібні аграрні підприємства та фермерські господарства вже тривалий час виробляють біодизель для власних потреб. Формалізація зв'язків між параметрами обладнання та параметрами процесів, адаптованих до наявної біологічної сировини, дозволяє підвищити ефективність біоенергетичних виробництв і покращити якість біодизелю. Виробництво цього виду біопалива буде доцільним лише в разі використання ритмічно відновлюваних запасів дешевої сировини та мінімізації шкоди довкіллю.

Основним рушієм розвитку галузі виробництва біодизелю в Україні виступає наявність власної сировинної бази – ріпаку, що найчастіше використовується як сировина для виробництва біодизельного палива (близько 40% світового виробництва біодизелю базується на використанні олії ріпаку). Загалом насіння ріпаку і продуктів його переробки користується великим попитом на внутрішньому і світовому ринках, а рентабельність виробництва є відносно високою, порівняно з виробництвом інших культур [24]. Хоча донедавна ріпак мав малу частку в сівоzmінах — сіяли переважно для легкої та харчової промисловості. Але наразі цю культуру вирощують у більших масштабах та переважно на експорт до країн Європи, часто саме для виробництва європейського біодизелю. Проте в умовах воєнного стану та наявного дефіциту дизельного палива в державі більш ефективною є його переробка безпосередньо в державі на біодизель з подальшим використанням в межах країни.

Як уже зазначалося, в Україні впровадження технології виробництва біодизельного палива з рослинних культур знаходиться лише на початковому етапі. Повільні темпи розвитку пов'язані з низкою проблем: відсутністю попиту населення на біодизельне паливо; високими експортними цінами на ріпак, що забезпечує аграріям високу рентабельність при продажу сировини за кордон;

наявністю побічного продукту виробництва – гліцерину, який важко утилізувати; слабкою державною підтримкою в цій сфері, зокрема фінансових стимулів для реалізації біоенергетичних проєктів; недостатнім фінансуванням наукових досліджень та впровадження нових технологій; відсутністю чітких державних стандартів та затверджених законодавчих ініціатив щодо обов'язкового використання біодизелю [25].

Розвиток виробництва біодизельного палива в Україні є актуальним завданням, що зумовлено багатьма чинниками. Передусім виробництво та споживання біопалива може забезпечити аграрний сектор власними енергетичними ресурсами, тим самим зменшивши загальні витрати на виробництво паливних ресурсів. Крім того, однією з вимог Європейського Союзу до країн-кандидатів є те, що рівень використання відновлюваних джерел енергії повинен відповідати середньоєвропейському. Україна має чимало можливостей задля задоволення цієї вимоги, оскільки існують майже всі необхідні умови для ефективного виробництва біодизелю, зокрема неабиякі земельні ресурси, значний рослинний потенціал та власні виробничі потужності. Потенціал України у виробництві біодизелю також підтримується розвиненим рослинництвом, тваринництвом, переробною промисловістю та значним технічним і професійним потенціалом. Підкреслюючи необхідність відповідних інвестицій та інновацій, особливо в переробці сільськогосподарської сировини на біодизель, Україна демонструє чіткий потенціал для розвитку біоенергетики.

На вартість біодизелю впливають різні фактори, такі як доступність сировини, врожайність, ціни на електроенергію, логістика та податки на нафтопродукти. Стабільний попит на біодизель може бути забезпечений за умови прийняття законодавчих норм, які б встановлювали мінімальну частку біодизелю в загальному обсязі дизелю нафтового походження. Виробництво біодизелю може бути економічно вигідним не лише для власних потреб, але й для продажу на світовому ринку в майбутньому.

Більше того, якби з того обсягу відповідних рослинних культур, що зараз експортується (головним чином до Європейського Союзу), Україна виробляла би

біодизельне паливо, то вона могла б потенційно замінити до 30% імпортованого дизельного палива для власного споживання [26]. Це підкреслює величезний потенціал наявної біомаси в країні для виробництва біодизеля. Отож, за умови залучення інвестицій, ефективного фінансування та державної підтримки Україна може значно розвинути свою біопаливну галузь, що сприятиме енергетичній безпеці та економічному зростанню.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИ АНАЛІЗУВАННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ЧАСОВИХ РЯДІВ ТА ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ РИНКУ

2.1 Сутність аналізу часових рядів

Змінювання в часі показників паливно-енергетичного сектору відображається відповідними часовими рядами, в яких показники упорядковані в хронологічній послідовності. Найчастіше зустрічаються дискретні часові ряди, тобто ряди, в яких набір моментів часу, коли здійснюється спостереження, є дискретною множиною; наприклад у разі, коли спостереження здійснюються через фіксовані часові інтервали [27].

Часові ряди аналізуються для того, щоб зрозуміти минуле і спрогнозувати майбутнє, що дає змогу відповідальним особам приймати обґрунтовані рішення. Аналіз часових рядів дозволяє оцінити структуру та основні характеристики даних, кореляційні залежності, випадкові коливання тощо, і тим самим підвищити якість прогнозування.

Зазвичай аналіз часових рядів розпочинають з їх візуалізації – представлення точок часового ряду в інтуїтивно зрозумілій спосіб за допомогою поширених графічних засобів, таких як діаграми, графіки, інфографіки і навіть анімації. Ці візуальні відображення наочно передають складні взаємозв'язки, тенденції, сезонності та аномалії, що допомагає аналітичному опису часового ряду [28]. Первинне розуміння цих компонент часового ряду сприяє вибору кращих моделей часового ряду для аналізу його динаміки, а в подальшому і прийняттю обґрунтованих рішень.

Основними компонентами структури часового ряду є:

1. Тренд – довгострокова загальна тенденція даних до збільшення або до зменшення. Може бути лінійним, коли напрямок тренду відносно постійний, або нелінійним, коли напрямок тренду може час від часу змінюватися. Тренд

відображає основний напрямок розвитку часового ряду і є результатом фундаментальних чинників.

2. Сезонність – це ритмічна повторюваність шаблонів поведінки часового ряду з фіксованою частотою. Періодичність змінювань рівнів ряду може бути щогодинною, щоденною, щомісячною, щорічною тощо; проте зазвичай сезонності не є більшими за річні. Сезонні коливання зумовлені чинниками, які повторюються через регулярні інтервали.

3. Циклічність – це довгострокові шаблони поведінки часового ряду, які мають відносно нефіксовану періодичність. Циклічні коливання можуть тривати від кількох років до кількох десятиліть. Відмінність циклічності від сезонності полягає у тому, що циклічні зміни не є настільки регулярними і мають більшу тривалість. Через це часто довжини часового ряду недостатньо для визначення циклічної компоненти і її виключають із дослідження або об'єднують з трендом.

4. Залишки (випадкова компонента) – це випадкові або нерегулярні коливання часового ряду, які не можна пояснити іншими компонентами. Залишки являють собою шум або випадкові впливи, які можуть бути результатом неочікуваних подій або дрібних непередбачуваних чинників. Це може включати короткочасні коливання, аномальні дані або похибки вимірювань. Залишки мають важливе значення при аналізі часового ряду, оскільки можуть впливати на точність прогнозів.

Існує чимало методів декомпозиції часових рядів, що дають можливість виокремити кожен компоненту із структури для подальшого аналізу. Досить поширеним є використання методу декомпозиції STL (Seasonal and Trend decomposition using Loess), особливо в економічному аналізі [29].

Метод STL використовує локально підібрані регресійні моделі за допомогою Loess для розкладання часового ряду на тренд, сезонність та залишки. Метод Loess – це використання непараметричної регресії для згладжування даних. STL особливо ефективний при обробці даних часових рядів зі складною та нелінійною структурою. У STL декомпозиція виконується шляхом ітеративного застосування згладжування Loess до часового ряду. Цей процес допомагає

врахувати як короткострокові, так і довгострокові зміни в даних, що робить його надійним методом для декомпозиції часових рядів з нерегулярними або мінливими моделями.

Якщо ж говорити про існуючий функціональний зв'язок між виділеними компонентами при декомпозиції за методом STL, то він описується такою класичною адитивною моделлю:

$$Y_t = T_t + S_t + R_t, \quad (2.1)$$

де Y_t – спостереження у момент t ;

T_t – компонента тренд-циклу у момент t ;

S_t – сезонна компонента у момент t ;

R_t – залишок у момент t .

У основі методу декомпозиції STL завжди базово знаходиться адитивна модель, проте за певних перетворень даних (наприклад, перетворення Бокса-Кокса) можна досягти мультиплікативної декомпозиції. І тоді мультиплікативна модель з використанням тих самих змінних може бути записана так:

$$Y_t = T_t \cdot S_t \cdot R_t. \quad (2.2)$$

Обидві ці моделі вважаються класичним та лежать в основі багатьох інших методів та моделей, що використовуються при аналізі та прогнозуванні часових рядів.

2.2 Прогнозування часових рядів на базі моделей ETS, ARIMA та NNAR. Метод оцінювання моделей на основі перехресного затвердження

Прогнозування часових рядів – це передбачення майбутніх спостережень часового ряду на основі даних, що були зібрані у минулому, за допомогою

побудованих моделей, які відображають основні закономірності динаміки часового ряду [30].

Існує багато різноманітних моделей, на базі яких здійснюються прогнозування часових рядів. Особливої популярності набули останнім часом моделі Хольта-Вінтерса з демпфуванням, ARIMA моделі та модель нейромережевої авторегресії.

В основі моделі Хольта-Вінтерса з демпфуванням, якої лежить різновид методу експоненціального згладжування. Прогнози, отримані за допомогою методів експоненціального згладжування, є середньозваженими значеннями минулих спостережень, причому вага експоненціально зменшується зі старінням спостережень. Іншими словами, чим новіше спостереження, тим вища відповідна вага. Цей метод генерує надійні прогнози швидко і для широкого діапазону часових рядів, що є великою перевагою.

Проте базовий метод експоненціального згладжування не враховує жодної чіткої тенденції або сезонної закономірності. Тому Хольт розширив базове експоненціальне згладжування, щоб дозволити прогнозувати дані з трендом [31]. Але прогнози, що були створені за допомогою лінійного методу Хольта, відображали постійний тренд на невизначений термін у майбутньому, що призводило до надмірного прогнозування. Вмотивовані цим спостереженням, Гарднер та Маккензі ввели параметр, який «пригнічує» (демпфує) тренд до рівної лінії через деякий час у майбутньому [32]. Пізніше Хольт та Вінтерс розширили метод Хольта для визначення сезонності. Існує два варіанти цього методу, які відрізняються характером сезонної складової – адитивністю та мультиплікативністю [33]. Більш поширеним є метод із мультиплікативною сезонністю, особливо з використанням демпфування, оскільки він часто забезпечує точні та надійні прогнози для даних з вираженою сезонністю.

Такий комбінований метод лежить в основі статистичної моделі Хольта-Вінтерса з демпфуванням, що зазвичай використовується з мультиплікативними помилками. Модель складається з вимірювального рівняння, яке описує

спостережені дані, і трьох рівнянь станів, що описують як неспостережені стани (рівень, тренд, сезон) що змінюються з часом. Отож, модель має такий вигляд:

$$y_t = (\ell_{t-1} + \varphi b_{t-1})s_{t-m}(1 + \varepsilon_t), \quad (2.3)$$

$$\ell_t = (\ell_{t-1} + \varphi b_{t-1})(1 + \alpha \varepsilon_t), \quad (2.4)$$

$$b_t = \varphi b_{t-1} + \beta(\ell_{t-1} + \varphi b_{t-1})\varepsilon_t, \quad (2.5)$$

$$s_t = s_{t-m}(1 + \gamma \varepsilon_t), \quad (2.6)$$

де y_t – спостереження у момент t ;

ℓ_t – рівнева компонента у момент t ;

b_t – трендова компонента у момент t ;

s_t – сезонна компонента у момент t ;

ε_t – помилка у момент t ;

m – сезонний період;

α, β, γ – коефіцієнти згладжування;

φ – коефіцієнт демпфування.

Моделі ARIMA забезпечують дещо інший підхід до прогнозування часових рядів. У той час як моделі експоненціального згладжування базуються на описі тенденцій та сезонностей в даних, моделі ARIMA спрямовані на опис автокореляції в даних.

Модель ARIMA розшифровується як модель авторегресійного інтегрованого ковзного середнього, що призначена для обробки даних часових рядів, які можуть бути нестационарними [34]. Стационарність означає, що статистичні властивості ряду, такі як середнє та дисперсія, залишаються постійними з часом. Однак багато реальних часових рядів демонструють тенденції, сезонність та інші форми нестационарності. Модель ARIMA вирішує ці проблеми шляхом диференціювання даних, щоб зробити їх стационарними, а потім застосовує моделі авторегресії та ковзного середнього до диференційованих даних. Відповідно, ця модель відображає різні часові структури в даних за допомогою трьох ключових компонентів:

1. AR (Autoregressive) – пояснює змінну, що нас цікавить, за допомогою її власних лагових (минулих) значень. Це означає, що модель регресує поточне значення ряду відносно його попередніх значень.

2. I (Integrated) – під інтеграцією мається на увазі диференціювання ряду для того, щоб зробити його стаціонарним, що означає, що статистичні властивості, такі як середнє значення та дисперсія, залишаються незмінними в часі. Власне, диференціювання – це процес обчислення різниць між послідовними спостереженнями.

3. MA (Moving Average) – моделює зв'язок між спостереженням і залишковою помилкою моделі ковзного середнього, застосованої до лагових спостережень.

Рівняння моделі ARIMA записується так:

$$y_t^d = c + \varphi_1 y_{t-1}^d + \dots + \varphi_p y_{t-p}^d + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \dots + \theta_q \varepsilon_{t-q} + \varepsilon_t, \quad (2.7)$$

де y_t^d – диференційоване спостереження у момент t ;

c – певна константа;

φ_p – коефіцієнт авторегресії;

θ_q – коефіцієнт ковзної середньої;

ε_t – помилка у момент t ;

p – порядок авторегресії;

d – ступінь диференціювання;

q – порядок ковзної середньої.

Процес ARIMA можна розширити, включивши в нього сезонні члени, і отримати сезонний ARIMA (SARIMA) процес [34]. Сезонні моделі ARIMA є потужним інструментом для аналізу часових рядів, оскільки вони здатні моделювати дуже широкий спектр рядів.

Сезонна модель ARIMA утворюється шляхом включення додаткових сезонних членів. Вона записується так – $ARIMA(p, d, q)(P, D, Q)_m$, де m – це сезонний період. Для позначення сезонних частин моделі використовуються великі літери, а для несезонних частин моделі – малі. Сезонна частина моделі

складається з частин, подібних до несезонних компонентів моделі, але містить зворотні зсуви сезонного періоду. Сезонна модель ARIMA може бути найбільш стисло виражена за допомогою оператора зворотного зсуву:

$$\theta_P(B^m)\theta_p(B)(1-B^m)^D(1-B)^d x_t = \phi_Q(B^m)\phi_q(B)\omega_t, \quad (2.8)$$

де $\theta_P(B^m)$ – сезонний авторегресійний оператор порядку P ;

$\theta_p(B)$ – несезонний авторегресійний оператор порядку p ;

$(1-B^m)^D$ – оператор сезонного диференціювання з кількістю різниць D ;

$(1-B)^d$ – оператор несезонного диференціювання з кількістю різниць d ;

x_t – спостереження у момент t ;

$\phi_Q(B^m)$ – оператор сезонного ковзного середнього порядку Q ;

$\phi_q(B)$ – оператор несезонного ковзного середнього порядку q ;

ω_t – помилка білого шуму в момент t ;

B – оператор зворотного зсуву;

m – сезонність.

Модель нейромережевої регресії (Neural network autoregression) базується на простій математичній моделі мозку [35].

Нейронну мережу можна розглядати як мережу «нейронів», які організовані в шари. Прогнози (або входи) утворюють нижній рівень, а прогнози (або виходи) утворюють верхній рівень. Між ними - проміжні шари, що містять «приховані нейрони» (рис. 2.1).

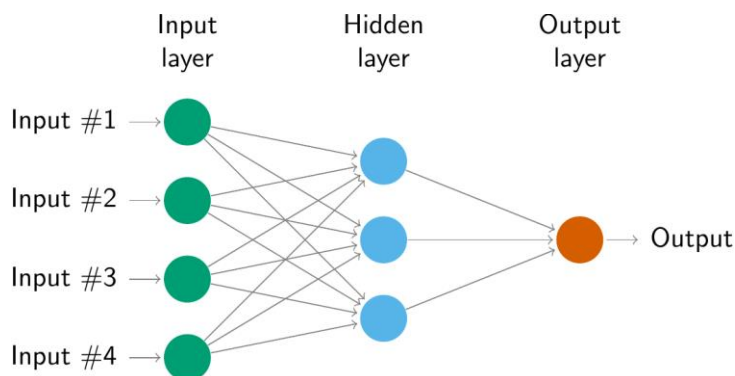


Рисунок 2.1 – Нейронна мережа з чотирма входами і одним прихованим шаром з трьома прихованими нейронами.

Джерело: [35]

Ця нейронна мережа також відома як багатошарова мережа прямого зв'язку, де кожен шар вузлів отримує вхідні дані від попередніх шарів. Виходи вузлів одного шару є входами для наступного шару. Входи до кожного вузла об'єднуються за допомогою зваженої лінійної комбінації. Потім результат модифікується нелінійною функцією перед виведенням.

Параметри для цих комбінацій та функцій оцінюються з даних. Значення ваги часто обмежують, щоб запобігти надмірному зростанню. Параметр, який обмежує ваги, відомий як «параметр розпаду», і часто встановлюється рівним 0,1.

Ваги спочатку приймають випадкові значення, а потім оновлюються на основі даних спостережень. Отже, в прогнозах, які робить нейронна мережа, є елемент випадковості. Тому мережу зазвичай навчають кілька разів, використовуючи різні випадкові початкові точки, а результати усереднюють.

У випадку з даними часових рядів, застарілі значення часових рядів можна використовувати як вхідні дані для нейронної мережі, так само, як використовуються такі значення в моделі ARIMA. Цей процес і є основою моделі нейромережевої авторегресії.

Позначається ця модель як $NNAR(p, k)$, де вказується, що у прихованому шарі є p входів із запізненням і k вузлів. Наприклад, модель $NNAR(6, 3)$ - це нейронна мережа з останніми шістьма спостереженнями, які використовуються як вхідні дані для прогнозування виходу і з трьома нейронами у прихованому шарі. Модель $NNAR(p, 0)$ еквівалентна моделі $ARIMA(p, 0, 0)$, але без обмежень на параметри для забезпечення стаціонарності.

Для сезонних даних корисно також додавати останні спостережувані значення з того ж сезону як вхідні дані. Тоді модель $NNAR(p, P, k)_m$ має входи $(y_{t-1}, y_{t-2}, \dots, y_{t-p}, y_{t-m}, y_{t-2m}, \dots, y_{t-pm})$ і k нейронів у прихованому шарі. Модель $NNAR(p, P, k)_m$ еквівалентна моделі $ARIMA(p, 0, 0)(P, 0, 0)_m$, але без обмежень на параметри, що забезпечують стаціонарність. У Rstudio базово використовується саме ця модель NNAR з врахуванням сезонності.

Коли справа доходить до прогнозування, мережа застосовується ітеративно. Для прогнозування на один крок вперед використовують наявні

історичні дані. Для прогнозування на два кроки вперед використовують однокроковий прогноз як вхідні дані разом з історичними даними. Цей процес продовжується до тих пір, поки не будуть обчислені всі необхідні прогнози.

Ключовим методом оцінювання якості побудованих моделей є перехресне затвердження (крос-валідація). Процедура перехресного затвердження часових рядів є більш складною, ніж просто поділ на навчальну та тестову вибірки. У цій процедурі є ряд тестових наборів, кожен з яких складається з одного спостереження. Відповідна навчальна вибірка складається лише зі спостережень, які відбулися до спостереження, що формує тестову вибірку. Отже, жодні майбутні спостереження не можуть бути використані для побудови прогнозу. Оскільки неможливо отримати надійний прогноз на основі невеликої навчальної вибірки, найперші спостереження не розглядаються як тестові.

На рис. 2.2 показано серії навчальних і тестових наборів, де сині спостереження представляють навчальні набори, а помаранчеві – тестові.

