

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ЕКОНОМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота

магістр

(рівень вищої освіти)

на тему Інформаційні системи підтримки прийняття рішень для задач
транспортної логістики

Виконав: студент 2 курсу,

групи 8.0519-ек

спеціальності 051 Економіка

(код і назва спеціальності)

освітньої програми

Економічна кібернетика

(код і назва освітньої програми)

спеціалізації

(код і назва спеціалізації)

Є. О. Білич

(ініціали та прізвище)

Керівник доцент кафедри економічної
кібернетики ЗНУ, к.е.н., Очеретін Д.В.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент професор кафедри економічної
кібернетики ЗНУ, д.ф.-м.н., проф. Козін І.В.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя

2020

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

Факультет _____

Кафедра _____

Рівень _____ вищої
освіти _____

Спеціальність _____

(код та назва)

Освітня програма _____

(код та назва)

Спеціалізація _____

(код та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____

(підпис)

«_____» _____ 20____ року

**З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проекту)

керівник роботи

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від «_____» _____ 20__ року № _____

2 Строк подання студентом роботи

3 Вихідні дані до роботи

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра містить три розділи, 95 с., 26 рис., 35 табл., 3 додатки, 65 джерел.

Об'єктом дослідження є задачі транспортної логістики.

Предмет дослідження – економіко-математичні моделі та методи для підтримки прийняття рішень для задач транспортної логістики.

Мета роботи – розробити інформаційну систему та вирішити на її базі задачу прогнозування вантажообігу за видами транспорту.

Методи дослідження – порівняльний, логічний, методи аналізу часових рядів, інтерактивних комп'ютерних систем.

У роботі проведено аналіз особливостей транспортної логістики в Україні; проаналізовано вантажообіг за видами транспорту в Україні; проаналізовано методи моделювання систем підтримки прийняття рішень для задач транспортної логістики; розроблено інформаційну систему підтримки прийняття рішень; побудовано прогноз вантажообігу за видами транспорту в Україні.

Аналіз структури вантажних перевезень в Україні за видами вантажів показав, що найбільшу питому вагу у загальному обсязі перевезень залізничним, автомобільним та водним транспортом займають сировина для металургійної та хімічної промисловості, зерно і продукти перемолу. Також значну питому вагу у обсягах перевезень автомобільним транспортом займають продукти сільського господарства та харчові продукти.

Запропонована система підтримки прийняття рішень базується на скриптах на мові R та дозволяє побудувати прогноз вантажообігу за видами транспорту в Україні. Для побудови прогнозу використовувалися моделі Хольта-Уінтерса та ARIMA-моделі.

ТРАНСПОРТНА ЛОГІСТИКА, ВАНТАЖООБІГ, ПРОГНОЗУВАННЯ,
ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА, СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ
РІШЕНЬ

SUMMARY

Master's qualification work consists of three sections, 95 p., 26 figures, 35 tables, 3 annexes, 65 sources.

The object of the study is the tasks of transport logistics.

The purpose of the work is to develop an information system and solve on its basis the problem of forecasting freight turnover by modes of transport.

Research methods are comparative, logical, methods of time series analysis, interactive computer systems.

The work analyzes the peculiarities of transport logistics in Ukraine, analyzes freight turnover by modes of transport in Ukraine, analyzes methods for modeling decision support systems, and builds a forecast of freight turnover by modes of transport in Ukraine. Analysis of the structure of freight traffic in Ukraine by type of goods showed that the largest share in the total volume of transportation by rail, road and water transport is occupied by raw materials for the metallurgical and chemical industries, grain and milling products. Also, agricultural products and foodstuffs account for a significant share in the volume of road transport.

The proposed decision support system is based on scripts in the R language and allows you to forecast freight turnover by modes of transport in Ukraine. The Holt-Winters and ARIMA models were used to construct the forecast.