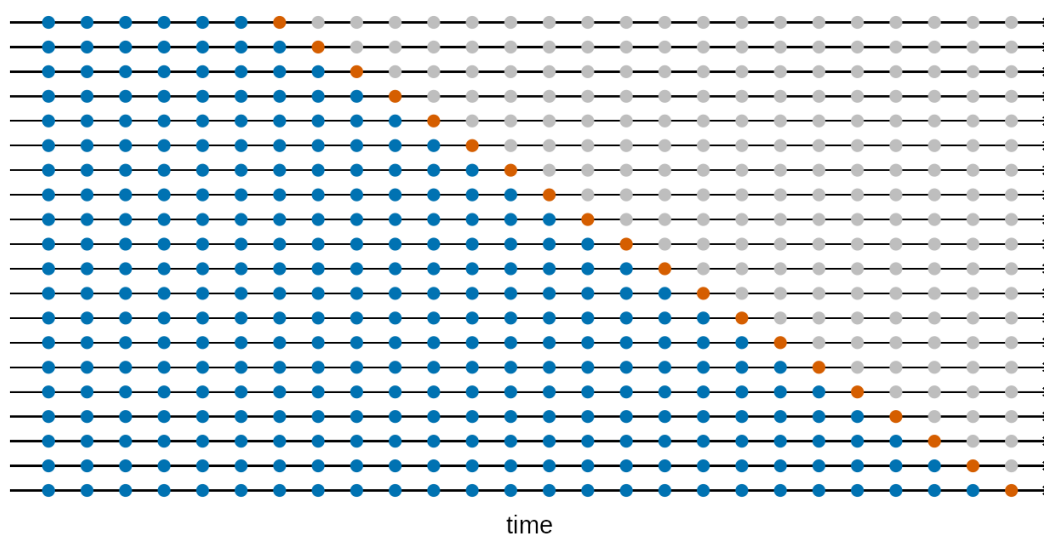


Рисунок 2.2 – Серії навчальних і тестових вибірок для перехресного затвердження часових рядів.

Джерело: [35]

Точність прогнозу обчислюється шляхом усереднення тестових наборів. Цю процедуру іноді називають «оцінюванням ковзного джерела прогнозування», оскільки «джерело», на якому базується прогноз, ковзає вперед у часі.

Після цього точність прогнозу оцінюється за допомогою спеціальних метрик, як-от RMSE (коренева середньоквадратична похибка) та MAPE (середня абсолютна відсоткова похибка).

Коренева середньоквадратична похибка (RMSE) – це загальнозживана міра модуля різниці між значеннями, передбаченими моделлю, і спостережуваними значеннями. RMSE є квадратним коренем середньої квадратичної різниці між прогнозованими і спостережуваними значеннями. Ці відмінності називаються залишками, якщо обчислення здійснюється на основі вибірки даних, використаних для оцінки, і є помилками (або прогнозованими помилками), якщо обчислення проводиться поза вибіркою. RMSE використовується для зведення кількості помилок прогнозу для різних точок даних в один показник передбачуваності. Це міра точності, яка використовується для порівняння помилок прогнозування різних моделей для одного набору даних, але не для порівняння між різними наборами даних, оскільки вона залежить від масштабу.

Середня абсолютна відсоткова похибка (MAPE) є середнім значенням абсолютних відсоткових похибок кожного запису в наборі даних. Критерій MAPE часто є ефективним для аналізу великих наборів даних і вимагає використання значень набору даних, відмінних від нуля. Також MAPE є прямолінійною метрикою, причому відсоткове значення MAPE означає, що середнє відхилення між прогнозованим і фактичним значеннями становить певний відсоток, незалежно від того, чи було відхилення позитивним чи негативним.

2.3 Імітаційне моделювання ринку пального методом Монте-Карло

Одним з основних рушіїв розвитку галузі виробництва біодизелю в Україні виступає наявність власної широкої сировинної бази – ріпаку, біодизель з якого має найкраще співвідношення використаної енергії до виробленої серед найпоширеніших сільськогосподарських культур, що придатні до переробки у біопаливо. Вважається, що виробництво готового біодизелю для внутрішнього

споживання приносить більшу економічну вигоду, ніж масове експортування сировини, зокрема насіння ріпаку [22].

Загалом, біодизель є одним із найбільш ефективних біологічних палив, особливо для агропромислового сектору економіки. З одного боку, вирощування ріпаку (переважно озимих сортів і гібридів) та його переробка на біодизель може бути одним з основних способів забезпечення сільськогосподарських підприємств безперебійним постачанням біопалива. З другого боку, на сьогодні ріпак в Україні є високомаржинальною та експортоорієнтованою сільськогосподарською культурою, що приносить чималі прибутки від постачання до інших країн.

Передусім для визначення чинного потенціалу виробництва біодизельного палива в Україні з ріпаку, потрібно проаналізувати ринок ріпаку та його основних похідних продуктів. Задля наочності створимо відповідну спрощену модель (рис. 2.3). Основні характеристики, що лежать в основі моделі, були отримані за особистим запитом до компанії ТОВ «КАТ Біодизель».

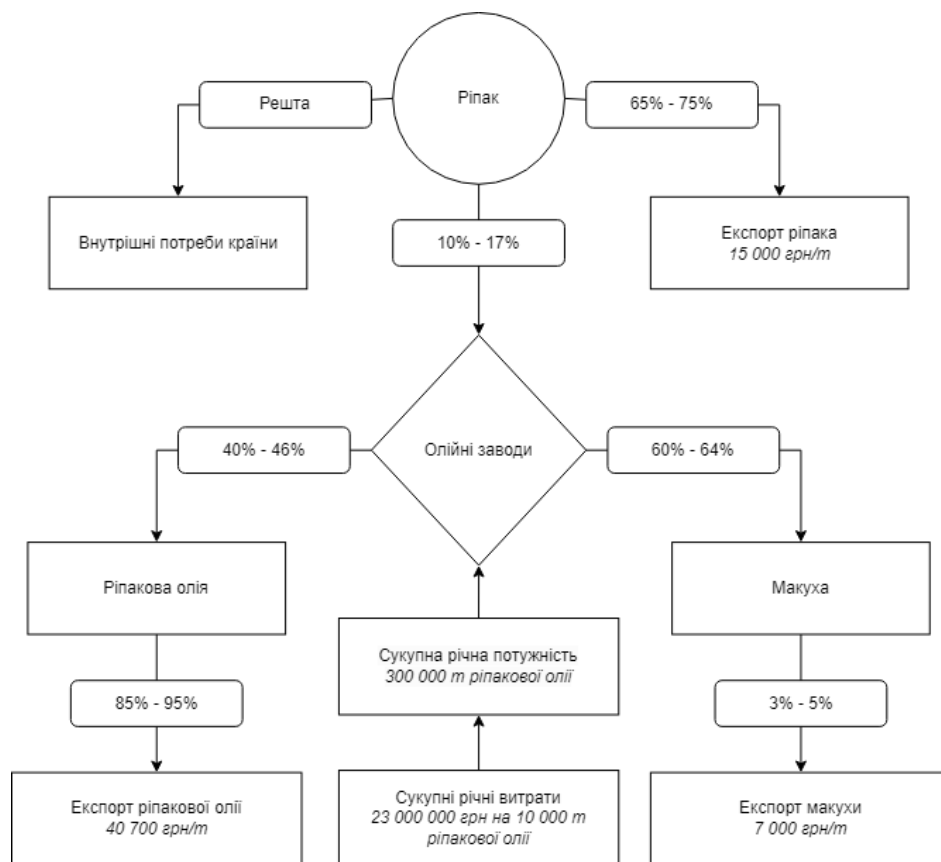


Рисунок 2.3 – Спрощена модель ринку ріпаку та його основних похідних продуктів.

Джерело: створено автором

Ця модель ілюструє український ринок ріпаку та його основних похідних продуктів – ріпакової олії та макухи. Як відомо, як ріпак, так і ріпакова олія є сильно орієнтованими на експорт, особливо ця сільськогосподарська культура та її олія цінуються в європейських країнах. Тому мета цієї моделі, відповідно, наближено оцінити річні обсяги та валову вартість експортованої сировини та похідних продуктів.

Передусім від 65% до 75% зібраного ріпаку за рік зазвичай експортується до інших країн за середньою ціною 15 000 грн/т; від 10% до 17% направляється на спеціальні олійні заводи для переробки; решта залишається для внутрішніх потреб України, оскільки ріпак також використовується для різних потреб в металургійній, миловарній, шкіряній і текстильній промисловостях.

На олійних заводах при переробці ріпаку в середньому отримують від 40% до 46% ріпакової олії та від 60% до 64% макухи. Загалом, зараз в Україні побудовано 14 олійних заводів, що придатні до переробки ріпаку, із сукупною потужністю 300 000 т ріпакової олії на рік [36]. Сумарні річні витрати заводів на обслуговування в середньому становлять 23 000 000 грн на 10 000 т ріпакової олії, оскільки саме це є типовою потужність найрозповсюдженіших в Україні олійниць, що здійснюють безпосереднє вичавлювання олії з сировини та є ключовим обладнанням кожного олійного заводу.

Побічним продуктом вичавлювання олії є макуха, переважно залишається для внутрішніх потреб України, тому що використовується в тваринництві як харчова основа для різних комбикормів і преміксів. Лише від 3% до 5% макухи на рік експортується закордон за середньою ціною 7 000 грн/т.

Водночас ріпакова олія здебільшого експортується до інших країн з часткою від 85% до 95% за середньою ціною 40 700 грн/т.

Далі розглянемо модифікуємо створену модель додаванням біодизельних заводів (рис. 2.4). Її мета – дослідити що як зміниться валова вартість експорту ріпаку та його похідних продуктів, якщо замість експорту ріпакової олії почати виробляти з неї біодизельне паливо в межах України. Додатково у цій моделі буде враховуватися загальнонаціональне споживання дизельного палива, аби дізнатися

наскільки можна зекономити на імпорті дизпалива, від якого критично залежить країна, шляхом його часткового заміщення біодизелем.

За припущенням проведена модернізація олійних заводів завдяки добудови 50 модульних біодизельних заводів із сукупною потужністю 250 000 т біодизелю на рік. Середня вартість побудови одного модульного біодизельного заводу в середньому становить 80 млн грн. Водночас сумарні річні витрати на обслуговування одного модульного біодизельного заводу становлять 15 300 000 грн на 5 000 т біодизелю, що є базовою потужність одного модулю.

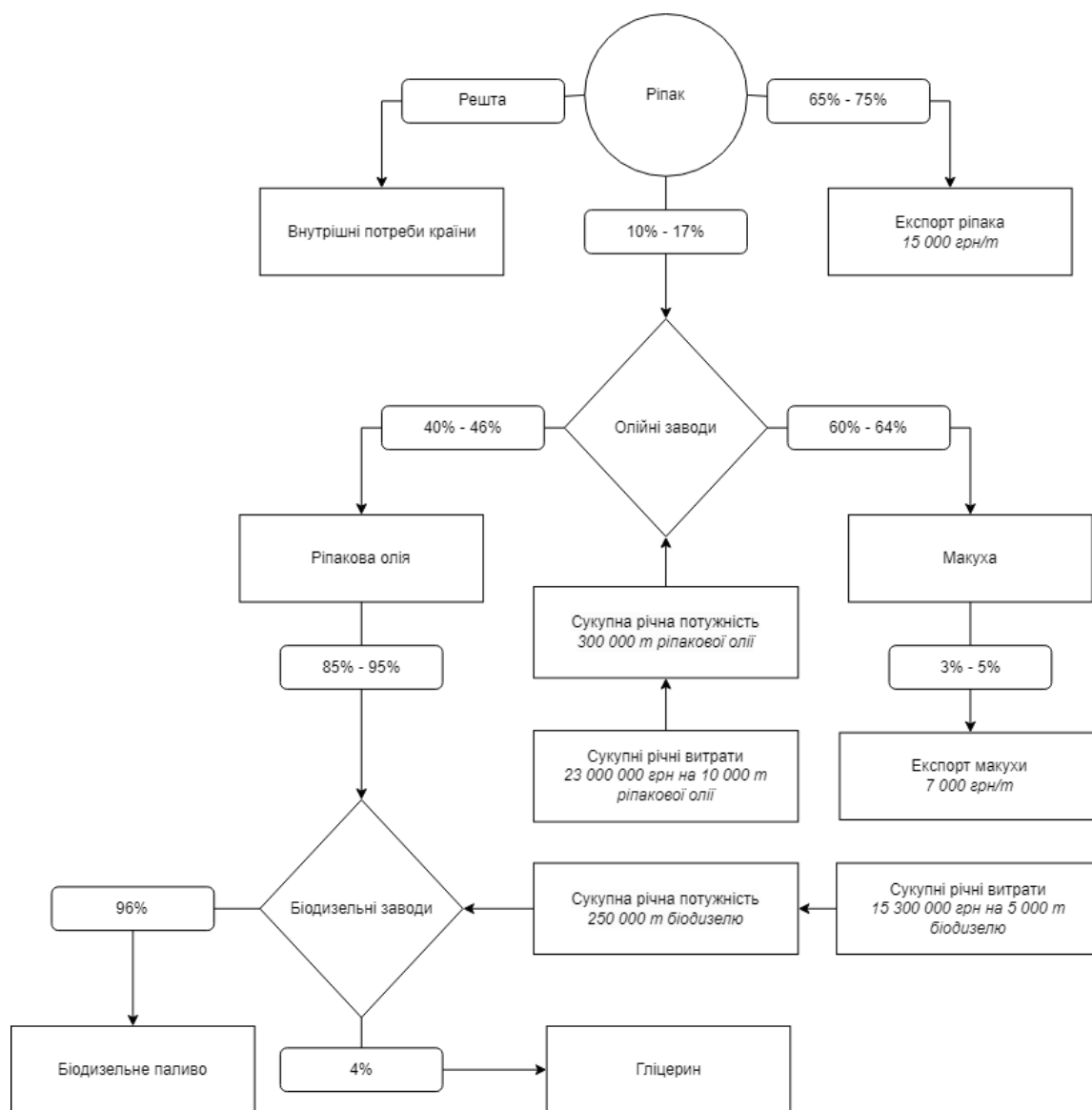


Рисунок 2.4 – Спрощена модель ринку біодизельного палива.

Джерело: створено автором

При процесі переробки ріпакової олії на біодизель отримуємо 96% біодизелю і 4% технічного гліцерину. Також варто зауважити, що зараз технічний

гліцерин знаходиться під експортним контролем, зважаючи на його поширене використання у військово-промисловому комплексі.

Загалом, ця модель показує розширення ланцюжку переробки ріпаку, зокрема виробництвом біодизельного палива. Вона відображає взаємозв'язки між сировиною (ріпак), проміжними продуктами (ріпакова олія, макуха) та кінцевими продуктами (біодизельне паливо, гліцерин), а також включає економічні аспекти (сукупні річні витрати та потужності).

Імітація за методом Монте-Карло – це тип обчислювального алгоритму, який використовує повторну випадкову вибірку для отримання ймовірності настання ряду результатів [37].

На відміну від моделей прогнозування, імітаційне моделювання методом Монте-Карло прогнозує набір результатів на основі оціночного діапазону значень порівняно з набором фіксованих вхідних значень. Іншими словами, імітаційне моделювання за методом Монте-Карло будує модель можливих результатів, використовуючи розподіл ймовірностей, наприклад, рівномірний або нормальний розподіл, для будь-якої змінної, якій притаманна невизначеність. Перерахування результати знову і знову здійснюється з використанням іншого набору випадкових чисел між мінімальним і максимальним значеннями. У типовому експерименті Монте-Карло цю вправу можна повторити тисячі разів, щоб отримати велику кількість ймовірних результатів і спрогнозувати найімовірніший із них.

РОЗДІЛ 3

КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК РИНКУ ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА В УКРАЇНІ

3.1 Аналіз та прогнозування обсягів імпорту та споживання дизельного палива в Україні

У роботі досліджуються часові ряди трьох ключових характеристик ринку дизельного палива України:

- Обсяги імпорту дизельного палива [12].
- Обсяги споживання дизельного палива [12].
- Середня ціна дизельного палива [12].

Часовий період даних – 2016-2023 рр., періодичність даних – щомісячні, одиниці вимірювання даних – тис. т (імпорт та споживання), дол. США за т (середня ціна).

У розрахунках щодо середньої ціни дизельного палива задля коригування на рівень інфляції використано часовий ряд зі щомісячним індексом споживчих цін США [38].

Усі розрахунки цього розділу виконані в інтегрованому середовищі розробки RStudio за допомогою мови R. Увесь вихідний код розрахунків представлений у Додатку А.

Оцінювання потенціалу виробництва біодизельного палива в Україні виконується за допомогою імітаційного методу Монте-Карло. Вихідний код розрахунків за цим методом представлений у Додатку Б.

Описова статистика досліджуваного ряду даних дає змогу визначити його основні характеристики: середнє значення, середньоквадратичне відхилення та квантілі імпорту дизпалива (рис. 3.1). Середнє значення імпорту становить 488 тис. т, а середньоквадратичне відхилення – 119 тис. т.

Квантілі показують, що імпорт дизельного палива має відносно рівномірний розподіл без значних перекосів, але водночас часовий ряд має низку

екстремальних значень. Квантиль 50% знаходиться близько до середнього значення, що свідчить про майже симетричний розподіл даних.

```
# A tibble: 1 x 7
  mean standard_deviation `quantiles.0%` `quantiles.25%` `quantiles.50%` `quantiles.75%` `quantiles.100%`
  <dbl>                <dbl>          <dbl>          <dbl>          <dbl>          <dbl>          <dbl>
1  488.                119.          37.6          423.          500.          561.          736.
```

Рисунок 3.1 – Розраховані статистики імпорту дизельного палива в Україні протягом 2016-2023 рр.

Джерело: створено автором на основі [12]

Візуальний аналіз часового ряду імпорту дизельного палива дає змогу висунути гіпотези щодо його структури – тренду та сезонності.

Як видно з рис. 3.2, імпорт дизельного палива до початку 2021 року мав тенденцію до помірного зростання, поступовий спад триває до початку 2022 року, після чого лінія тренду вирівнюється. Вочевидь причиною падіння імпорту дизельного палива у 2021 році є наслідки пандемії COVID-19 (різке скорочення транспортних перевезень, переривання ланцюгів поставок). Різкий спад імпорту палива у лютому 2022 року пов'язаний з початком російського вторгнення в Україну.

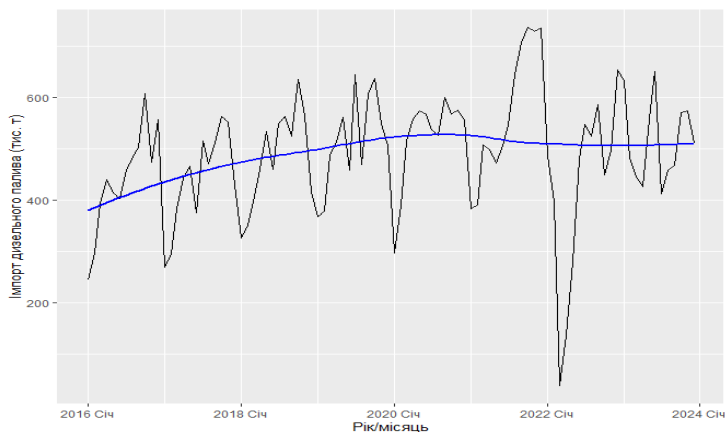


Рисунок 3.2 – Графік імпорту дизельного палива в Україні протягом 2016-2023 рр. з лінією тренду.

Джерело: створено автором на основі [12]

У період стабільного розвитку економіки до 2021 року на графіку прослідковується певна періодичність коливань, яка вочевидь має сезонний характер (рис. 3.2). Після початку пандемії, а згодом і воєнних дій коливання набувають іншого характеру. Відображення такої закономірності представлено на графіках сезонності до 2021 року (рис. 3.3, а) і після 2021 року ((рис. 3.3,б).

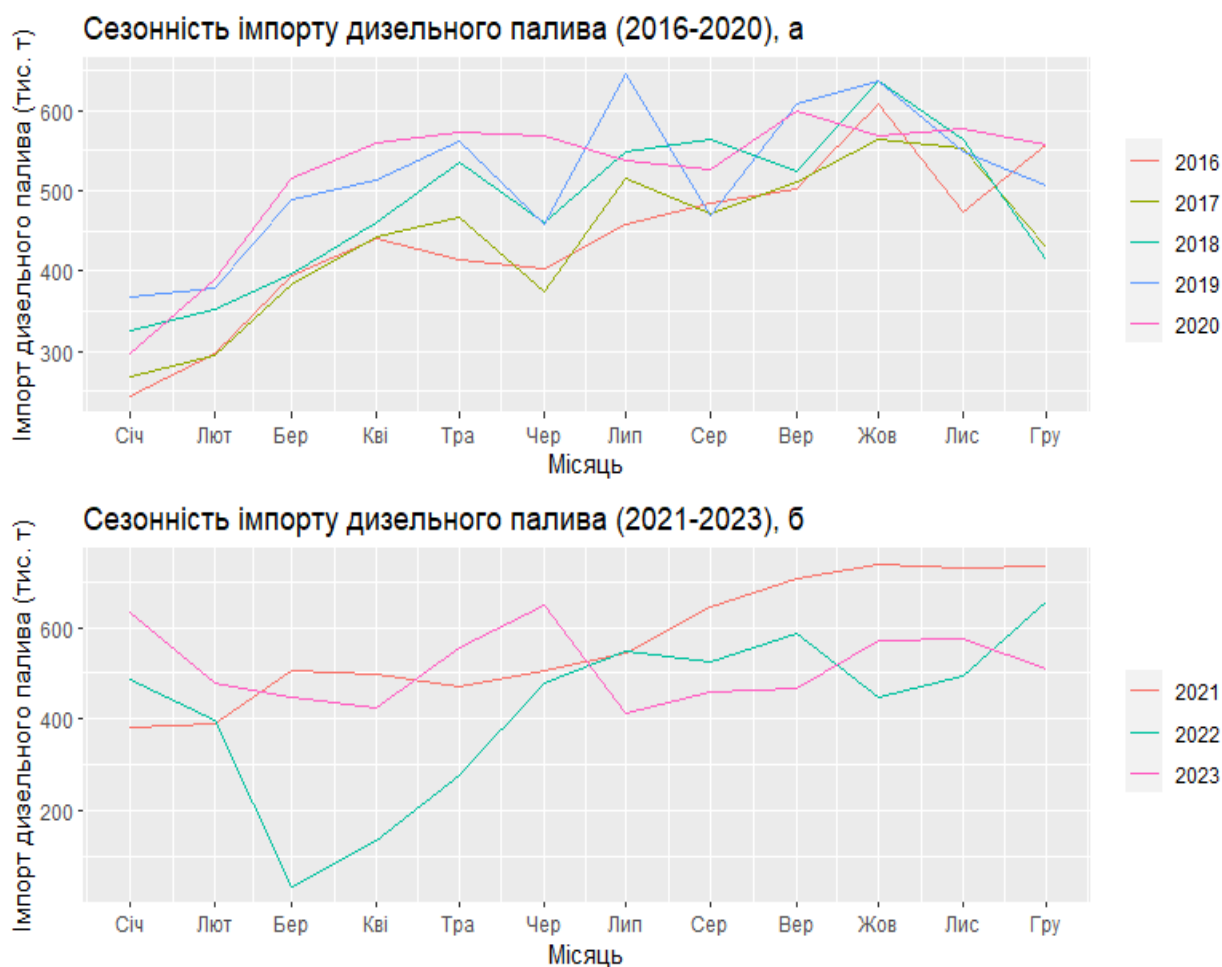


Рисунок 3.3 – Графік сезонності імпорту дизельного палива в Україні протягом 2016-2023 рр.