TRANSPORTATION LOGISTICS, GOODS TURNOVER,
FORECASTING, INFORMATION SYSTEM, DECISION SUPPORT SYSTEM

ЗМІСТ

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

РЕФЕРАТ

SUMMARY

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 ПОНЯТТЯ ТА ОСОБЛИВОСТІ ТРАНСПОРТНОЇ ЛОГІСТИКИ В УКРАЇНІ.....	10
1.1 Постановка задач транспортної логістики.....	10
1.2 Аналіз транспортної системи в Україні.....	14
1.3 Особливості розвитку транспортної логістики в Україні.....	22
РОЗДІЛ 2 ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ТРАНСПОРТНІЙ ЛОГІСТИЦІ.....	27
2.1 Особливості інформаційного забезпечення логістичних систем.....	27
2.2 Аналіз існуючих логістичних систем в Україні.....	42
2.3 Економіко-математичні моделі для підтримки прийняття рішень для задач транспортної логістики.....	48
РОЗДІЛ 3 ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ ЗАДАЧ ТРАНСПОРТНОЇ ЛОГІСТИКИ.....	60
3.1 Аналіз структури вантажних перевезень в Україні за видами вантажів.....	60
3.2 Моделювання динаміки вантажних перевезень в Україні за видами транспорту.....	75
3.3 Вирішення задачі транспортної логістики з використанням інформаційної системи підтримки прийняття рішень.....	97

ВИСНОВКИ.....	100
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	103
ДОДАТОК А Відправлення вантажів за видами транспорту у 2016 – 2019рр.....	110
ДОДАТОК Б Вантажообіг за видами транспорту в Україні у 2006 – 2020рр.....	116
ДОДАТОК В Скрипт на мові R.....	122

ВСТУП

Велика питома вага транспортних витрат у загальному складі логістичних витрат, а також те, що без транспортування неможливе саме існування матеріального потоку, є причинами ключової ролі транспортування у логістиці. Транспортна логістика – це функціональна сфера логістики, що оптимізує логістичні операції на шляху матеріального потоку від постачальника до кінцевого споживача, що здійснюється з застосуванням транспортних засобів [1].

Збільшення прибутку транспортних організацій є основним завданням використання принципів, методів та інструментів логістики на транспорті. Основними методологічними принципами для аналізу й проектування транспортно-логістичних систем є [2]:

а) системний підхід, що полягає у розгляді всіх елементів логістичної системи у їх взаємозв'язку та єдиного цілого, метою якого є досягнення єдиної цілі управління;

б) принцип глобальної оптимізації потребує узгодженості локальних цілей функціонування елементів логістичної системи з метою досягнення глобального оптимуму;

в) принцип моделювання та інформаційно-комп'ютерної підтримки полягає у використанні економіко-математичних, графічних, імітаційних та інших моделей.

Питанням транспортної логістики присвячено дослідження Смирнова І.Г. [3], Садловської І. П. [4], Бідняк М. Н., Біліченко В. В [5], Сич Є. М. [6] та інші. Слід зазначити, що крім питань розвитку транзитного потенціалу держави, питань транспортних систем, взаємодії різних видів транспорту на міжнародному, національному, регіональному рівнях значна кількість досліджень присвячена питанням розвитку окремих видів транспорту.

Так, монографії, присвячені проблемам та шляхам розвитку автомобільного транспорту, написані такими дослідниками, як О. Криворучко [7], С. Корецька [8], М. Кристопчук [8], Р. Ларіна [8], В. Познаховський [8], А. Редзюк [9] та іншими. Забезпеченню ефективної інноваційної діяльності при перевезенні як пасажирів, так і вантажів залізничним транспортом присвячені публікації Ю. Бараша [10], В. Дикань, В. Зубенка [11], А. Момот [10], В. Чорного [12] та ін.

У своїх дослідженнях автори дають різні визначення поняття «транспортна логістика», не завжди враховують те, що транспортна логістика стосується не тільки переміщення вантажів, але й перевезення пасажирів, дають різне трактування поняття «інформаційне забезпечення» у сфері перевезення вантажів.

Об'єктом дослідження є задачі транспортної логістики.

Предмет дослідження – економіко-математичні моделі та методи для підтримки прийняття рішень для задач транспортної логістики.

Мета дослідження – розробка інформаційної системи та вирішення на її базі задачі прогнозування вантажообігу за видами транспорту.

Завданнями роботи є:

- аналіз особливостей транспортної логістики в Україні;
- аналіз вантажообігу за видами транспорту в Україні;
- аналіз методів моделювання систем підтримки прийняття рішень для задач транспортної логістики;
- розробка інформаційної системи підтримки прийняття рішень;
- побудова прогнозу вантажообігу за видами транспорту в Україні.