Джерело: створено автором на основі [12]

Додатково проведена STL-декомпозицію для розкладання часового ряду на сезонні, трендові та нерегулярні компоненти (рис 3.4).

Проаналізувавши графіки, представлені на рис. 3.4, можна дійти таких висновків:

- Тренд є нелінійним та має значні коливання; більшу частину періоду є загалом позитивним, а від початку 2022 року – спадним.
- Сезонність має певну стабільність в межах часового проміжку
- Залишки до 2022 року утворюють стаціонарний часовий ряд, а після 2022 року дисперсія ряду залишків суттєво зростає.

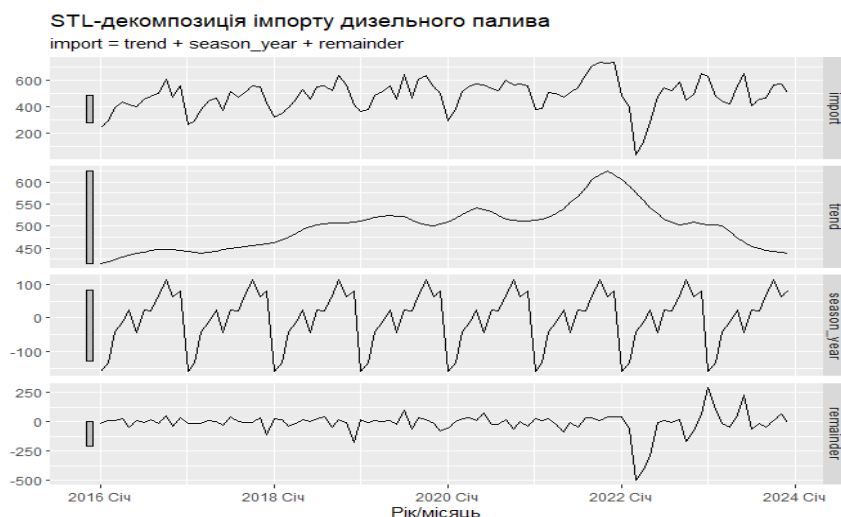


Рисунок 3.4 – Графік STL-декомпозиції імпорту дизельного палива в Україні протягом 2016-2023 рр.

Джерело: створено автором на основі [12]

Для підтвердження або спростування цих висновків застосовано вбудовану функцію `feasts`. Як видно з рис. 3.5, сезонність є сильною (коефіцієнт сезонності становить – 0,544), разом з тим тренд є слабким (коефіцієнт тренду становить – 0,282). При цьому найбільша сезонна складова припадає на жовтень, а найменша – на січень.

```
# A tibble: 1 x 10
  coef_hurst trend_strength seasonal_strength_year seasonal_peak_year seasonal_trough_year
1    0.965    0.282    0.544    10    1
```

Рисунок 3.5 – Розраховані показники за допомогою вбудованих функцій `feasts` для імпорту дизельного палива в Україні протягом 2016-2023 рр.

Джерело: створено автором на основі [12]

За оцінкою коефіцієнта Херста (0,965), який значно вищий за критичне значення 0,5, можна дійти висновку, що часовий ряд імпорту характеризується ефектом довготривалої пам'яті і має схильність наслідувати тренд (рис 3.5).

Зважаючи на характеристики часового ряду імпорту дизельного палива при прогнозуванні його майбутніх значень доцільно застосувати такі моделі:

- Модель Хольта-Вінтерса з демпфуванням.
- Сезонну модель ARIMA.
- Модель нейромережевої авторегресії.

Згідно моделі Хольта-Вінтерса з демпфуванням очікується зростання

імпорту дизельного палива протягом 2024 року з певною сезонністю (рис 3.6).

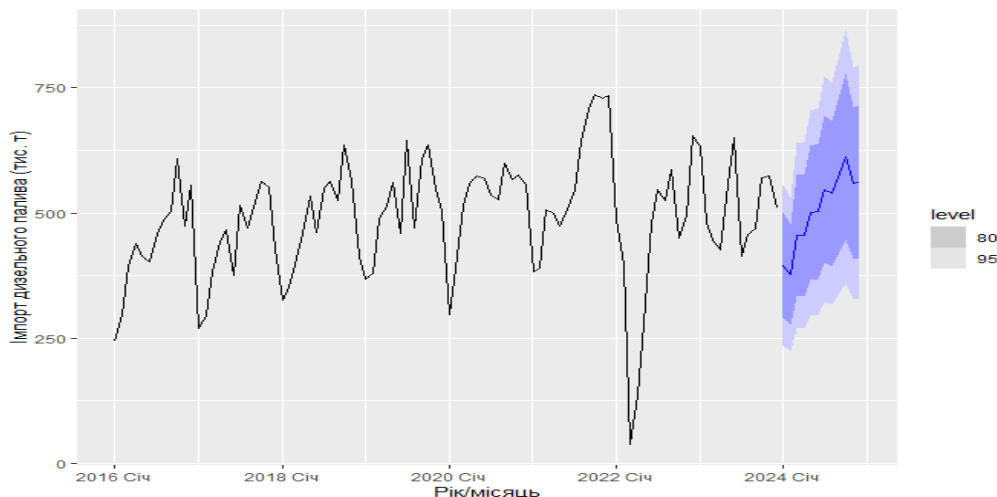


Рисунок 3.6 – Графік прогнозу імпорту дизельного палива в Україні на 2024 рік за моделлю Хольта-Вінтерса з демпфуванням.

Джерело: створено автором на основі [12]

Дослідження залишків цієї моделі (рис. 3.7) показує, що залишки коливаються навколо нуля до 2022 року, а від його початку мають два аномальних викиди.

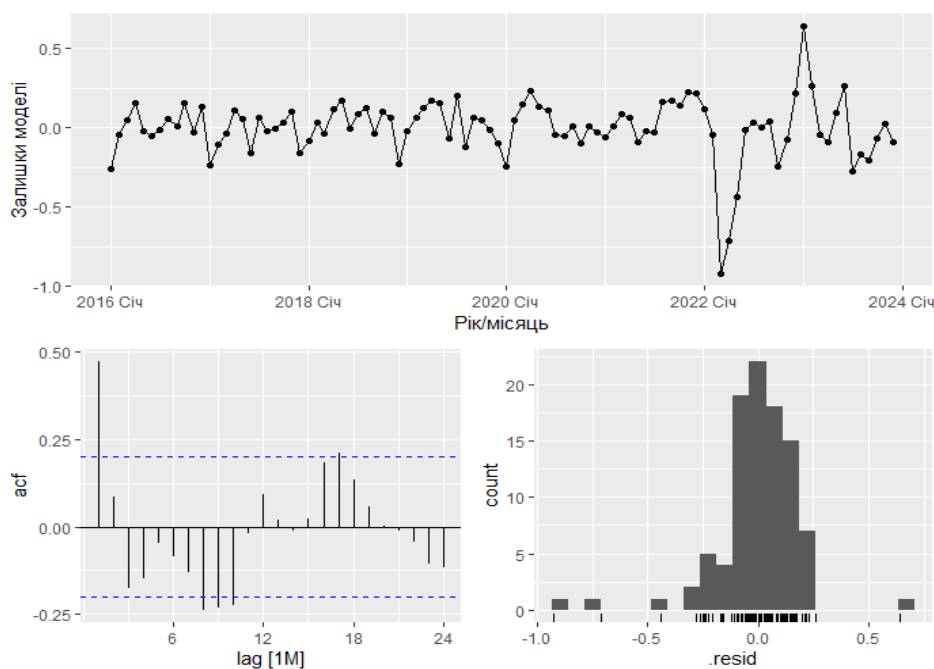


Рисунок 3.7 – Графік, автокореляційна функція та гістограма залишків побудованої моделі Хольта-Вінтерса з демпфуванням.

Джерело: створено автором на основі [12]

Перші два десятки лагів на графіку автокореляційної функції мають місцями значну автокореляцію, що вказує на наявність в залишках певної

структури, не врахованої моделлю. При збільшенні лагу автокореляція знижується і стає незначущою.

Розподіл залишків схожий на нормальний, але з певною лівосторонньою асиметрією. Також у залишках присутні кілька значних відхилень.

Загалом модель показала доволі адекватні результати прогнозування, але зважаючи на тенденцію залишків до автокореляції, відхилення у прогнозах виглядають досить значними.

Очевидно, що причиною значущості залишків є три аномально низькі значення імпорту дизельного палива протягом березня-травня 2022 року. У цей же період розгорталось повномасштабне російське вторгнення в Україну, що і призвело до падіння імпорту. Здійснена спроба усунути (згладити) ці значення та дослідити, наскільки такий крок посприяє покращенню прогнозної моделі.

Щоб позбутися аномальних значень початкового часового ряду, спробуємо замінити їх середніми величинами відповідних місяців за весь період дослідження і будемо нову модель Хольта-Вінтерса з демпфування, врахувавши модифіковані значення, та здійснимо прогноз на 2023 рік, аби порівняти, наскільки добре прогнозні значення відповідають реальним (рис. 3.8).

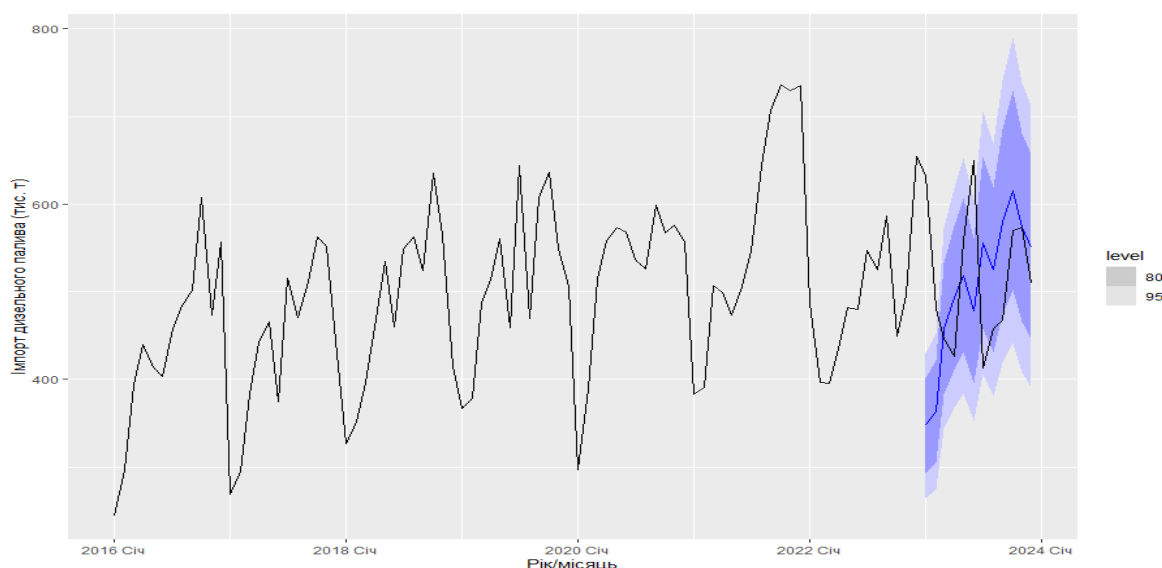


Рисунок 3.8 – Графік прогнозу імпорту дизпалива в Україні на 2023 рік за моделлю Хольта-Вінтерса з демпфуванням з виключенням аномальних значень.

Джерело: створено автором на основі [12]

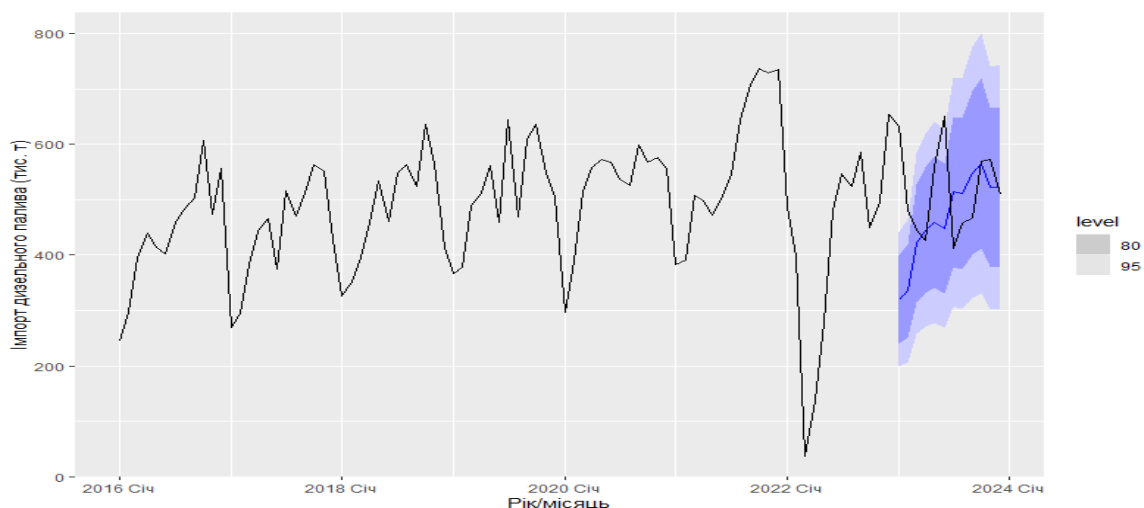


Рисунок 3.9 – Графік прогнозу імпорту дизпалива в Україні на 2023 рік за моделлю Хольта-Вінтерса з демпфуванням без виключення аномальних значень.

Джерело: створено автором на основі [12]

Аналіз залишків нової моделі (рис. 3.10) показує, що їхні характеристики більше відповідають якісним вимогам порівняно з попереднім варіантом цієї моделі. На графіку залишків можна бачити, що їх дисперсія є відносно постійною, а сам графік подібний до білого шуму. З графіку автокореляційної функції видно, що автокореляція залишків є незначущою. Також розподіл залишків на гістограмі дуже близький до нормального.

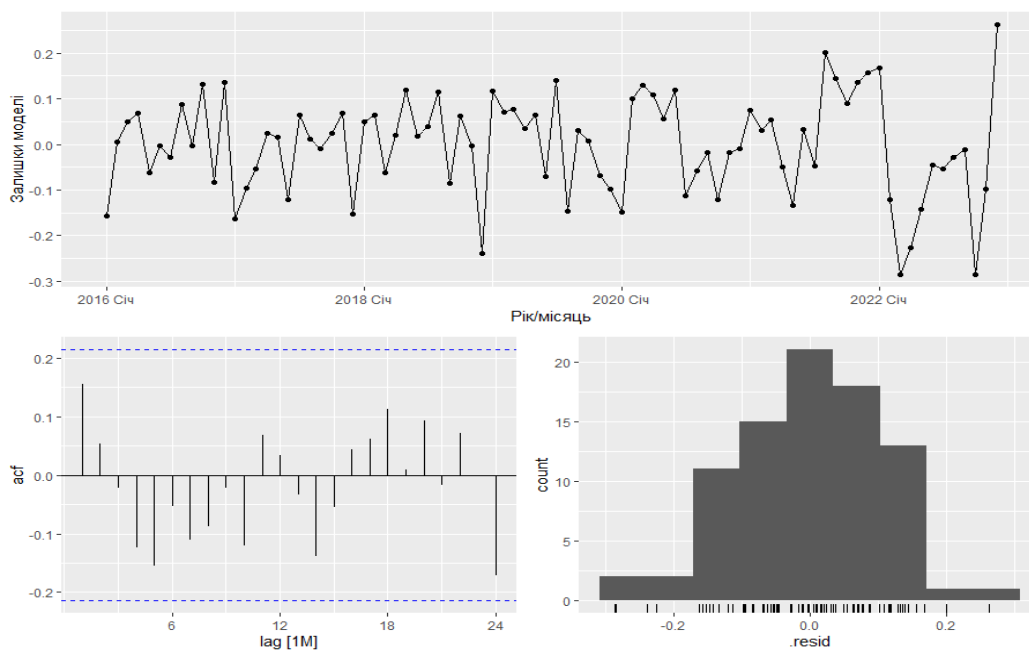


Рисунок 3.10 – Графік, автокореляційна функція та гістограма залишків нової побудованої моделі Хольта-Вінтерса з демпфуванням.

Джерело: створено автором на основі [12]

Однак при порівнянні прогнозних значень з реальними у 2023 році прогноз за згладженим рядом виглядає дещо завищеним, при тому, що прогноз за початковим рядом даних більше «усереднює» спостережені значення. У зв'язку з цим можна дійти висновку, що усування аномальних значень не значно поліпшує якість прогнозування.

Для реалізації моделі ARIMA застосовано вбудовану функцію `auto.arima`, яка автоматично підбирає параметри моделі для здійснення прогнозу на 2024 рік (рис. 3.11). На рис. 3.11 можна спостерігати значні коливання імпорту дизельного палива протягом 2024 року з двома піковими періодами.

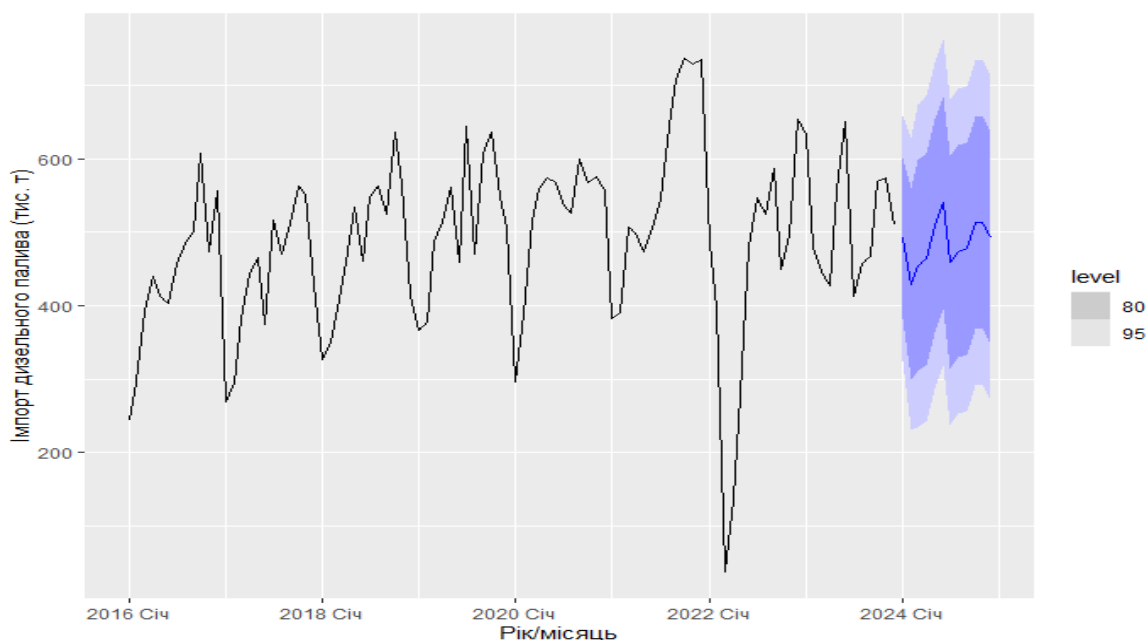


Рисунок 3.11 – Графік прогнозу імпорту дизельного палива в Україні на 2024 рік за сезонною моделлю ARIMA.

Джерело: створено автором на основі [12]

Дослідження залишків моделі показує, що вони коливаються навколо нуля, за винятком значного викиду у 2022 році (рис 3.12). Це вказує на відсутність трендів або сезонних компонент, які модель не врахувала.

Згідно графіку автокореляційної функції кореляційні залежності між елементами ряду залишків незначні.

Водночас розподіл залишків близький до нормального, але має лівосторонню асиметрію, що також вказує на присутність певних аномалій.

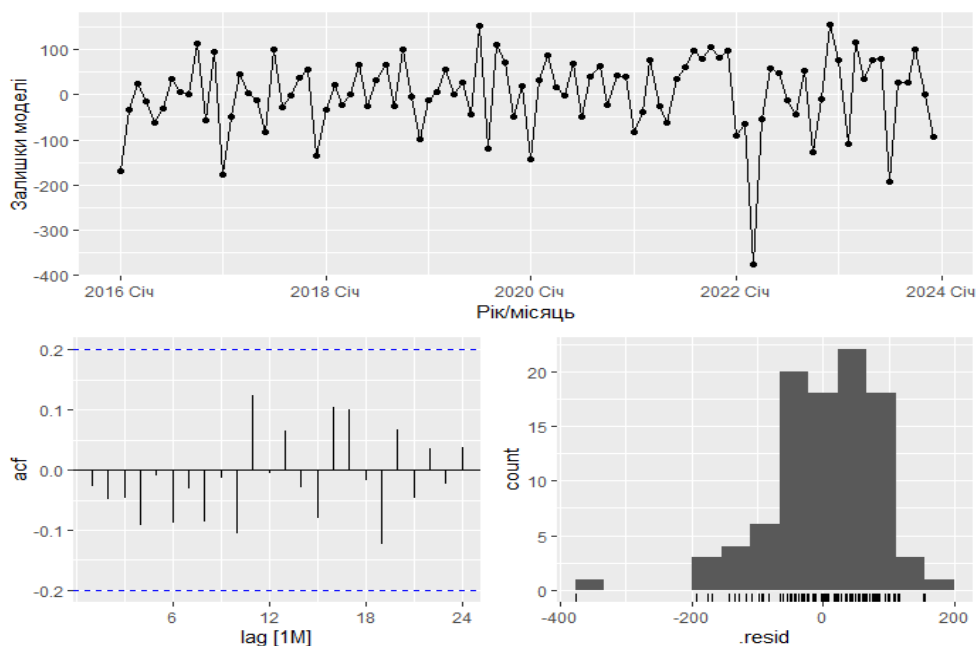


Рисунок 3.12 – Графік, автокореляційна функція та гістограма залишків побудованої сезонної моделі ARIMA.

Джерело: створено автором на основі [12]

Побудована сезонна модель ARIMA загалом виглядає досить якісно, незважаючи на певні аномалії у залишках.

Прогнозування імпорту дизельного палива в Україні на 2024 рік за моделлю нейромережевої авторегресії (рис. 3.13) показало суттєві коливання імпорту дизельного палива протягом 2024 року з трьома піковими періодами.

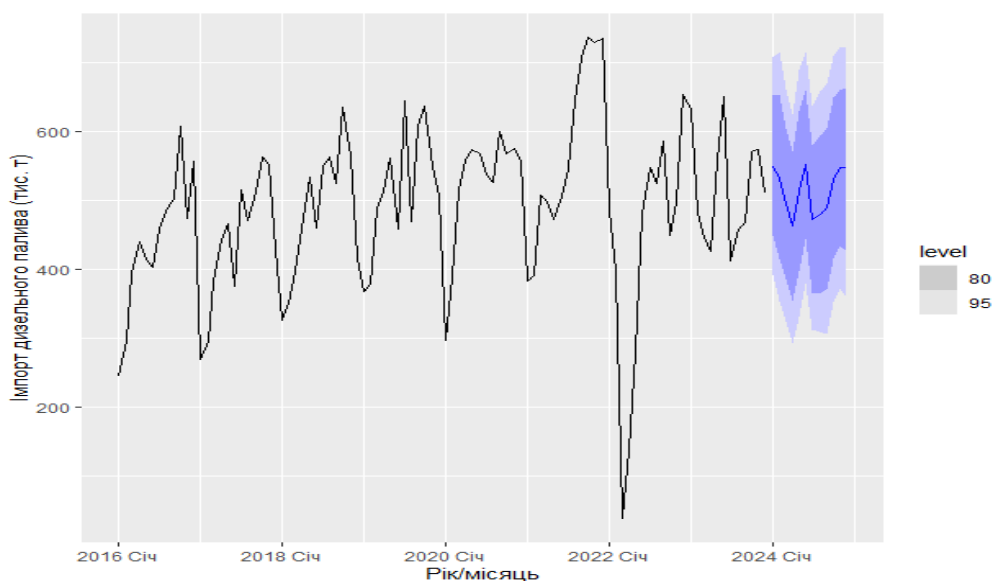


Рисунок 3.13 – Графік прогнозу імпорту дизельного палива в Україні на 2024 рік за моделлю нейромережевої авторегресії.

Джерело: створено автором на основі [12]

Аналіз залишків моделі, представлений на рис 3.14, показав, що залишки коливаються навколо нуля у період стабільного розвитку і мають низку відхилень від початку 2022 року.

На графіку автокореляційної функції присутнє лише одне критичне значення автокореляції на четвертому лазі, що може бути наслідком періодичних коливань початкового ряду даних.

З гістограми видно, що більшість залишків зосереджені навколо нуля та розподіл загалом схожий на нормальний, але є кілька відхилень, що вказує на наявність певних аномалій чи викидів у часовому ряді.

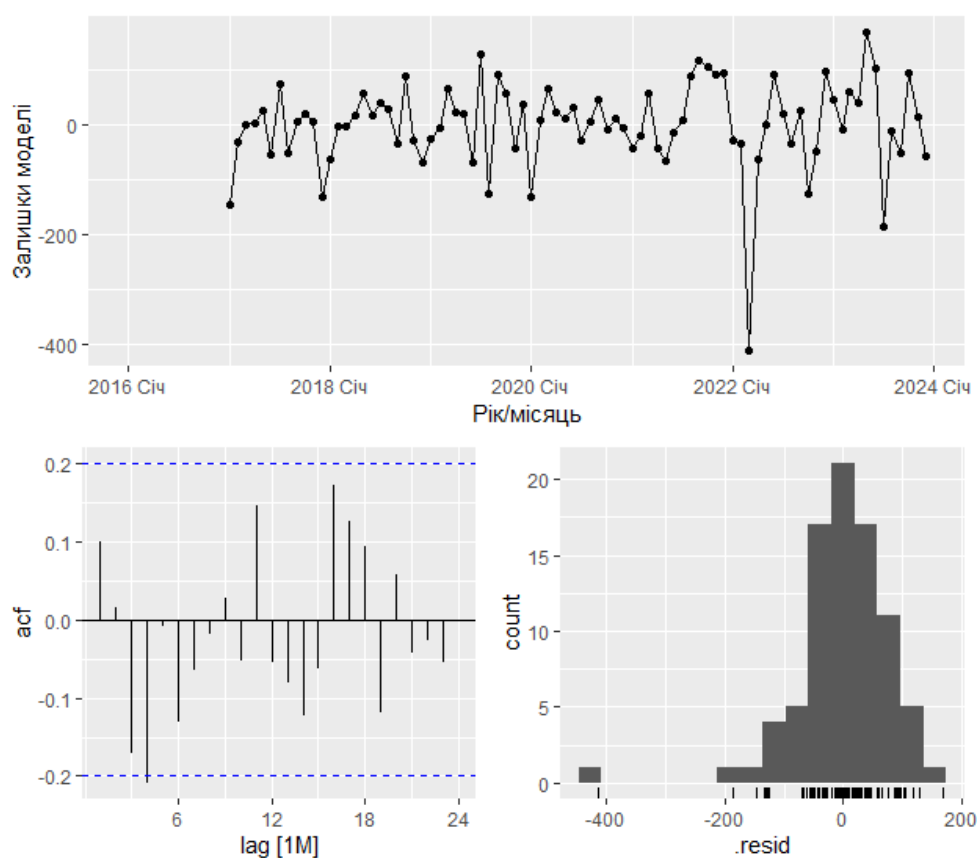


Рисунок 3.14 – Графік, автокореляційна функція та гістограма залишків побудованої моделі неймережевої авторегресії.

Джерело: створено автором на основі [12]

Модель неймережевої авторегресії загалом виглядає адекватно та є придатною для прогнозування.

Для розрахунку оцінок точності побудованих моделей скористаємося перехресним затвердженням часових рядів за методом розтягнення з вікном довжиною у дванадцять спостережень та кроком в три спостереження.

Створивши набір нових моделей за методом розтягнення, спрогнозуємо на їхній основі значення на три кроки вперед та розрахуємо оцінки точності (рис. 3.15).

Оцінки точності використовуються для вимірювання відхилень між прогнозованими значеннями та фактичними значеннями в прогнозуванні. Загальний принцип оцінки цих показників такий: що менше/ближче показник до нуля, то краще модель виконує свою задачу прогнозування.

```
# A tibble: 3 x 10
  .model .type    ME  RMSE  MAE  MPE  MAPE  MASE  RMSSE  ACF1
<chr>   <chr>   <dbl> <dbl> <dbl> <dbl> <dbl> <dbl> <dbl> <dbl>
1 HWD    Test   -3.26  117.  80.5 -22.4  36.6  0.938  0.930  0.471
2 NNAR   Test  -13.5  130.  92.1 -20.9  35.5  1.07  1.03  0.248
3 SARIMA Test    6.92  109.  79.5 -23.7  39.1  0.926  0.862  0.292
```

Рисунок 3.15 – Оцінки точності прогнозування імпорту дизельного палива для кожної побудованої моделі.

Джерело: створено автором на основі [12]

Вважається, що кращою є модель прогнозування з найменшою середньоквадратичною похибкою (MSE) чи коренем із неї (RMSE) [35], хоча іноді також варто враховувати середню абсолютну відсоткову похибку (MAPE), оскільки вона не залежить від масштабу даних, проте може мати певні викривлення через асиметричну реакцію на позитивні та негативні похибки.

Як видно з рис. 3.15, найкраща модель за RMSE – сезонна ARIMA, тоді як за MAPE – нейромережева авторегресія. Проте з урахуванням усіх інших показників, з'являються підстави визнати загальну перевагу сезонної моделі ARIMA.

При дослідженні часового ряду обсягів споживання дизельного палива спостерігається значна подібність до змінювання рівнів часового ряду обсягів імпорту цього продукту. В умовах, коли частка власного виробництва є незначною, подібність поведінки обох часових рядів є цілком зрозумілою. Незначні розбіжності їхніх значень можна пояснювати можливим створенням стратегічного резерву дизельного палива.

Загальні характеристики ряду (рис. 3.16) подібні до показників, представлених на рис. 3.1 для часового ряду обсягів імпорту палива.

```
# A tibble: 1 x 7
  mean standard_deviation `quantiles.0%` `quantiles.25%` `quantiles.50%` `quantiles.75%` `quantiles.100%`
  <dbl>                <dbl>          <dbl>          <dbl>          <dbl>          <dbl>          <dbl>
1  541.                130.            37            467.           548.           624.           832
```

Рисунок 3.16 – Розраховані статистики споживання дизельного палива в Україні протягом 2016-2023 рр.

Джерело: створено автором на основі [12]

Середнє значення споживання становить 541 тис. т проти 488 тис. т попереднього ряду, водночас середньоквадратичне відхилення – 130 тис. т проти 119 тис. т. Квантилі показують, що споживання дизельного палива має відносно рівномірний розподіл без значних перекосів. Медіана знаходиться близько до середнього значення, що вказує на відносно симетричний розподіл даних. Однак, значні різниці між мінімумом та максимумом говорять про можливу наявність екстремальних значень.

Як видно з рис. 3.17, споживання дизельного палива до кінця 2020 року мало тенденцію до помірного зростання, але з 2021 року (наслідок карантинних обмежень в Україні) спостерігається поступовий спад.

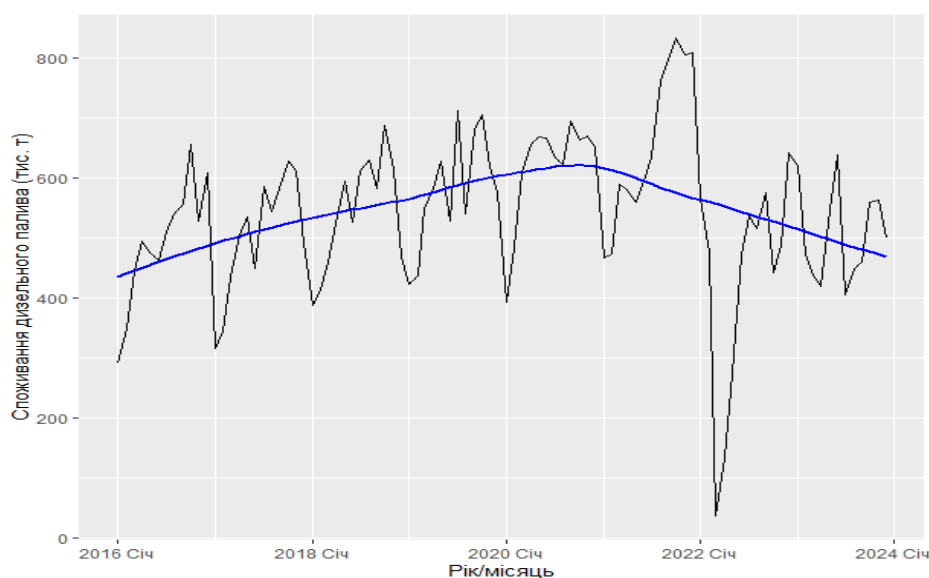


Рисунок 3.17 – Графік споживання дизельного палива в Україні протягом 2016-2023 рр. з лінією тренду.

Джерело: створено автором на основі [12]

Проведено STL-декомпозицію часового ряду (рис. 3.18). Відповідний аналіз графіків дає змогу дійти таких висновків:

- Тренд не має значних коливань, присутня певна лінійність; до 2020 року є загалом позитивним; від початку 2021 року – спадним.
- Сезонна компонента та тренд мають приблизно однаково вагу в межах часового ряду.
- Залишки суттєво змінюють характер поведінки від 2022 року.

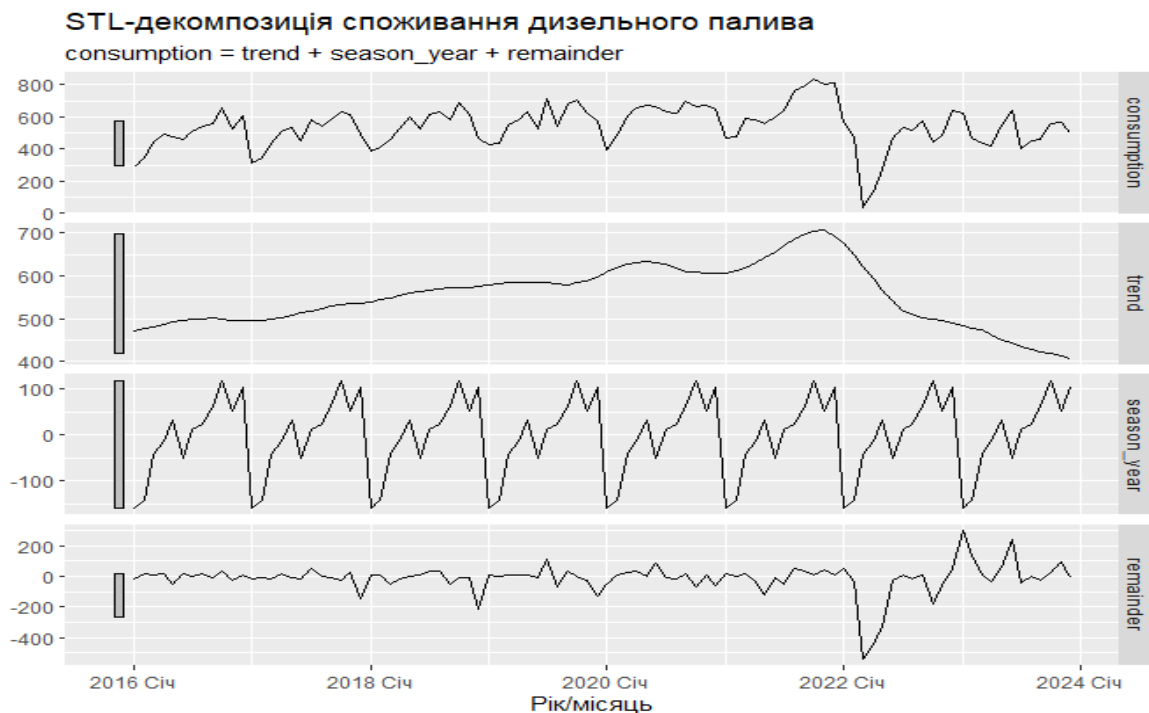


Рисунок 3.18 – Графік STL-декомпозиції споживання дизельного палива в Україні протягом 2016-2023 рр.

Джерело: створено автором на основі [12]

Структурні характеристики ряду, обчислені за допомогою вбудованих функцій feasts, мають такі значення (рис. 3.19). Отож, як сезонність, так і тренд є помірно сильними (0,419 та 0,521 відповідно). При цьому найбільша сезонна складова припадає на жовтень, а найменша – на січень.

```
# A tibble: 1 x 10
  coef_hurst trend_strength seasonal_strength_year seasonal_peak_year seasonal_trough_year
  <dbl>      <dbl>          <dbl>          <dbl>          <dbl>
1    0.974    0.419          0.521          10           1
```

Рисунок 3.19 – Розраховані показники для споживання дизельного палива в Україні протягом 2016-2023 рр.

Джерело: створено автором на основі [12]

Як і в попередньому випадку, значення коефіцієнт Херста (0,974) суттєво вищий за критичну межу 0,5, тобто часовий ряд споживання характеризується ефектом довготривалої пам'яті і має схильність наслідувати тренд (рис 3.19).

Для прогнозування споживання дизельного палива в Україні на 2024 рік застосовано:

- Модель Хольта-Вінтерса з демпфуванням.
- Сезонна модель ARIMA.
- Модель нейромережевої авторегресії.

Результати прогнозування споживання дизельного палива за моделлю Хольта-Вінтерса з демпфуванням на 2024 рік представлено на рис 3.20. На графіку спостерігаємо поступове зростання споживання дизельного палива протягом 2024 року за певною існуючою сезонністю та трендом.

Аналіз залишків моделі (рис. 3.21) призводить до схожих результатів, отриманих щодо часового ряду обсягу імпорту дизельного палива.

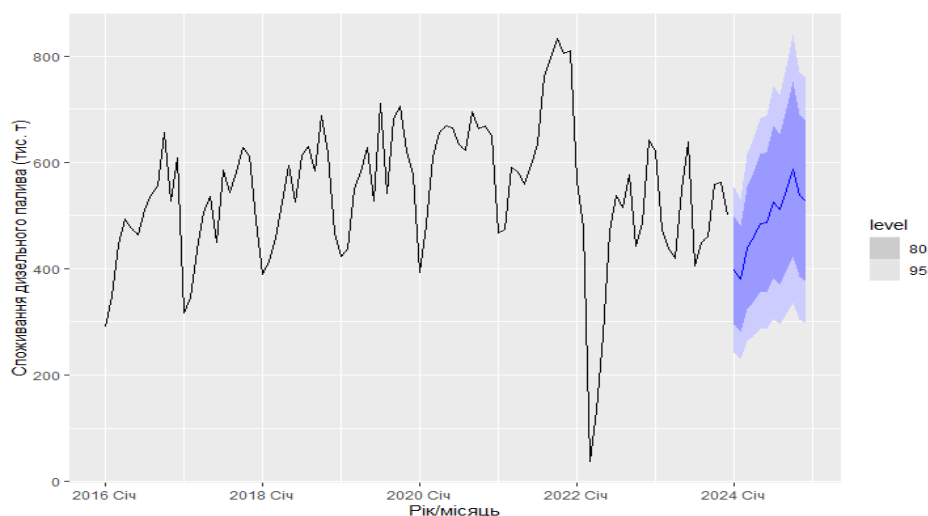


Рисунок 3.20 – Графік прогнозу споживання дизельного палива в Україні на 2024 рік за моделлю Хольта-Вінтерса з демпфуванням.

Джерело: створено автором на основі [12]

Як видно з графіку на рис 3.21, залишки переважно розподілені навколо нульового значення з аномальними стрибками протягом 2022 року, більшість значень на графіку автокореляційної функції знаходяться в межах незначущості, розподіл залишків близький до нормального, без суттєвої асиметрії, але присутні кілька відхилень, що може свідчити про наявність викидів.