РОЗДІЛ 1

ПОНЯТТЯ ТА ОСОБЛИВОСТІ ТРАНСПОРТНОЇ ЛОГІСТИКИ В УКРАЇНІ

1.1 Постановка задач транспортної логістики в Україні

Українська транспортна мережа є частиною міжнародної транспортної мережі та приймає активну участь у обслуговуванні міжнародних товарних потоків. У глобальному рейтингу Logistics Performance Index (LPI), який складається Всесвітнім банком, у 2018 році Україна посіла 66 місце із 160 країн за логістичною ефективністю, набравши 2,83 бали [13]. Це дослідження проводиться з 2007р. раз на два роки й порівняно з рейтингом 2016р. Україна піднялася на 14 позицій. Країна зайняла місце між Сербією та Єгиптом, а на пострадянському просторі є третьою країною після Естонії (36 місце) та Литви (54 місце). Рейтинг складається за п'ятьма напрямками: митні процедури, за інфраструктурою, за міжнародним транспортуванням вантажів, за логістичною компетентністю, за відстеженням вантажів та за своєчасністю доставки. Індекс ефективності логістики для кожної країни розраховується на основі опитувань компаній, що надають послуги перевезення вантажів (залізничним, автомобільним, водним, повітряним транспортом) та складських операторів [14]. Опитування відбувається у режимі онлайн, а оцінка ефективності країн здійснюється за випадковим принципом. Показники рейтингу вимірюються за шкалою від 1 (найгірше значення показника) до 5 (найкраще значення показника). Чим вищим є рейтинг, тим сильніші позиції країни у певній категорії. Слід зазначити, що крім інфраструктури та ефективної діяльності логістичних компаній на рівень логістичних витрат і якість логістичних послуг значний вплив здійснює також конкурентоздатність приватного сектора економіки.

Для країн, які відносять до країн з економікою, що розвивається, спостерігається комбінування несприятливих географічних умов та слабкого

сектору сучасного сервісу. Це пов'язано з бідністю організацій та надмірним регулюванням [15]. Оцінка ефективності логістичної системи сприяє зростанню рівня якості життя та економічного розвитку. Найкраще значення серед індикаторів LPI Україна отримала за своєчасність поставок вантажів, а найгірше значення – якість торгівельної та транспортної інфраструктури. Швидкий розвиток нових технологій, зростання конкуренції, ослаблення контролю призводять до розвитку логістики. Цьому розвитку на сучасному етапі сприяють [16]: розвиток роздрібних торговельних мереж, розвиток логістики Інтернет-магазинів, широке розповсюдження ІТ-технологій, перевага у вантажопотоках спочатку зовнішнього попиту, а потім внутрішнього кінцевого попиту.

Вирішення питань організації і правління перевезеннями, підвищення точності планування, аналізу й економічної оцінки роботи транспортної системи в цілому та окремих її елементів привертає до себе все більше уваги в умовах ринкової економіки. Управління транспортом виокремлено у окремий напрямок – транспортну логістику [2].

Поняття «транспортна логістика» є багатоманітним та залежить від об'єкту дослідження логістики. У роботі Лифар В. В.[17] проведено аналіз визначення цього поняття різними авторами та зроблено висновок про те, що одні автори не враховують інтереси усіх учасників процесу транспортування, а інші – потребу у інформаційному забезпеченні усіх учасників процесу транспортування. Також у статті було запропоновано власне визначення поняття «транспортна логістика» – це функціональна область логістики, пов'язана з управлінням процесами переміщення потоків вантажів і пасажирів необхідної кількості, у необхідне місце, оптимальним маршрутом, за необхідний час, з найменшими витратами та відповідним інформаційним забезпеченням.

Особливу роль у транспортній логістиці відіграє транспорт. З одного боку він є складовою частиною або компонентом у основних функціональних областях логістики, з іншого – є однією з галузей економіки, яка також

розвиває підприємницьку діяльність, оскільки транспорт є виробником власної продукції (транспортних послуг), за яку отримує прибуток. Процес транспортування характеризується відсутністю речової форми, але одночасно є матеріальним за своїм характером. Це забезпечується за рахунок того, що в процесі переміщення відбувається зношення рухомого складу і засобів обслуговування, використовується праця робітників транспортної сфери. Транспорт має обмежений резерв пропускної здатності для задоволення потреб у транспортних послугах, оскільки він не має здатності до зберігання та нагромадження. Транспорт є прив'язаним до певного місця, району, регіону, що пояснюється наявністю шляхів сполучення та відповідними транспортними підприємствами. Єдину транспортну систему України становлять [18]:

- а) транспорт загального користування – залізничний, автомобільний, річковий, морський, авіаційний, а також міський електротранспорт, в тому числі метрополітен;
- б) промисловий залізничний транспорт;
- в) відомчий транспорт;
- г) трубопровідний транспорт
- д) шляхи сполучення загального користування.