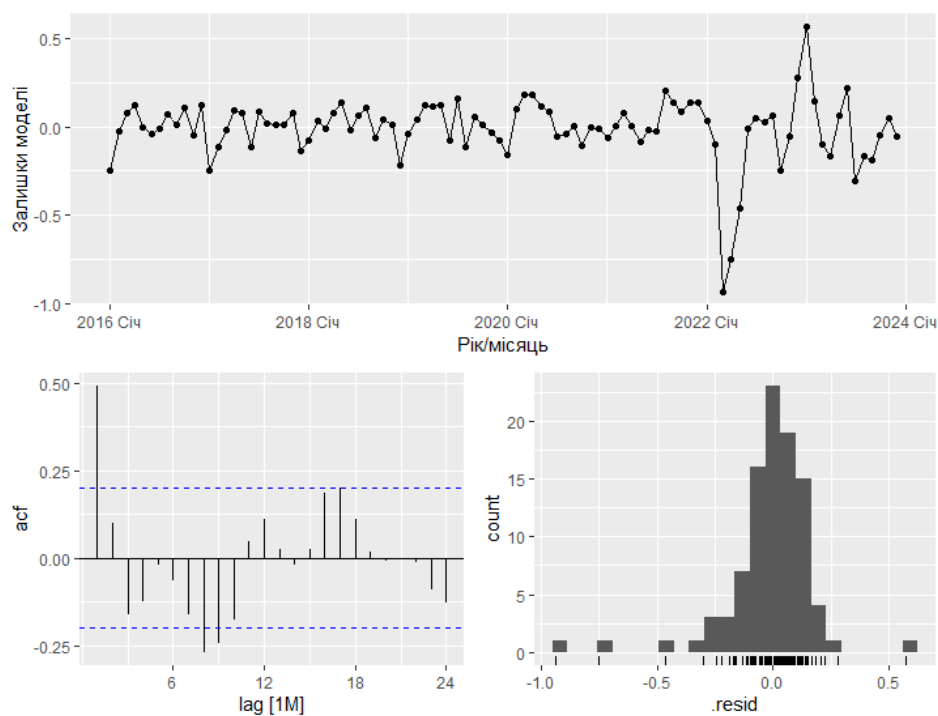


Рисунок 3.21 – Графік, автокореляційна функція та гістограма залишків побудованої моделі Хольта-Вінтерса з демпфуванням.

Джерело: створено автором на основі [12]

Прогноз на 2024 рік представлено на рис 3.22.

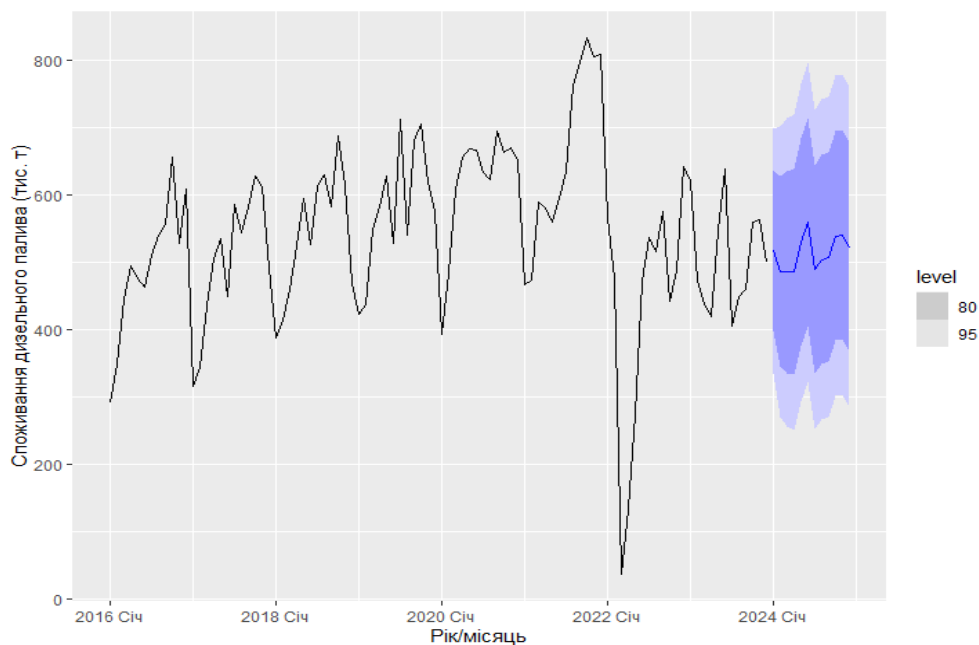


Рисунок 3.22 – Графік прогнозу споживання дизельного палива в Україні на 2024 рік за сезонною моделлю ARIMA.

Джерело: створено автором на основі [12]

На графіку залишків (рис 3.23) спостерігається їх коливання навколо нульової лінії за винятком одного аномального викиду у січні 2022 року.

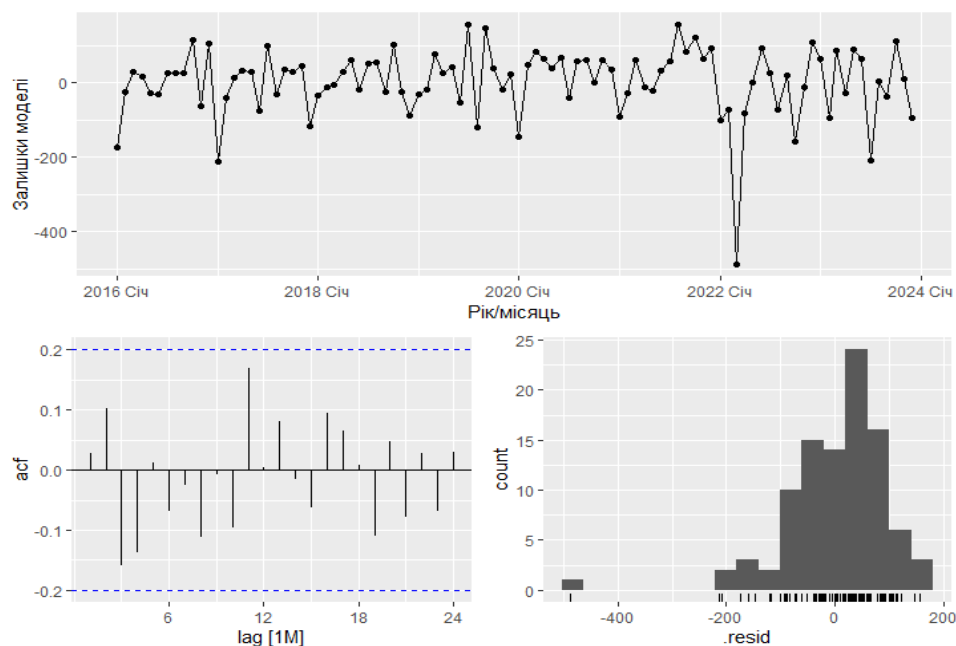


Рисунок 3.23 – Графік, автокореляційна функція та гістограма залишків побудованої сезонної моделі ARIMA.

Джерело: створено автором на основі [12]

Прогнозування споживання дизельного палива в Україні на 2024 за моделлю нейромережевої авторегресії представлено на рис. 3.24.

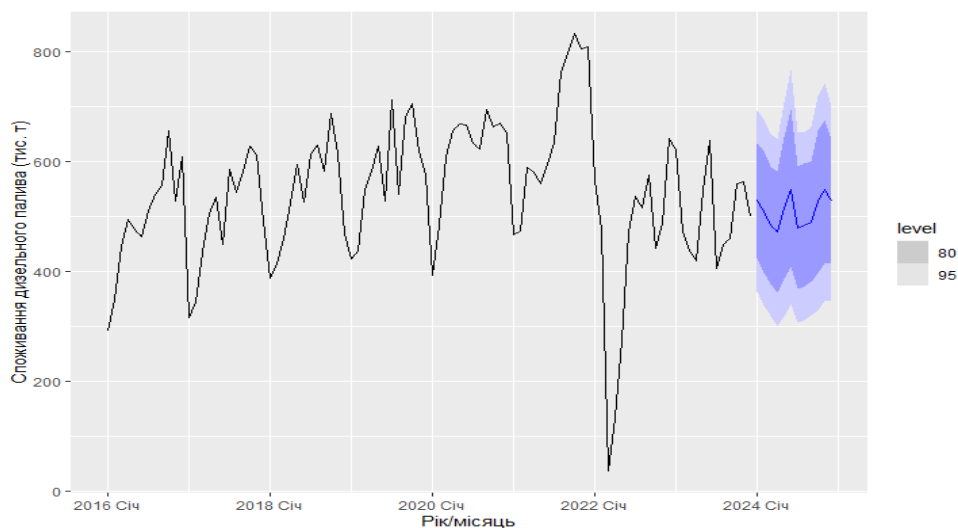


Рисунок 3.24 – Графік прогнозу споживання дизельного палива в Україні на 2024 рік за моделлю нейромережевої авторегресії.

Джерело: створено автором на основі [12]

Аналіз залишків (рис 3.25) показує, що залишки моделі загалом коливаються навколо нуля, крім аномального випадку у січні 2022 року, на графіку автокореляційної функції присутнє лише одне критичне значення автокореляції на одинадцятому лазі.

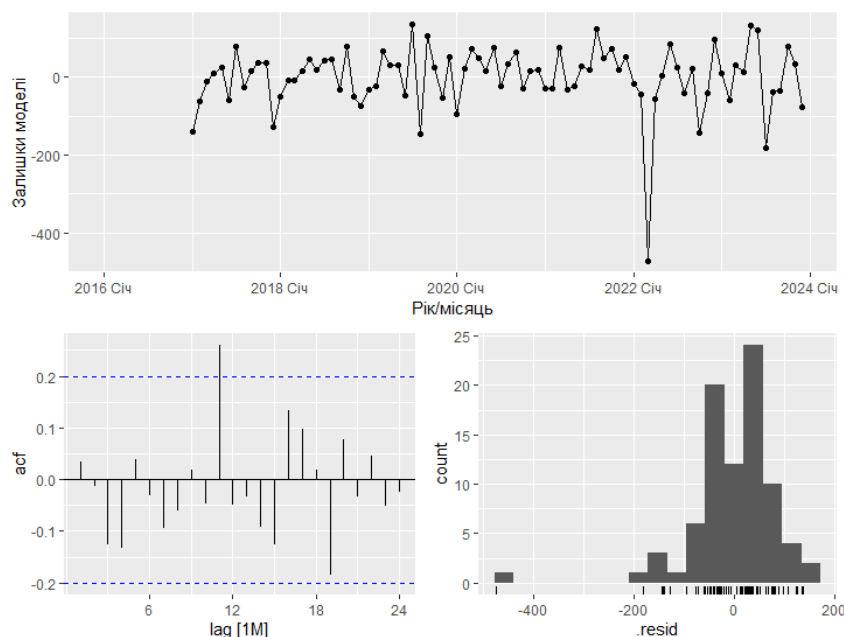


Рисунок 3.25 – Графік, автокореляційна функція та гістограма залишків побудованої моделі нейромережевої авторегресії.

Джерело: створено автором на основі [12]

Гістограма залишків (рис. 3.25) на відміну від попередніх моделей мало нагадує нормальний розподіл, хоча залишки і схильні центруватися навколо нуля. Загалом є чимало відхилень, зокрема присутня легка лівостороння асиметрія.

Загалом модель нейромережевої авторегресії виглядає відносно адекватно та здатна прогнозувати споживання дизельного палива.

Для розрахунку оцінок точності побудованих моделей скористаємося перехресним затвердженням часових рядів за методом розтягнення з вікном довжиною у дванадцять спостережень та кроком в три спостереження.

Створивши набір нових моделей за методом розтягнення, спрогнозуємо на їхній основі значення на три кроки вперед та розрахуємо оцінки точності (рис. 3.26).

```
# A tibble: 3 x 10
  .model .type    ME  RMSE  MAE  MPE  MAPE  MASE  RMSSE  ACF1
  <chr>  <chr>  <dbl> <dbl> <dbl> <dbl> <dbl> <dbl> <dbl>
1 HWD    Test  -12.7  134.  88.4 -27.7  40.7  0.908  0.927  0.557
2 NNAR   Test  -44.6  169.  112. -27.5  39.2  1.15   1.17   0.212
3 SARIMA Test    5.71  116.  83.6 -26.1  40.0  0.858  0.802  0.321
```

Рисунок 3.26 – Оцінки точності прогнозування споживання дизельного палива для кожної побудованої моделі.

Джерело: створено автором на основі [12]

Як видно з рис. 3.26, найкраща модель за RMSE – сезонна ARIMA, тоді як за MAPE – нейромережева авторегресія. Але з урахуванням усіх інших показників, є підстави визнати загальну перевагу сезонної моделі ARIMA.

3.2 Аналіз та прогнозування середньої ціни дизельного палива в Україні

Згідно описової статистики часового ряду середньої ціни дизельного палива отримано, що середнє значення середньої ціни дизельного палива становить 688 дол. США за т, разом з тим середньоквадратичне відхилення – 298 дол. США, тобто розкид значень є помірним. Квантилі показують, що середня ціна дизельного палива має досить рівномірний розподіл без значних перекосів. Медіана близька до середнього значення, що вказує на відносно симетричний розподіл даних. Проте суттєві різниці між мінімумом та максимумом говорять про можливу присутність екстремальних значень.

Оскільки ціни залежать від рівня інфляції, то будемо два графіки рівнів ряду: за відомими значеннями і значеннями, скоригованими за рівнем інфляції (рис. 3.27).

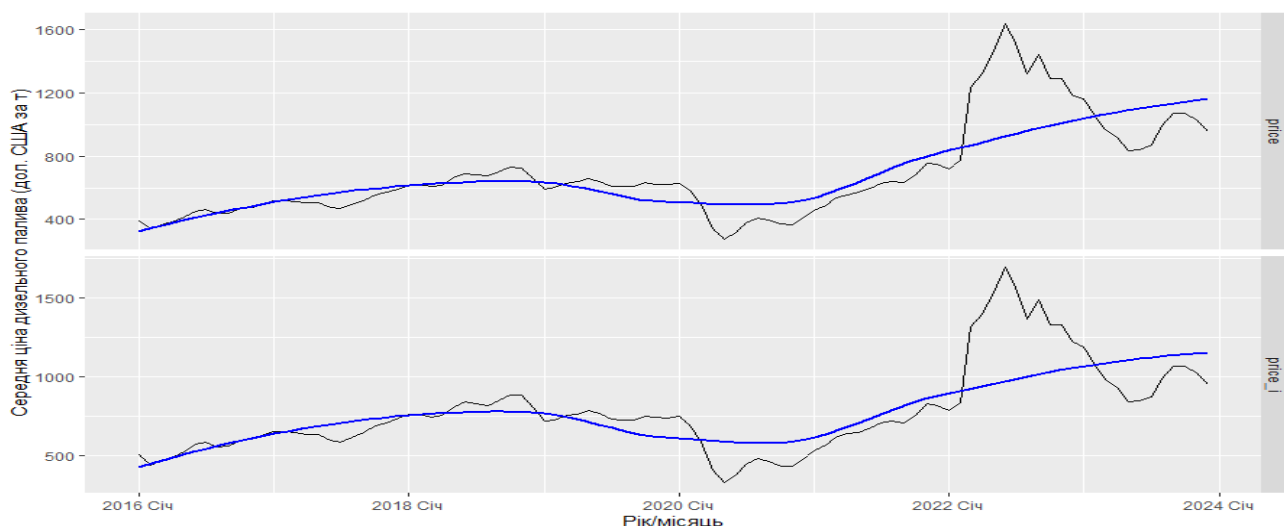


Рисунок 3.27 – Графіки середніх цін (базової та скоригованої) дизельного палива в Україні протягом 2016-2023 рр. з лініями тренду.

Джерело: створено автором на основі [12]

При порівнянні скоригованого часового ряду із базовим візуально особливих змін не спостерігається, що може бути пов'язано зі стабільністю долара США як світової валюти.

Згідно наведених графіків (рис. 3.27), середня ціна дизельного палива загалом має тенденцію до помірного зростання протягом досліджуваного періоду, окрім тимчасового спаду, що мав місце у 2020-2021 рр. у період пандемії.

Проведена STL-декомпозиція для розкладання часового ряду на сезонні, трендові та нерегулярні компоненти (рис 3.28) дає змогу дійти таких висновків:

- Тренд має суттєвий вплив на часовий ряд; більшу частину періоду тренд є позитивним.
- Сезонна компонента є несуттєвою.
- Залишки демонструють стабільний характер окрім аномальних викидів у 2022 році.

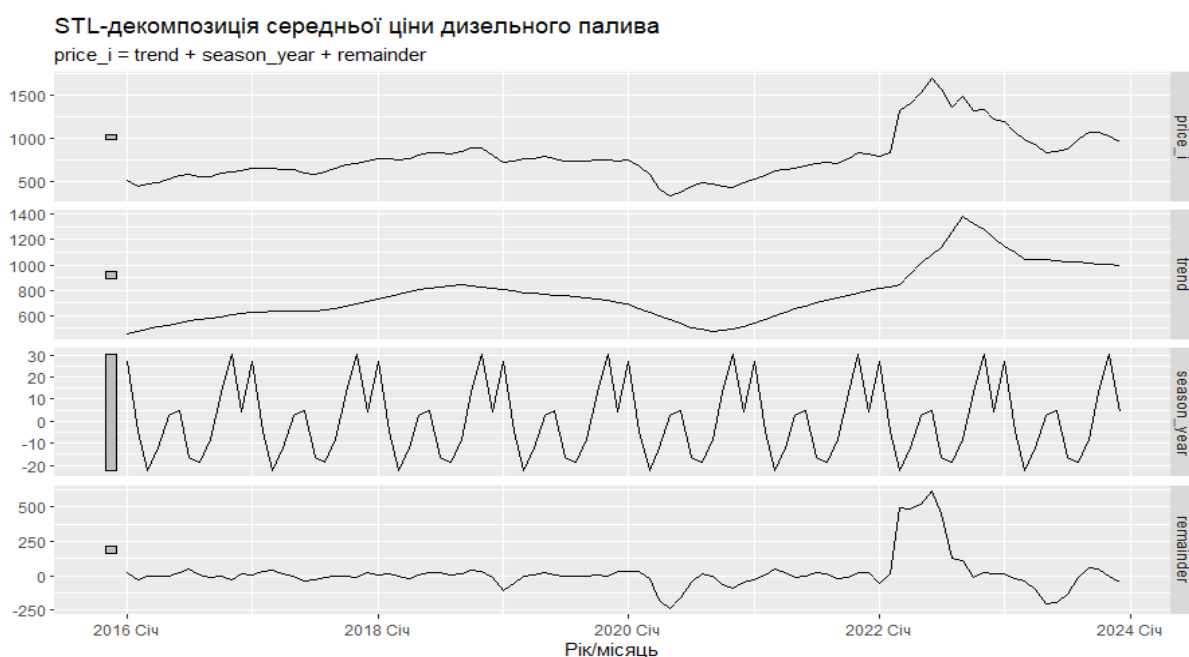


Рисунок 3.28 – Графік STL-декомпозиції середньої ціни дизельного палива в Україні протягом 2016-2023 рр.

Джерело: створено автором на основі [12]

Вбудовані функції *feasts* (рис. 3.29) показують, що тренд є досить сильним (0,882), тоді як сезонність не є істотною (0,061) при формуванні середньої ціни дизельного палива. Зокрема можна відмітити, що найбільша сезонна складова припадає на вересень, а найменша – на лютий.

```
# A tibble: 1 x 10
  coef_hurst trend_strength seasonal_strength_year seasonal_peak_year seasonal_trough_year
  <dbl>      <dbl>      <dbl>      <dbl>      <dbl>
1    0.996    0.882    0.0609      9      2
```

Рисунок 3.29 – Розраховані показники за допомогою вбудованих функцій feasts для середньої ціни дизельного палива в Україні протягом 2016-2023 рр.

Джерело: створено автором на основі [12]

Значення коефіцієнт Херста (0,996) суттєво перевищує критичну межу 0,5, тобто часовий ряд середньої ціни характеризується ефектом довготривалої пам'яті і має схильність наслідувати тренд (рис 3.29).

Для прогнозування середньої ціни дизельного палива в Україні застосовано:

- Модель Хольта-Вінтерса з демпфуванням.
- Модель ARIMA.
- Модель нейромережевої авторегресії.

За моделлю Хольта-Вінтерса з демпфуванням, отримано прогноз середньої ціни дизельного палива на 2024 рік (рис 3.30). На графіку спостерігається досить помірне зростання середньої ціни дизельного палива протягом 2024 року з невеликими коливаннями.

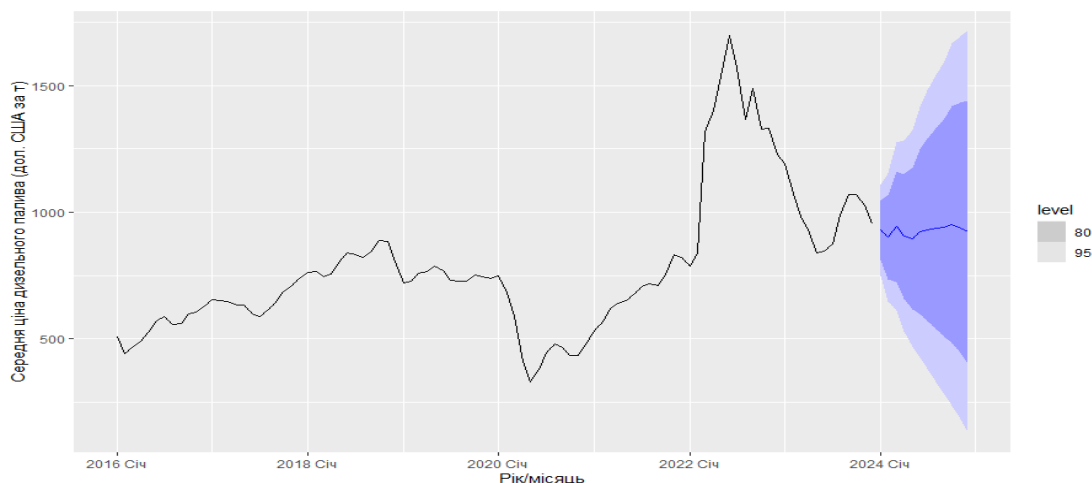


Рисунок 3.30 – Графік прогнозу середньої ціни дизельного палива в Україні на 2024 рік за моделлю Хольта-Вінтерса з демпфуванням.

Джерело: створено автором на основі [12]

Як видно з графіку на рис 3.31, залишки розподілені навколо нульової лінії, тобто дисперсія відносно постійна. Проте можна помітити два аномальні стрибки залишків, що може вказувати присутність викидів в даних.

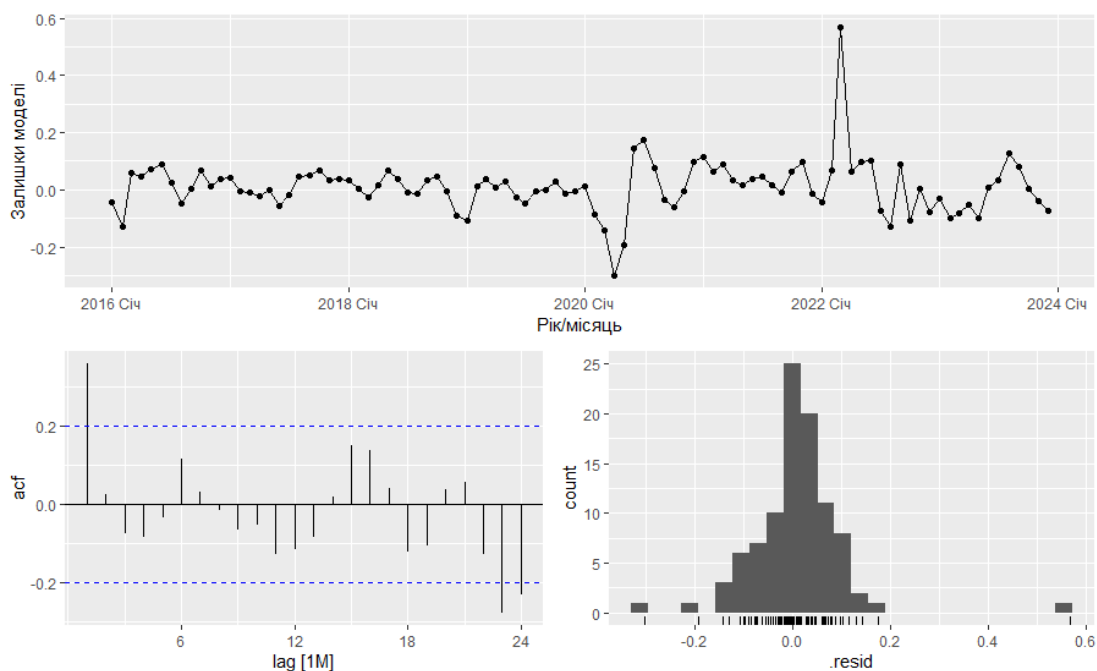


Рисунок 3.31 – Графік, автокореляційна функція та гістограма залишків побудованої моделі Хольта-Вінтерса з демпфуванням.

Джерело: створено автором на основі [12]

Розподіл залишків виглядає майже нормальним з невеликою асиметрією. Разом з тим присутні кілька відхилень, що може свідчити про наявність викидів.

Згідно сезонної моделі ARIMA (рис 3.32) очікується стабільність середньої ціни дизельного палива протягом 2024 року.

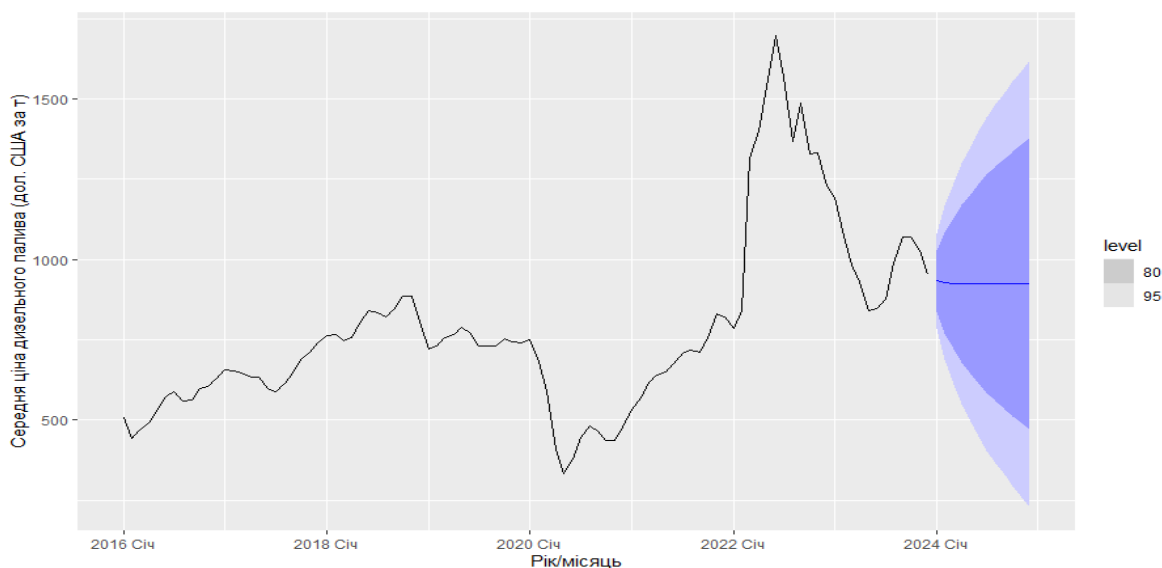


Рисунок 3.32 – Графік прогнозу середньої ціни дизельного палива в Україні на 2024 рік за моделлю ARIMA.

Джерело: створено автором на основі [12]

Аналіз залишків моделі представлено на рис. 3.33.

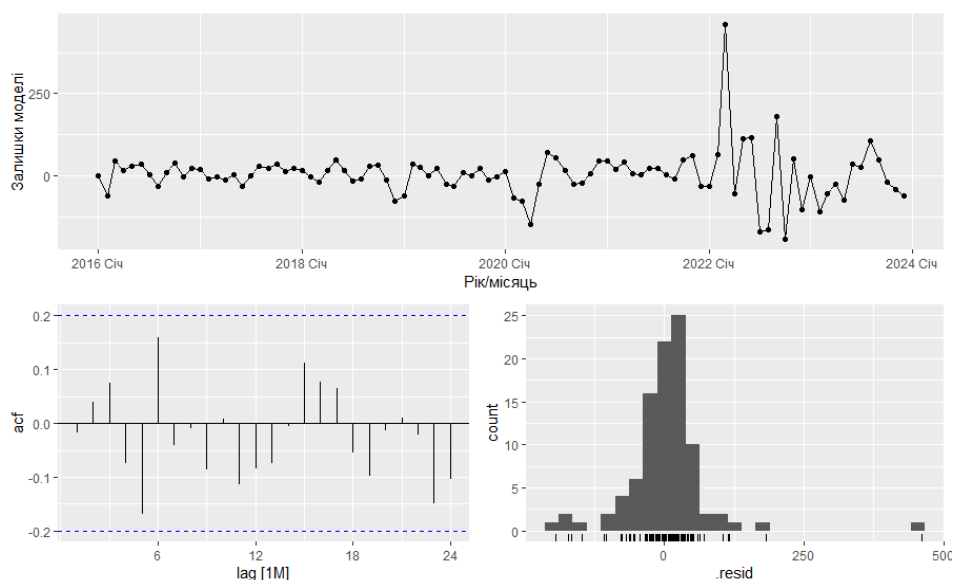


Рисунок 3.33 – Графік, автокореляційна функція та гістограма залишків побудованої моделі ARIMA.

Джерело: створено автором на основі [12]

З наведених графіків випливає, що залишки моделі близькі до нуля за винятком аномалій у 2020 році, автокореляція в залишках не спостерігається. Відповідно до гістограми більшість залишків моделі зосереджена навколо нуля, а розподіл нагадує нормальний з незначною лівосторонньою асиметрією.

Отже, побудована модель ARIMA, незважаючи на специфічність побудованого прогнозу, виглядає досить адекватно та не має явних недоліків.

Прогноз середньої ціни дизельного палива в Україні на 2024 рік за моделлю нейромережевої авторегресії (рис. 3.34) передбачає поступове зниження середньої ціни дизельного палива протягом 2024 року.

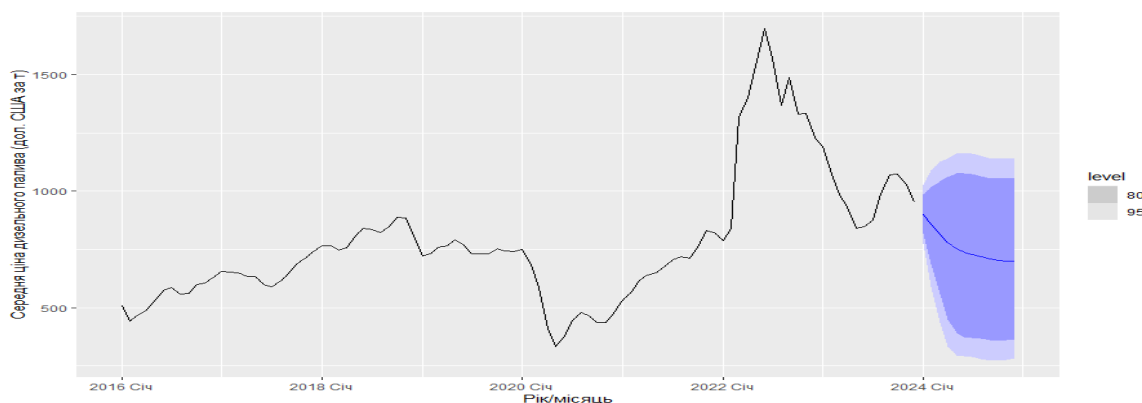


Рисунок 3.34 – Графік прогнозу середньої ціни дизельного палива в Україні на 2024 рік за моделлю нейромережевої авторегресії.

Джерело: створено автором на основі [12]

Як видно з графіку на рис. 3.35, залишки здебільшого коливаються навколо нульового рівня, але спостерігаються окремі різкі відхилення, особливо у 2022 році, що є наслідком наявності викидів у даних.

На графіку автокореляційної функції немає критичних значень автокореляції, тому можна говорити про відсутність автокореляції залишків.

Гістограма залишків близька до нормального розподілу, але присутня низка відхилень, що може говорити про існування викидів у даних.

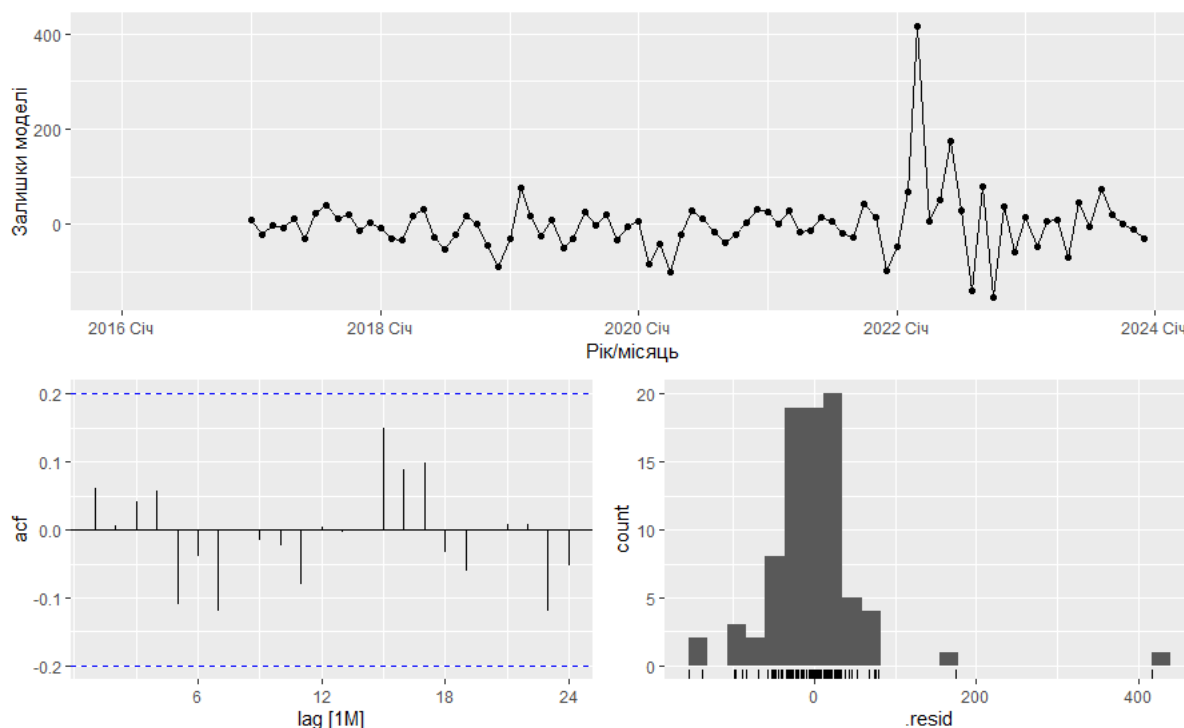


Рисунок 3.35 – Графік, автокореляційна функція та гістограма залишків побудованої моделі нейромережевої авторегресії.

Джерело: створено автором на основі [12]

На підставі проведеного аналізу залишків доходимо висновку, що модель нейромережевої авторегресії є досить якісною та здатна відносно коректно прогнозувати середню ціну дизельного палива.

Для розрахунку оцінок точності побудованих моделей скористаємося перехресним затвердженням часових рядів за методом розтягнення з вікном довжиною у дванадцять спостережень та кроком в три спостереження.

Створивши набір нових моделей за методом розтягнення, спрогнозуємо на їхній основі значення на три кроки вперед та розрахуємо оцінки точності (рис. 3.36).

```
# A tibble: 3 x 10
  .model .type      ME  RMSE  MAE      MPE  MAPE  MASE  RMSSE  ACF1
  <chr>   <chr>   <dbl> <dbl> <dbl>   <dbl> <dbl> <dbl> <dbl> <dbl>
1 HWD     Test    -3.67  145.  98.4   -1.33  12.3  0.357  0.402  0.540
2 NNAR     Test    15.5   174. 106.    0.0125 12.4  0.385  0.481  0.609
3 SARIMA  Test   -28.2   130.  82.3   -2.72   9.35  0.298  0.360  0.504
```

Рисунок 3.36 – Оцінки точності прогнозування середньої ціни дизельного палива для кожної побудованої моделі.

Джерело: створено автором на основі [12]

Як видно з рис. 3.36, найкращою моделлю за RMSE та MAPE є ARIMA, інші показники також підтверджують цей висновок, тому маємо всі підстави визнати загальну перевагу моделі ARIMA.

3.3 Оцінювання потенціалу виробництва біодизельного палива в Україні за допомогою імітаційного методу Монте-Карло

Модель імітаційного моделювання ринку біодизельного палива на основі моделі ринку ріпаку та його основних похідних продуктів, що представлені в п. 2.3, реалізована за допомогою мови програмування R в інтегрованому середовищі розробки RStudio.

Вхідними даними для моделі є такі показники ринків ріпаку та дизельного палива України за 2023 рік [12, 39]:

1. Валовий збір ріпаку – 41 836,5 тис. ц.
2. Споживання дизельного палива – 6 073,8 тис. т.
3. Середня вартість дизельного палива – 39 500 грн/т.

Вихідними даними є такі показники:

1. Відсоток біодизельного палива – відображає відносну частку біодизеля в складі дизельного палива. Фактично показує, яку частину потреб у дизельному паливі можна задовольнити за рахунок виробленого біодизеля.

2. Виробництва біодизельного палива – репрезентує середню кількість біодизеля, що був вироблений відповідно до моделі.

3. Втрати – відсотково вимірює економічні втрати при переході на виробництво біодизеля порівняно з базовим сценарієм експорту ріпакової олії.

4. Скорочення експорту – відсотково оцінює зменшення експортного виторгу ріпаку та його похідних продуктів внаслідок використання ріпакової олії для виробництва біодизельного палива замість постачання її до інших країн.

Для оцінки цих показників скористаємося імітаційним методом Монте-Карло з використанням рівномірного розподілу та кількістю ітерацій у 10 000. Тоді отримаємо такі результати (рис. 3.37).

	Metric	Biodiesel_Percent	Biodiesel_Output	Loss	Export_Decrease
1	Mean	0.034306436	208370.43	0.028872105	0.26127418
2	Standard Deviation	0.005053499	30693.94	0.002337978	0.02151271
3	25% Quantile	0.029998110	182202.52	0.027172630	0.24463274
4	Median	0.034460918	209308.73	0.028719460	0.26160582
5	75% Quantile	0.039029576	237057.84	0.030436416	0.27774579

Рисунок 3.37 – Статистичні оцінки вихідних показників моделі.

Джерело: створено автором на основі [12, 39]

Середнє значення відсотка біодизельного палива становить 3,43%, що хоч і не є високим показником, проте вказує на потенціал часткового заміщення дизельного палива та зменшення залежності від його імпорту, особливо з урахуванням початково обмежених потужностей вже наявних олійних заводів.

Середнє значення виробництва біодизельного палива становить 208 370 т та є перспективним як для початкових об'ємів нової галузі, зокрема зважаючи і на те, що наявні обмеження потужності виробництва ріпакової олії становлять 300 тис. т

Середнє значення втрат становить приблизно 2,89%, що є непоганим показником, з урахуванням модернізації всіх наявних олійних заводів шляхом добудови модульних біодизельних заводів та майже повного припинення постачання експортоорієнтованої ріпакової олії закордон.

Тоді ж середнє значення скорочення експорту становить 26%, що свідчить про чимале зменшення експортного виторгу ріпаку та його похідних продуктів через перенаправлення ріпакової олії на виробництво біодизеля, проте з врахуванням економічних втрат – загальне навантаження не видається настільки обтяжливим, оскільки водночас зменшується залежність української економіки від імпорту дизельного палива.

Жодне стандартне відхилення загалом не є значним, що свідчить про відносно невеликі коливання значень показників.

Попередньо, за значеннями квантилів можна констатувати, що на відміну від відсотку біодизельного палива, розподіли втрат та скорочення експорту видаються ближчими до нормального закону розподілу. Для відображення розподілів розглянемо відповідні гістограми (рис. 3.38); гістограма виробництва біодизелю ідентична за структурою до гістограми відсотку біодизелю.

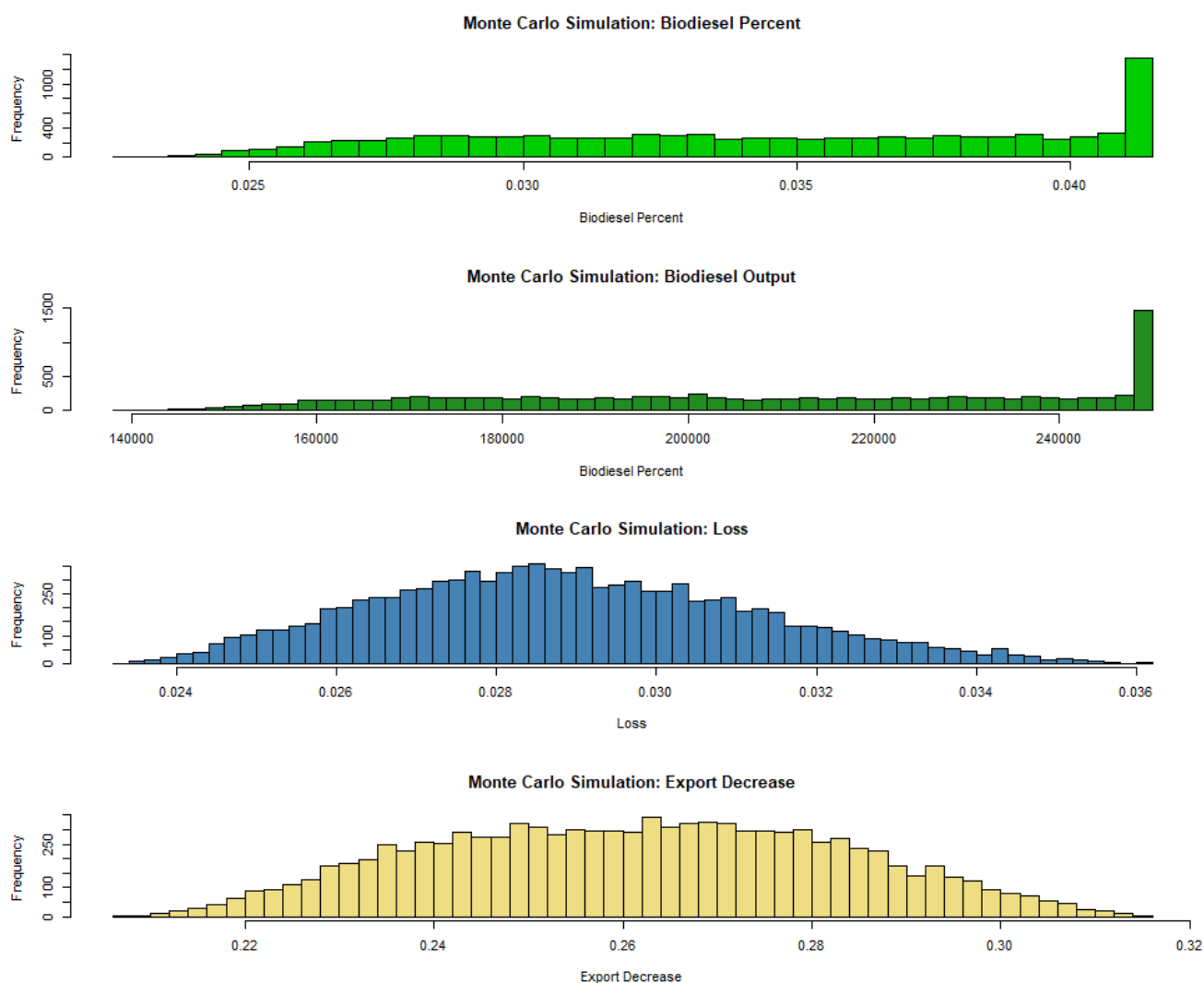


Рисунок 3.38 – Гістограми розподілів вихідних показників моделі

Джерело: створено автором на основі [12, 39]

Перша гістограма відображає діапазон відсотків біодизеля з помітним збільшенням частоти в напрямку до правого краю, особливо помітним є значний сплеск у крайньому правому відрізку. Можна стверджувати, що цьому показнику властивий суттєво несиметричний розподіл.