Транспорт загального користування та трубопровідний транспорт є сферою народного господарства, яка задовольняє потреби всіх сфер народного господарства та населення у перевезеннях вантажів та пасажирів. Комплекс завдань, пов'язаних з організацією цих перевезень, вирішує транспортна логістика. Основними з цих завдань є [19]:

- а) створення транспортних систем, у тому числі створення транспортних коридорів і транспортних ланцюгів;
- б) вибір виду транспортного засобу;
- в) вибір типу транспортного засобу;
- г) оптимізація транспортного процесу під час змішаних перевезень;
- д) визначення раціональних маршрутів доставки;

е) забезпечення технологічної єдності транспортно-складського процесу;

ж) координація транспортного й виробничого процесів.

Під транспортним коридором розуміють частину національної або міжнародної транспортної системи, що забезпечує значні вантажні перевезення між окремими географічними районами. Етапи перевезення вантажу на певні відстані, протягом певного періоду часу, з використанням транспортних засобів одного або декількох видів транспорту утворюють транспортний ланцюг.

Вибір транспортної складової логістичних систем має не менш важливе значення, ніж вибір виду транспорту. Класифікацію транспортної складової логістичних систем наведено на рис.1.1.



Рисунок 1.1 – Класифікація транспортної складової логістичних систем [1]

Вибір типу транспортної складової логістичних систем буде залежати від впливу таких факторів, як: вид вантажу, вартість перевезень, мета транспортування, відстань, якість транспортних шляхів. Оптимальне співвідношення витрат і прибутку в циклі виробництва і споживання, а також мінімізація загальних логістичних витрат визначають роль транспортного обслуговування у сучасних умовах.

Транспортна логістика є складовою частиною загальної логістичної системи та допомагає вирішити завдання, пов'язані з [20]:

а) формуванням ринкових зон обслуговування, прогнозом матеріального потоку, його обробкою в системі, яка обслуговується, й іншими роботами з оперативного управління і регулювання матеріального потоку;

б) розробкою системи організації процесу транспортування;

в) управлінням і обслуговуванням запасів транспортними засобами та інформаційними системами.

Також одним з завдань транспортної логістики є формування інформаційних потоків для технологічної узгодженості між підсистемами логістичної системи: транспортно-логістичної з виробничою, складською, розподільчою тощо. У цілому, комплекс завдань транспортної логістики охоплює логістичні процеси, які включають транспортування вантажів. Залежно від виду вантажу, його обсягу, пунктів відправлення та призначення, вартості транспортування тощо перевезення вантажів може здійснюватись різними видами транспорту –залізничним, автомобільним, водним (річковим та морським), авіаційним, а певних видів вантажів – трубопровідним.

1.2 Аналіз транспортної системи в Україні

Транспортна мережа України інтегрована в міжнародну транспортну мережу і приймає активну участь в обслуговуванні міжнародних товарних

потоків. В країні наявні великі транспортні вузли у прикордонних регіонах (залізничні, автомобільні) та у портах (морські та річкові). Для них характерним є високий рівень концентрації експортних, імпорتنих і транзитних товарних потоків, скупчення значних розвантажувально-навантажувальних і складських потужностей.

Територією України проходять три залізничних транспортних коридори (№ 3, 5, 9). Довжина національної мережі залізничних транспортних транзитних коридорів в Україні складає 3162 км [21]. Головним чином це двоколіїні електрифіковані та з високим рівнем використання технічних засобів, обладнані автоблокуванням магістралі. Через українські порти Ізмаїл та Рені здійснюється взаємодія з пан'європейським коридором № 7, що проходить річкою Дунай. Крім того, розвиваються перевезення міжнародним транспортним коридором ТРАСЕКА (Європа – Кавказ – Азія). Для території України характерна густа мережа залізничних магістралей. З країнами Європи Україну з'єднують такі залізничні магістралі, як Володимир-Волинський – Катовіце, Львів – Краків, Чоп – Прага, Чоп – Будапешт. Паромна переправа Чорноморськ – Варна дає вихід на Балкани. Україна має вихід практично до всіх країн Центральної та Східної Європи, а через територію Республіки Білорусь – до країн Балтії. Автомобільний транспорт України інтегровано у високорозвинену європейську комунікаційну систему. Згідно з Законом України «Про трубопровідний транспорт» система трубопровідного транспорту України складається з магістрального трубопровідного транспорту та промислового трубопровідного транспорту [22]. Магістральний трубопровідний транспорт має важливе народногосподарське та оборонне значення і є державною власністю України.