За результатами моделювання відсоток заміщення дизпалива біодизельним паливом змінюється в межах від 2,2% до 4,1%, причому спостерігаємо, що більші значення спостерігаються набагато частіше. Ця суттєва асиметрія розподілу пояснюється обмеженнями можливостей виробництва біодизелю модернізованих заводів, тобто на ринку присутні значні обсяги сировини, для переробки яких не вистачає наявних потужностей.

Друга гістограма ілюструє діапазон виробництва біодизелю, що є майже ідентичним за своїми характеристиками до розподілу відсотків біодизелю з огляду на прямий зв'язок цих показників у моделі. Можна лише говорити про більшу диференційованість значень.

За результатами моделювання обсяги виробництва біодизелю змінюються в межах від 138 тис. т до 250 тис. т. Максимальне значення за цих умов відповідає сукупній потужності усіх наявних модернізованих заводів щодо виробництва біодизелю.

Третя гістограма показує розподіл економічних втрат, що має дзвіноподібний розподіл, але з невеликою правосторонньою асиметрією, проте загалом можна говорити про наближеність до нормального розподілу. Проте при цьому більшість значень згруповані дещо лівіше від центру розподілу, відповідно можна очікувати на трохи менші економічні втрати відносно середніх.

Цей розподіл вказує на те, що економічний вплив переходу на виробництво біодизелю, який призводить до збільшення витрат, є завжди негативним та змінюється в межах від 2,3% до 3,6%. Головним чином показник враховує експортні втрати від перенаправлення сировини на виробництво біодизелю та заощаджені фінансові ресурси від зменшення імпорту дизельного палива, а також усі супутні витрати пов'язані з модернізацією та обслуговуванням переробних заводів.

Четверта і остання гістограма відображає розподіл значень відсотку скорочення експорту, тобто відносному зменшенню загальної вартості експорту ріпаку та похідних продуктів, окрім біодизельного палива. Цей розподіл є досить симетричним та близьким до нормального. Відповідно, змодельоване середнє

значення добре відображає очікуване скорочення експорту при розвитку виробництва біодизелю в Україні за модельним сценарієм.

За результатами моделювання відсоток скорочення змінюється в межах від 20,7% до 31,5%. Ці значення здаються істотними, проте майбутні вигоди від розвитку виробництва біодизельного палива у загальнонаціональному контексті будуть суттєвішими. Фактично, показник відображає економічний компроміс від перенаправлення ріпакової олії на виробництво біодизелю замість його експорту.

Підбиваючи підсумки, можна говорити про обнадійливі перспективи щодо розвитку виробництва біодизельного палива в Україні, особливо враховуючи, що відповідно до ДСТУ 8695:2016 «Паливо альтернативне для дизельних двигунів» дозволена частка біодизельного палива в складі дизельного палива становить до 30% [40]. Це відкриває широкі можливості для потенційних виробників щодо впровадження біодизельного палива в національній економіці, зокрема у транспортному та енергетичному секторах.

Розвиток біодизельного виробництва сприятиме економічному зростанню, створенню робочих місць, розвитку суміжних галузей та залученню інвестицій. Зокрема, підтримка біодизельного виробництва дозволить забезпечити аграрний сектор власними енергетичними ресурсами, покращить екологічні умови в країні, сприятиме виконанню вимог для вступу до ЄС та зміцнить енергетичну безпеку держави. Успішне впровадження біодизеля матиме тривалий позитивний вплив на економіку, довкілля та якість життя громадян, що робить розвиток цієї галузі перспективним стратегічним напрямком для України.

ВИСНОВКИ

Паливно-енергетичний сектор є важливою складовою економічної безпеки країни, тому дослідження його загального стану та перспектив розвитку є актуальною задачею. Проведене у роботі дослідження ринку дизельного палива в Україні дозволило зробити низку важливих висновків. Передусім сучасний стан ринку дизельного палива характеризується значною залежністю від імпорту. Ситуацію на ринку особливо ускладнила та обставина, що до війни основними постачальниками дизельного палива були Білорусь та Росія. З початком повномасштабного російського вторгнення в Україну ринок дизпалива зазнав значних змін, зокрема припинення імпорту з цих країн-агресорів та зростання кількості дрібних імпортерів з Європи. Хоч це і сприяло диверсифікації джерел постачання, але і створило нові виклики для енергетичної безпеки країни. Особливої ваги в таких умовах набула перспектива виробництва біодизельного палива, що має великий потенціал завдяки значним обсягам ріпаку, який масово вирощується в Україні. Наявність біодизельного палива власного виробництва може зменшити залежність від імпорту, посприяти покращенню екологічної ситуації та підвищити енергетичну безпеку всередині країни.

Аналіз часових рядів імпорту, споживання та цін на дизельне паливо за допомогою методів декомпозиції STL дозволив виявити, що імпорт і споживання дизельного палива мають виражену сезонність, тоді як ціни на дизельне паливо значною мірою залежать від зовнішніх чинників. Прогнозування імпорту, споживання та цін дизельного палива за допомогою моделей Хольта-Вінтерса з демпфуванням, ARIMA та нейромережевої авторегресії показало задовільну загальну точність передбачення, причому модель ARIMA виявилася найкращою за показниками RMSE та MAPE. Використання методу Монте-Карло для оцінювання потенціалу виробництва біодизельного палива в Україні продемонструвало, що за умов модернізації наявних олійних заводів можна досягти значного збільшення виробництва біодизелю, що дозволить частково замінити імпортоване дизельне паливо.

На основі проведеного дослідження можна запропонувати такі практичні рекомендації. По-перше, необхідно сприяти розвитку внутрішнього виробництва біодизельного палива шляхом модернізації існуючих олійних заводів та стимулювання інвестицій у нові виробничі потужності, що дозволить зменшити залежність від імпорту та забезпечити стабільність постачання пального. По-друге, важливо продовжувати диверсифікацію джерел імпорту дизельного палива для зменшення ризиків, пов'язаних з політичними та економічними кризами, укладати довгострокові контракти з надійними постачальниками з різних регіонів. По-третє, слід збільшити обсяги стратегічних запасів дизельного палива для забезпечення енергетичної безпеки країни у кризових ситуаціях, впроваджуючи відповідні законодавчі ініціативи. Нарешті, слід підтримувати екологічні ініціативи, спрямовані на зменшення викидів парникових газів, шляхом розвитку альтернативних джерел енергії, таких як біодизель, що сприятиме не тільки екологічній безпеці, але й енергетичній незалежності України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Захарчук О. В., Вишневецька О. В. Ринок нафти та нафтопродуктів в Україні. *Економіка АПК*, 2020. № 10. С. 29–37
2. Капустян, В. О., Сірецька І. О. Проблеми та перспективи розвитку ринку нафтопродуктів в Україні. *Молодий вчений*, 2018. Т. 5, №57. С. 709–712.
3. Крюка С. Схеми та зростання цін на пальне. Як введення норми по обов'язковому мінімальному запасу нафти вплине на гравців та ринок нафтопродуктів в Україні. *Діловий портал Delo.ua*. URL: <https://delo.ua/energetics/sxemi-ta-zrostannya-cin-na-palne-yak-vvedennya-normi-po-obovyazkovomu-minimalnomu-zapasu-nafti-vpline-na-gravciv-ta-rinok-naftoproduktiv-v-ukrayini-422625/> (дата звернення: 14.05.2024).
4. Куюн С. Цьогоріч в Україні почало зростати споживання пального. *Укрінформ*. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-economy/3803255-cogoric-v-ukraini-pocalo-zrostati-spozivanna-palnogo-ekspert.html> (дата звернення: 14.05.2024).
5. Закон України «Про мінімальні запаси нафти та нафтопродуктів» від 21.11.2023 р. № 3484-IX.
6. Гаврись М. О., Нестеренко Р. В., Гаврись О. М. Загрози національній безпеці України у сфері функціонування та розвитку ринку нафтопродуктів сьогодні й у післявоєнний час. *Чесць і закон*, 2022. Т. 2, № 81. С. 53–62.
7. Мазаракі А., Мельник Т. Енергетична безпека країни. *Зовнішня торгівля: економіка, фінанси, право*, 2024. № 2. С. 4–29.
8. Моніторинг ринку нафтопродуктів в Україні. 2023 рік. *Pro-Consulting*. URL: <https://pro-consulting.ua/ua/issledovanie-rynka/analiz-rynka-nefteproduktov-v-ukraine-2023-god-1> (дата звернення: 14.05.2024).
9. Аналіз ринку нафтопродуктів України. 2023 рік. *Pro-Consulting*. URL: <https://pro-consulting.ua/ua/issledovanie-rynka/analiz-rynka-nefteproduktov-v-ukraine-2023-god-2> (дата звернення: 14.05.2024).

10. Дослідження ринку нафтопродуктів в Україні. 2023 рік. *Pro-Consulting*. URL: <https://pro-consulting.ua/ua/issledovanie-rynka/analiz-rynka-nefteproduktov-v-ukraine-2023-god> (дата звернення: 14.05.2024).
11. Закон України «Про внесення змін до Податкового кодексу України та інших законодавчих актів України щодо вдосконалення законодавства на період дії воєнного стану» від 24.03.2022 р. № 2142-IX.
12. Консалтингова група «А-95». URL: <https://a95.ua> (дата звернення: 14.05.2024).
13. Сичов М., Глумов Д., Сіренко О. Дизпальне: грудень-2021. *НафтоРинок*, 2022. Т. 1, № 1148. С. 18–20.
14. Використання і запаси паливних продуктів в Україні (2014-2022). *Мінфін*. URL: <https://index.minfin.com.ua/ua/economy/energy/> (дата звернення: 14.05.2024).
15. Закон України «Про захист інтересів суб'єктів подання звітності та інших документів у період дії воєнного стану або стану війни» від 03.03.2022 р. № 2115-IX : станом на 26 груд. 2023 р.
16. Крюка С. Європа підготувалася до ембарго на російські нафтопродукти. Однак Кремль може реекспортувати пальне через треті країни. *Діловий портал Delo.ua*. URL: <https://delo.ua/energetics/jevropa-pidgotuvalasya-do-embargo-na-rosiiski-naftoprodukti-odnak-kreml-moze-reeksportuvati-palne-cerez-treti-krayini-410394/> (дата звернення: 14.05.2024).
17. Кузьо Н. Є., Косар Н. С. Тренди ринку світлич нафтопродуктів України та перспективи енергетичної безпеки у цій сфері. *Економіка та право*, 2023. № 2. С. 60–70.
18. Колотвін Р. Ю., Харчук О. Г. Сучасні підходи до вирішення логістичних проблем імпорту палива в Україні в період воєнного часу. *Відновлення національної економіки в умовах воєнного стану*: Матеріали науково-практ. конф., м. Дніпро, 6–7 жовт. 2023 р. Одеса, 2023. С. 31–34.

19. Васильєв О. Шлях до Європи. Коли в Україні з'явиться євроколія і чому це важливо. *РБК-Україна*. URL: <https://www.rbc.ua/rus/travel/shlyah-evropi-koli-ukrayini-z-yavitsya-evrokoliya-1690806728.html> (дата звернення: 14.05.2024).

20. Букатюк У. Український морський коридор перевершив результати «зернової» угоди. Третина експорту – металургія. *Forbes.ua*. URL: <https://forbes.ua/news/za-piv-roku-roboti-morskogo-koridoru-ukraini-vdalosya-eksportuvati-bilshe-tovariv-nizh-u-mezhakh-zernovoi-ugodi-z-rf-tretina-eksportu-metalurgiya-07022024-19063> (дата звернення: 14.05.2024).

21. Шпак О. І. Економічні проблеми використання дизельного палива. *Фінансові аспекти розвитку економіки України: теорія, методологія, практика*, 2019. Т. 2. С. 121–122.

22. Калетнік Г.М., Климчук О.В., Мазур В.А. Перспективність та ефективність виробництва біодизельного палива в Україні з олійних культур. *Економіка, фінанси, менеджмент: актуальні питання науки і практики*, 2019. № 5. С. 7–17.

23. Major biodiesel producing countries 2022. *Statista*. URL: <https://www.statista.com/statistics/271472/biodiesel-production-in-selected-countries/> (дата звернення: 14.05.2024).

24. Телекало Н. В., Купчук І. М., Гонтарук Я. В. Ефективність вирощування та переробки озимого ріпаку на біодизель. *Аграрні інновації*, 2022. №13. С. 149–154.

25. Аналіз ринку альтернативного дизельного палива України та Європи. 2024 рік. *Pro-Consulting*. URL: <https://pro-consulting.ua/ua/issledovanie-rynka/analiz-rynka-alternativnogo-dizelnogo-topliva-ukrainy-i-evropy-2024-god> (дата звернення: 14.05.2024).

26. Зоркін А. Україна може замінити 30% дизелю власним виробленим біопаливом. *Офіс ефективного регулювання*. URL: <https://brdo.com.ua/analytics/ukrayina-mozhe-zaminyty-30-dyzelyu-vlasnym-vyroblenym-biopalivom> (дата звернення: 14.05.2024).

27. Introduction to Time Series and Forecasting / ed. by P. J. Brockwell, R. A. Davis. New York, NY: Springer New York, 2002. 434 p.
28. Time Series Data Visualization: Types, Techniques & Platforms. *KnowledgeHut*. URL: <https://www.knowledgehut.com/blog/business-intelligence-and-visualization/time-series-data-visualization> (дата звернення: 14.05.2024).
29. Cleveland, R. B., Cleveland, W. S., McRae, J. E., & Terpenning, I. J. STL: A seasonal-trend decomposition procedure based on loess. *Journal of Official Statistics*, 1990. № 6(1). P. 3–33.
30. Shumway R. H., Stoffer D. S. Time Series Analysis and Its Applications. Cham : Springer International Publishing, 2017. 596 p.
31. Holt C. C. Forecasting seasonals and trends by exponentially weighted moving averages. *International Journal of Forecasting*, 2004. № 20(1). P. 5–10.
32. Gardner, E. S., McKenzie, E. Forecasting trends in time series. *Management Science*, 1985. № 31(10). P. 1237–1246.
33. Winters, P. R. Forecasting sales by exponentially weighted moving averages. *Management Science*, 1960. № 6(3), 324–342.
34. Metcalfe A. V., Cowpertwait P. S. P. Introductory Time Series with R. New York, NY : Springer New York, 2009. 254 p.
35. Hyndman, R.J., & Athanasopoulos, G. Forecasting: principles and practice. 3rd edition. OTexts: Melbourne, Australia, 2021. URL: <https://otexts.com/fpp3/> (дата звернення: 14.05.2024).
36. Рідкі біопалива: біоетанол та біодизель. *Біоенергетична асоціація України*. URL: <https://uabio.org/liquid-biofuels/> (дата звернення: 14.05.2024).
37. What Is Monte Carlo Simulation? *IBM*. URL: <https://www.ibm.com/topics/monte-carlo-simulation> (дата звернення: 14.05.2024).
38. U.S. Bureau of Labor Statistics. URL: <https://www.bls.gov> (дата звернення: 14.05.2024).
39. Державна служба статистики України. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua> (дата звернення: 14.05.2024).

40. ДСТУ 8695:2016. Паливо альтернативне для дизельних двигунів. Технічні умови. З поправкою. Чинний від 01.10.2017. Вид. офіц. 2016.

ДОДАТКИ

Додаток А

```

import <- read_excel("Import.xlsx")

import$date <- as.POSIXct(import$date, format = "%Y-%m-%d", tz = "GMT")

impo <- import %>%
  mutate(date = yearmonth(date)) %>%
  as_tsibble(index = date)

new_function <- function(x) {
  m <- mean(x)
  sd <- sd(x)
  q <- quantile(x)
  return(c(mean = m, standard_deviation = sd, quantiles = q))}

impo %>%
  features(import, list(~ new_function(.)))

impo %>%
  autoplot(import) +
  geom_smooth(se = FALSE, colour = "blue") +
  labs(x = "Рік/місяць", y = "Імпорт дизельного палива (тис. т)")

impo_2016_2020 <- impo %>% filter(date >= as.Date("2016-01-01") & date < as.Date("2021-01-01"))
impo_2021_2023 <- impo %>% filter(date >= as.Date("2021-01-01") & date < as.Date("2024-01-01"))

impo_2016_2020_ts <- as_tsibble(impo_2016_2020, index = date)
impo_2021_2023_ts <- as_tsibble(impo_2021_2023, index = date)

impo_p1 <- impo_2016_2020_ts %>%
  gg_season(import, period = "year") +
  labs(title = "Сезонність імпорту дизельного палива (2016-2020), а",
    x = "Місяць",
    y = "Імпорт дизельного палива (тис. т)")

impo_p2 <- impo_2021_2023_ts %>%
  gg_season(import, period = "year") +
  labs(title = "Сезонність імпорту дизельного палива (2021-2023), б",
    x = "Місяць",
    y = "Імпорт дизельного палива (тис. т)")

impo_p1 / impo_p2

impo %>%
  model(STL(import ~ trend(window = 12) + season(window = "periodic"), robust = TRUE)) %>%

```

```

components() %>%
autoplot() +
labs(x = "Рік/місяць", title = "STL-декомпозиція імпорту дизельного палива")

impo %>%
  features(import, list(coef_hurst, feat_stl))

impo_hwd <- impo %>%
  model(HWD = ETS(import ~ error("M") + trend("Ad") + season("M")))

impo_hwd %>%
  forecast(h = 12) %>%
  autoplot(impo) +
  labs(x = "Рік/місяць", y = "Імпорт дизельного палива (тис. т)")

gg_tsresiduals(impo_hwd, lag = 24) +
  labs(x = "Рік/місяць", y = "Залишки моделі")

mean_march <- mean(impo %>% filter(month(date) == 3) %>% pull(import), na.rm = TRUE)
mean_april <- mean(impo %>% filter(month(date) == 4) %>% pull(import), na.rm = TRUE)
mean_may <- mean(impo %>% filter(month(date) == 5) %>% pull(import), na.rm = TRUE)

impo_m <- impo %>%
  mutate(import = case_when(
    date == yearmonth("2022-03") ~ mean_march,
    date == yearmonth("2022-04") ~ mean_april,
    date == yearmonth("2022-05") ~ mean_may,
    TRUE ~ import
  ))

impo_m_hwd <- impo_m[1:84,] %>%
  model(HWD = ETS(import ~ error("M") + trend("Ad") + season("M")))

impo_m_hwd %>%
  forecast(h = 12) %>%
  autoplot(impo_m) +
  labs(x = "Рік/місяць", y = "Імпорт дизельного палива (тис. т)")

impo_hwd_84 <- impo [1:84,] %>%
  model(HWD = ETS(import ~ error("M") + trend("Ad") + season("M")))

impo_hwd_84 %>%
  forecast(h = 12) %>%
  autoplot(impo) +
  labs(x = "Рік/місяць", y = "Імпорт дизельного палива (тис. т)")

gg_tsresiduals(impo_m_hwd, lag = 24) +
  labs(x = "Рік/місяць", y = "Залишки моделі")

auto.arima(impo)

impo_sarima <- impo %>%