В Україні значна увага приділяється питанням розвитку транспортної логістики на регіональному рівні, особливо на основі автомобільного транспорту. Це пов'язано зі значним розвитком Інтернет-торгівлі, яка здійснює доставку товарів до споживачів за допомогою служб доставки,

таких як «Нова пошта», «Укрпошта», «Інтайм», «Delivery Auto» та інших. Перевагами автомобільного транспорту є те, що він майже не залежить від природних умов, а також може доставляти вантажі у форматі «від дверей до дверей». Особливості природно-кліматичних і соціально-економічних умов в кожному регіоні України накладає відбиток на спеціалізацію логістичних послуг, приводить до змін у співвідношенні попиту і пропозиції на окремі види логістичної діяльності.

За даними Державної служби статистики України обсяги перевезень вантажів за видами транспорту у 2014 – 2019рр. (без урахування тимчасово окупованої території Автономної Республіки Крим, м. Севастополя та частини тимчасово окупованих територій у Донецькій та Луганській областях) наведено у табл. 1.1. В останні роки транспортна система України знаходиться у періоді нестабільності і демонструє від’ємну динаміку обсягів вантажних перевезень.

Таблиця 1.1 – Обсяги перевезень вантажів за видами транспорту в Україні (2014 – 2019рр.) (розраховано автором за даними [23])

Вид транспорту	Рік					
	2014	2015	2016	2017	2018	2019
всього, млн. т.	1623,3	1474,3	1542,6	1582,0	1643,0	1578,8
залізничний, млн. т.	386,3	350,0	343,4	386,3	350,0	343,4
автомобільний, млн. т.	1131,3	1020,6	1085,7	1121,7	1205,5	1147,0
морський, млн. т.	2,8	3,3	3,0	2,3	1,9	2,1
річковий, млн. т.	3,1	3,2	3,6	3,6	3,7	4,0
авіаційний, млн. т.	0,079	0,069	0,074	0,083	0,099	0,093
трубопровідний, млн. т.	99,7	97,2	106,7	114,8	109,4	112,7

У табл. 1.2 наведено результати розрахунків частки обсягів перевезень в Україні за видами транспорту у 2014 – 2019рр.

Таблиця 1.2 – Частка обсягів перевезень вантажів за видами транспорту у загальному обсязі перевезень в Україні (2014 – 2019рр.) (розраховано автором за даними [23])

Вид транспорту	Рік					
	2014	2015	2016	2017	2018	2019
залізничний, %	23,796	23,739	22,264	21,463	19,619	19,821
автомобільний, %	69,692	69,224	70,380	70,902	73,375	72,651
морський, %	0,173	0,223	0,197	0,142	0,115	0,134
річковий, %	0,194	0,214	0,236	0,230	0,225	0,253
авіаційний, %	0,005	0,005	0,005	0,005	0,006	0,006
трубопровідний, %	6,141	6,595	6,919	7,257	6,660	7,135
всього, %	100	100	100	100	100	100

Аналіз статистичних даних у табл. 1.1 та 1.2 свідчить про те, що у 2014 – 2019рр. загальні обсяги перевезень вантажів у середньому зменшились на 2,28%. Порівняно з попереднім періодом у 2014р. відбулося зменшення обсягів перевезень вантажів на 11,62%. а у 2015р. – на 9,18%. У 2016 – 2018рр. спостерігалось зростання загальних обсягів перевезень: у 2016р. – на 4,63% порівняно з попереднім періодом, у 2017р. – на 2,56%, у 2018р. – на 3,85%. У 2019р. відбулося зменшення загальних обсягів перевезень на 3,9%. Економічна криза та нестабільна ситуація на сході України продовжують впливати на показники роботи транспортної галузі країни.

Близько 90% обсягів українських перевезень здійснюється залізничним та автомобільним транспортом. При цьому, частка обсягів перевезень вантажів автомобільним транспортом у загальному обсязі перевезень зросла з 69,69% у 2014р. до 72,65% у 2019р., а частка залізничного транспорту – зменшилася з 23,80% у 2014р. до 19,82% у 2019р.