```

```

model(SARIMA = ARIMA(import ~ pdq(0,0,3) + PDQ(1,0,0)))

impo_sarima %>%
  forecast(h = 12) %>%
  autoplot(impo) +
  labs(x = "Рік/місяць", y = "Імпорт дизельного палива (тис. т)")

gg_tsresiduals(impo_sarima, lag = 24) +
  labs(x = "Рік/місяць", y = "Залишки моделі")

impo_nnar <- impo %>%
  model(NNAR = NNETAR(import))

impo_nnar %>%
  forecast(h = 12) %>%
  autoplot(impo) +
  labs(x = "Рік/місяць", y = "Імпорт дизельного палива (тис. т)")

gg_tsresiduals(impo_nnar, lag = 24) +
  labs(x = "Рік/місяць", y = "Залишки моделі")

impo_stretch <- impo %>%
  stretch_tsibble(.init = 12, .step = 3) %>%
  filter(.id != max(.id))

impo_models <- impo_stretch %>%
  model(HWD = ETS(import ~ error("M") + trend("Ad") + season("M")),
        SARIMA = ARIMA(import ~ pdq(0,0,3) + PDQ(1,0,0)),
        NNAR = NNETAR(import))

impo_cs <- impo_models %>%
  forecast(h = 3) %>%
  accuracy(impo)

impo_cs

consumption <- read_excel("Consumption.xlsx")

consumption$date <- as.POSIXct(consumption$date, format = "%Y-%m-%d", tz = "GMT")

cons <- consumption %>%
  mutate(date = yearmonth(date)) %>%
  as_tsibble(index = date)

cons %>%
  features(consumption, list(~ new_function(.)))

cons %>%
  autoplot(consumption) +
  geom_smooth(se = FALSE, colour = "blue") +
  labs(x = "Рік/місяць", y = "Споживання дизельного палива (тис. т)")

```

```

cons %>%
  model(STL(consumption ~ trend(window = 12) + season(window = "periodic"), robust = TRUE))
%>%
  components() %>%
  autoplot() +
  labs(x = "Рік/місяць", title = "STL-декомпозиція споживання дизельного палива")

cons %>%
  features(consumption, list(coef_hurst, feat_stl))

cons_hwd <- cons %>%
  model(HWD = ETS(consumption ~ error("M") + trend("Ad") + season("M")))

cons_hwd %>%
  forecast(h = 12) %>%
  autoplot(cons) +
  labs(x = "Рік/місяць", y = "Споживання дизельного палива (тис. т)")

gg_tsresiduals(cons_hwd, lag = 24) +
  labs(x = "Рік/місяць", y = "Залишки моделі")

auto.arima(cons)

cons_sarima <- cons %>%
  model(SARIMA = ARIMA(consumption ~ pdq(1,0,0) + PDQ(1,0,0)))

cons_sarima %>%
  forecast(h = 12) %>%
  autoplot(cons) +
  labs(x = "Рік/місяць", y = "Споживання дизельного палива (тис. т)")

gg_tsresiduals(cons_sarima, lag = 24) +
  labs(x = "Рік/місяць", y = "Залишки моделі")

cons_nnar <- cons %>%
  model(NNAR = NNETAR(consumption))

cons_nnar %>%
  forecast(h = 12) %>%
  autoplot(cons) +
  labs(x = "Рік/місяць", y = "Споживання дизельного палива (тис. т)")

gg_tsresiduals(cons_nnar, lag = 24) +
  labs(x = "Рік/місяць", y = "Залишки моделі")

cons_stretch <- cons %>%
  stretch_tsibble(.init = 12, .step = 3) %>%
  filter(.id != max(.id))

cons_models <- cons_stretch %>%
  model(HWD = ETS(consumption ~ error("M") + trend("Ad") + season("M")),
        SARIMA = ARIMA(consumption ~ pdq(1,0,0) + PDQ(1,0,0)),

```

```

NNAR = NNETAR(consumption))

cons_cs <- cons_models %>%
  forecast(h = 3) %>%
  accuracy(cons)

cons_cs

price <- read_excel("Price.xlsx")

price$date <- as.POSIXct(price$date, format = "%Y-%m-%d", tz = "GMT")

pric <- price %>%
  mutate(date = yearmonth(date)) %>%
  mutate(price_i = price*(306.746/cpi)) %>%
  as_tsibble(index = date)

pric %>%
  features(price, list(~ new_function()))

pric %>%
  pivot_longer(cols = c(price, price_i), names_to = "variable", values_to = "value") %>%
  ggplot(aes(x = date, y = value)) +
  geom_line() +
  geom_smooth(se = FALSE, colour = "blue") +
  facet_grid(variable ~ ., scales = "free_y") +
  labs(x = "Рік/місяць", y = "Середня ціна дизельного палива (дол. США за т)")

pric <- pric %>%
  select(1,4)

pric %>%
  model(STL(price_i ~ trend(window = 12) + season(window = "periodic"), robust = TRUE)) %>%
  components() %>%
  autoplot() +
  labs(x = "Рік/місяць", title = "STL-декомпозиція середньої ціни дизельного палива")

pric %>%
  features(price_i, list(coef_hurst, feat_stl))

pric_hwd <- pric %>%
  model(HWD = ETS(price_i ~ error("M") + trend("Ad") + season("M")))

pric_hwd %>%
  forecast(h = 12) %>%
  autoplot(pric) +
  labs(x = "Рік/місяць", y = "Середня ціна дизельного палива (дол. США за т)")

gg_tsresiduals(pric_hwd, lag = 24) +
  labs(x = "Рік/місяць", y = "Залишки моделі")

auto.arima(pric)

```

```

pric_sarima <- pric %>%
  model(SARIMA = ARIMA(price_i ~ pdq(1,1,0)))

pric_sarima %>%
  forecast(h = 12) %>%
  autoplot(pric) +
  labs(x = "Рік/місяць", y = "Середня ціна дизельного палива (дол. США за т)")

gg_tsresiduals(pric_sarima, lag = 24) +
  labs(x = "Рік/місяць", y = "Залишки моделі")

pric_nnar <- pric %>%
  model(NNAR = NNETAR(price_i))

pric_nnar %>%
  forecast(h = 12) %>%
  autoplot(pric) +
  labs(x = "Рік/місяць", y = "Середня ціна дизельного палива (дол. США за т)")

gg_tsresiduals(pric_nnar, lag = 24) +
  labs(x = "Рік/місяць", y = "Залишки моделі")

pric_stretch <- pric %>%
  stretch_tsibble(.init = 12, .step = 3) %>%
  filter(.id != max(.id))

pric_models <- pric_stretch %>%
  model(HWD = ETS(price_i ~ error("M") + trend("Ad") + season("M")),
        SARIMA = ARIMA(price_i ~ pdq(1,1,0)),
        NNAR = NNETAR(price_i))

pric_cs <- pric_models %>%
  forecast(h = 3) %>%
  accuracy(pric)

pric_cs

```

```

set.seed(271)

num_iterations <- 10000

biodiesel_percent_results <- numeric(num_iterations)
biodiesel_output_results <- numeric(num_iterations)
loss_results <- numeric(num_iterations)
export_decrease_results <- numeric(num_iterations)

for (i in 1:num_iterations) {
  initial_rapeseed <- 4183650
  difference <- 0

  rapeseed_price <- 15000
  oil_price <- 40700
  cake_price <- 7000

  rapeseed_export_p <- runif(1, 0.65, 0.75)
  rapeseed_oil_plant_p <- runif(1, 0.10, 0.17)
  rapeseed_domestic_p <- 1 - (rapeseed_export_p + rapeseed_oil_plant_p)

  oil_output_p <- runif(1, 0.40, 0.46)
  cake_output_p <- 1 - oil_output_p

  oil_export_p <- runif(1, 0.85, 0.95)
  cake_export_p <- runif(1, 0.03, 0.05)

  rapeseed_export <- initial_rapeseed * rapeseed_export_p
  rapeseed_oil_plant <- initial_rapeseed * rapeseed_oil_plant_p
  if (rapeseed_oil_plant > (300000 / oil_output_p)) {
    difference <- rapeseed_oil_plant - 300000 / oil_output_p
    rapeseed_oil_plant <- 300000 / oil_output_p
  }
  rapeseed_domestic <- initial_rapeseed * rapeseed_domestic_p + difference

  oil_output <- rapeseed_oil_plant * oil_output_p
  cake_output <- rapeseed_oil_plant * cake_output_p

  oil_export <- oil_output * oil_export_p
  cake_export <- cake_output * cake_export_p

  total_export_value1 <- (rapeseed_export * rapeseed_price) +
    (oil_export * oil_price) +
    (cake_export * cake_price) -
    (23000000 * 30)

  diesel_consumption <- 6073800
  diesel_value1 <- diesel_consumption * 39500

```

```

result1 <- total_export_value1 - diesel_value1

oil_biodiesel_p <- runif(1, 0.85, 0.95)

oil_biodiesel <- oil_output * oil_biodiesel_p
if (oil_biodiesel > (250000 / 0.96)) {
  oil_biodiesel <- 250000 / 0.96
}

biodiesel_output <- oil_biodiesel * 0.96
glycerin_output <- oil_biodiesel * 0.04

total_export_value2 <- (rapeseed_export * rapeseed_price) +
  (cake_export * cake_price) -
  (23000000 * 30) -
  (15300000 * 50) -
  (80000000 * 50)

biodiesel_percent <- biodiesel_output / diesel_consumption

diesel_value2 <- (diesel_consumption - biodiesel_output) * 39500

result2 <- total_export_value2 - diesel_value2

loss <- result2 / result1 - 1

export_decrease <- -(total_export_value2 / total_export_value1 - 1)

biodiesel_percent_results[i] <- biodiesel_percent
biodiesel_output_results[i] <- biodiesel_output
loss_results[i] <- loss
export_decrease_results[i] <- export_decrease
}

mean_biodiesel_percent <- mean(biodiesel_percent_results)
sd_biodiesel_percent <- sd(biodiesel_percent_results)
quantiles_biodiesel_percent <- quantile(biodiesel_percent_results, c(0.25, 0.5, 0.75))

mean_biodiesel_output <- mean(biodiesel_output_results)
sd_biodiesel_output <- sd(biodiesel_output_results)
quantiles_biodiesel_output <- quantile(biodiesel_output_results, c(0.25, 0.5, 0.75))

mean_loss <- mean(loss_results)
sd_loss <- sd(loss_results)
quantiles_loss <- quantile(loss_results, c(0.25, 0.5, 0.75))

mean_export_decrease <- mean(export_decrease_results)
sd_export_decrease <- sd(export_decrease_results)
quantiles_export_decrease <- quantile(export_decrease_results, c(0.25, 0.5, 0.75))

results_df <- data.frame(
  Metric = c("Mean", "Standard Deviation", "25% Quantile", "Median", "75% Quantile"),

```

```

Biodiesel_Percent = c(mean_biodiesel_percent, sd_biodiesel_percent, quantiles_biodiesel_percent),
Biodiesel_Output = c(mean_biodiesel_output, sd_biodiesel_output, quantiles_biodiesel_output),
Loss = c(mean_loss, sd_loss, quantiles_loss),
Export_Decrease = c(mean_export_decrease, sd_export_decrease, quantiles_export_decrease)
)

print(results_df)

par(mfrow = c(4, 1))

hist(biodiesel_percent_results, breaks = 50, main = "Monte Carlo Simulation: Biodiesel Percent", xlab =
"Biodiesel Percent", col = "green3")
hist(biodiesel_output_results, breaks = 50, main = "Monte Carlo Simulation: Biodiesel Output", xlab =
"Biodiesel Percent", col = "forestgreen")
hist(loss_results, breaks = 50, main = "Monte Carlo Simulation: Loss", xlab = "Loss", col =
"steelblue")
hist(export_decrease_results, breaks = 50, main = "Monte Carlo Simulation: Export Decrease", xlab =
"Export Decrease", col = "lightgoldenrod")

```



метадані

Заголовок

Мигаль_плагіат

Автор

Науковий керівник / Експерт

Мигаль**Юнькова**

підрозділ

кафедра математичного моделювання та статистики

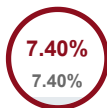
Тривога

У цьому розділі ви знайдете інформацію щодо текстових спотворень. Ці спотворення в тексті можуть говорити про МОЖЛИВІ маніпуляції в тексті. Спотворення в тексті можуть мати навмисний характер, але частіше характер технічних помилок при конвертації документа та його збереженні, тому ми рекомендуємо вам підходити до аналізу цього модуля відповідально. У разі виникнення запитань, просимо звертатися до нашої служби підтримки.

Заміна букв		0
Інтервали		0
Мікропробіли		18
Білі знаки		0
Парафрази (SmartMarks)		73

Обсяг знайдених подібностей

Коефіцієнт подібності визначає, який відсоток тексту по відношенню до загального обсягу тексту було знайдено в різних джерелах. Зверніть увагу, що високі значення коефіцієнта не автоматично означають плагіат. Звіт має аналізувати компетентна / уповноважена особа.



КП 1

25

Довжина фрази для коефіцієнта подібності 2



КП 2

11819

Кількість слів



КЦ

90514

Кількість символів

Подібності за списком джерел

Нижче наведений список джерел. В цьому списку є джерела із різних баз даних. Колір тексту означає в якому джерелі він був знайдений. Ці джерела і значення Коефіцієнту Подібності не відображають прямого плагіату. Необхідно відкрити кожне джерело і проаналізувати зміст і правильність оформлення джерела.

10 найдовших фраз

Колір тексту

ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР	НАЗВА ТА АДРЕСА ДЖЕРЕЛА URL (НАЗВА БАЗИ)	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)	
1	https://www.epravda.com.ua/rus/publications/2023/09/12/704192/	47	0.40 %
2	https://www.epravda.com.ua/rus/publications/2023/09/12/704192/	40	0.34 %
3	https://pro-consulting.ua/ua/issledovanie-rynka/analiz-rynka-nefteproduktov-v-ukraine-2023-god-1	38	0.32 %
4	Прогнозування цін на пальне в Україні 12/16/2022 Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman KNEU (кафедра математичного моделювання та статистики)	36	0.30 %

5	ПРОГНОЗУВАННЯ СПОЖИВАННЯ ЕНЕРГІЇ: ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МОДЕЛЕЙ ЧАСОВИХ РЯДІВ 12/16/2020 Sumy State University (Кафедра прикладної математики та моделювання складних систем)	25	0.21 %
6	https://ppt-online.org/1289439	23	0.19 %
7	Телекало Н.В., Купчук І.М., Гонтарук Я.В..docx 6/1/2022 Publishing House "Helvetica" (Видавничий дім "Гельветика")	22	0.19 %
8	ПРОГНОЗУВАННЯ СПОЖИВАННЯ ЕНЕРГІЇ: ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МОДЕЛЕЙ ЧАСОВИХ РЯДІВ 12/16/2020 Sumy State University (Кафедра прикладної математики та моделювання складних систем)	21	0.18 %
9	https://iclub.energy/blog/omelchenko/tpost/0v0u9e5rk1-krizovii-stan-rinku-naftoproduktv-prichi	20	0.17 %
10	EKI_МАГ_2023-2024_1сем_Дипломна Бартків Богдан EKIM-21c.docx 12/16/2023 The Ivan Franko National University (Економічний факультет)	20	0.17 %

з бази даних RefBooks (0.14 %)

ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР	ЗАГОЛОВОК	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)	
джерело: RePEC			
1	Production and Prospects of Using Biological Fuel in Vinnytsia Region Olena Skoruk;	17 (1)	0.14 %

з домашньої бази даних (1.40 %)

ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР	ЗАГОЛОВОК	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)	
1	Прогнозування цін на пальне в Україні 12/16/2022 Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman KNEU (кафедра математичного моделювання та статистики)	116 (7)	0.98 %
2	Маркетинг мікс моделювання 2/14/2023 Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman KNEU (кафедра математичного моделювання та статистики)	26 (4)	0.22 %
3	Аналіз та прогнозування індексів споживчих цін за товарними групами України 12/11/2021 Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman KNEU (кафедра математичного моделювання та статистики)	17 (2)	0.14 %
4	Прогнозування маркетингових показників з метою оцінки ефективності фічерингу мобільних ігр 12/16/2022 Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman KNEU (кафедра математичного моделювання та статистики)	6 (1)	0.05 %

з програми обміну базами даних (2.92 %)

ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР	ЗАГОЛОВОК	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)	
---------------------	-----------	---	--

1	ПРОГНОЗУВАННЯ СПОЖИВАННЯ ЕНЕРГІЇ: ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МОДЕЛЕЙ ЧАСОВИХ РЯДІВ 12/16/2020 Sumy State University (Кафедра прикладної математики та моделювання складних систем)	69 (4)	0.58 %
2	ЕКК_2020_7. Каліщук С. О., ЕККМ-21, диплом.docx Математичні методи прогнозування курсу обміну валют 12/13/2020 The Ivan Franko National University (Економічний факультет)	59 (7)	0.50 %
3	EKI_MAG_2023-2024_1сем_Дипломна Бартків Богдан ЕКІМ-21с.docx 12/16/2023 The Ivan Franko National University (Економічний факультет)	43 (3)	0.36 %
4	Телекало Н.В., Купчук І.М., Гонтарук Я.В..docx 6/1/2022 Publishing House "Helvetica" (Видавничий дім "Гельветика")	40 (2)	0.34 %
5	ЕКК_2020_6. Дроботій Ю М.doc Методи моделювання рівня стабільності економічної системи 12/13/2020 The Ivan Franko National University (Економічний факультет)	33 (3)	0.28 %
6	МОДЕЛЮВАННЯ ПРИЧИННО-НАСЛІДКОВИХ ЗВ'ЯЗКІВ ІНСТРУМЕНТІВ ФІНАНСОВОГО РИНКУ 6/19/2019 Sumy State University (Кафедра прикладної математики та моделювання складних систем)	27 (3)	0.23 %
7	МОДЕЛЬ ПРОГНОЗУВАННЯ НАВАНТАЖЕНЬ В КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖАХ ЗА ДОПОМОГОЮ АВТОРЕГРЕСІЙНИХ МЕТОДІВ 12/3/2023 V. N. Karazin Kharkiv National University (KGNU) (Факультет комп'ютерних наук - кафедра теоретичної та прикладної системотехніки)	26 (2)	0.22 %
8	Часові ряди та їх застосування 12/15/2021 National University "Chernihiv Collegium" (National University "Chernihiv Collegium")	22 (2)	0.19 %
9	Дослідження методів прогнозування попиту на сільськогосподарську продукцію на основі аналізу наявних даних 12/11/2023 Dniprovsk State Technical University (Програмного забезпечення систем)	15 (1)	0.13 %
10	Інтелектуальна система прогнозування результату футбольного матчу чемпіонату Іспанії 12/17/2021 National Forestry University of Ukraine (ЦДН НЛТУ України)	11 (1)	0.09 %

з Інтернету (2.94 %)

ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР	ДЖЕРЕЛО URL	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)	
1	https://www.epravda.com.ua/rus/publications/2023/09/12/704192/	87 (2)	0.74 %
2	https://pro-consulting.ua/ua/issledovanie-rynka/analiz-rynka-nefteproduktov-v-ukraine-2023-god-1	63 (3)	0.53 %
3	https://ppt-online.org/1289439	53 (3)	0.45 %
4	https://ua-referat.com/uploaded/metodichni-rekomendaciyi-shodo-pidgotovki-ta-zahistu-kvalifika/index4.html	28 (2)	0.24 %

5	https://ecologiya.com.ua/news/683180-rada-ukhvalyla-zakon-pro-formuvannya-minimalnykh-zapasis-nafty-ta-naftoproduktiv	28 (2)	0.24 %
6	https://latifundist.com/cards/64-biodizel-z-ripaku-yak-vigotoviti-plyusi-minusi-ta-tsina-pitannya	22 (2)	0.19 %
7	https://iclub.energy/blog/omelchenko/tpost/0v0u9e5rk1-krizovii-stan-rinku-naftoproduktiv-prichi	20 (1)	0.17 %
8	https://ru.essays.club/%D0%A2%D0%BE%D1%87%D0%BD%D1%8B%D0%B5-%D0%BD%D0%B0%D1%83%D0%BA%D0%B8/%D0%9A%D0%BE%D0%BC%D0%BC%D1%83%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%B8-%D0%B8-%D1%81%D0%B2%D1%8F%D0%B7%D1%8C/%D0%97%D0%B0%D1%85%D0%B8%D1%81%D1%82-%D1%96%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%97-%D0%B7-%D0%BE%D0%B1%D0%BC%D0%B5%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%BC-470343.html	16 (1)	0.14 %
9	https://eurosolidarity.org/2024/01/04/robota-dlya-peremogy-ukrayiny-zvit-frakcziyi-yevropejska-solidarnist-za-2023-rik/	15 (1)	0.13 %
10	https://www.kws.com/ua/uk/produkty/ripak/ripak-v-ukraini-ta-sviti/	11 (1)	0.09 %
11	https://www.epravda.com.ua/publications/2023/09/12/704192/	5 (1)	0.04 %

Список прийнятих фрагментів (немає прийнятих фрагментів)

ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР	ЗМІСТ	КІЛЬКІСТЬ ОДНАКОВИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)
------------------	-------	---------------------------------------