На рис. 1.2 наведено динаміку обсягів перевезень вантажів залізничним транспортом у 2014 – 2019рр. Найбільший спад обсягів перевезень відбувся у

2014р. (на 12,92% порівняно з 2013р.), що пов'язано з військовими діями на сході України, тимчасовою окупацією території України та зміною напрямків транспортних перевезень. У 2015р. обсяги перевезень вантажів залізничним транспортом зменшилися на 9,39% порівняно з попереднім роком, а у 2016 та 2017рр. змін у обсягах перевезень майже не відбувалося. У 2018р. обсяги перевезень зменшилися на 5,07% порівняно з 2017р., а у 2019р. – на 2,92% порівняно з 2018р. Втрата вантажопотоку у 2019р. на думку експертів ринку пов'язана з фокусуванням залізничного транспорту на перевезення зернових та тих вантажів, для яких немає альтернативного транспорту, крім залізничного [24, 25]



Рисунок 1.2 – Динаміка обсягів перевезень вантажів залізничним транспортом (2014 – 2019рр.) в Україні (розраховано автором на основі даних [23])

На рис. 1.3 наведено динаміку обсягів перевезень вантажів автомобільним транспортом у 2014 – 2019рр. У 2014р. відбулося зменшення обсягів перевезень автомобільним транспортом на 10,27% порівняно з 2013р. У 2015р. зменшення обсягів перевезень цим видом транспорту продовжилося (-9,79% порівняно з 2014р.). У 2016 – 2018рр. відбувалося зростання обсягів перевезень в середньому на 5,72% щорічно. Але у 2019р. спостерігалось

зменшення обсягів перевезень автомобільним транспортом на 4,85% порівняно з 2018р. Також у 2019р. зменшилася на 0,72% частка обсягів перевезень вантажів автомобільним транспортом у загальному обсязі перевезень в Україні, що можна пояснити зростанням цін на паливо.



Рисунок 1.3 – Динаміка обсягів перевезень вантажів автомобільним транспортом (2014 – 2019рр.) в Україні (розраховано автором на основі даних [23])

На рис. 1.4 наведено динаміку обсягів перевезень вантажів морським транспортом у 2014 – 2019рр. У 2014р. відбулося зменшення обсягів перевезень морським транспортом на 18,17% порівняно з 2013р. Це можна пояснити неможливістю здійснювати статистичний облік у портах на тимчасово окупованій території Автономної Республіки Крим. У 2015р. спостерігалось зростання обсягів перевезень морським транспортом на 17,34% порівняно з попереднім роком. Це можна пояснити переформатуванням потоків перевезень на порти у Азовському морі у м. Мариупіль та Бердянськ, та порти Херсонської, Миколаївської та Одеської областей. Зменшення обсягів перевезень у 2016 – 2018рр. у середньому на 16,53% пояснюється зниженням обсягів перевалки вугілля [26]. У 2019р.

спостерігалось зростання обсягів перевезень морським транспортом на 12,07% порівняно з 2018р.



Рисунок 1.4 – Динаміка обсягів перевезень вантажів морським транспортом (2014 – 2019рр.) в Україні (розраховано автором на основі даних [23])

На рис. 1.5 наведено динаміку обсягів перевезень вантажів річковим транспортом у 2014 – 2019рр. У 2014р. відбулося зростання обсягів перевезень річковим транспортом на 10,71% порівняно з 2013р. У 2014 – 2019рр. продовжується зростання обсягів перевезень у середньому на 5,04% щороку.

На рис. 1.6 наведено динаміку обсягів перевезень вантажів авіаційним транспортом у 2014 – 2019рр. У 2014р. відбулося зменшення обсягів перевезень авіаційним транспортом на 20,77% порівняно з 2013р. У 2015р. зменшення обсягів перевезень вантажів продовжилося (-12,09% порівняно з попереднім роком). У 2016 – 2018рр. спостерігалось зростання обсягів перевезень вантажів авіаційним транспортом у середньому на 12,88%. Але у 2019р. спостерігалось зменшення обсягів перевезень вантажів авіаційним транспортом на 6,56% порівняно з попереднім роком. Слід зазначити, що авіаційний транспорт займає 0,005 – 0,006% у загальному обсязі перевезень вантажів. Такий стан пояснюється значною монополізацією сфери авіаційних

перевезень, високими цінами на послуги авіаперевізників та повітряний супровід [27].



Рисунок 1.5 – Динаміка обсягів перевезень вантажів річковим транспортом (2014 – 2019рр.) в Україні (розраховано автором на основі даних [23])



Рисунок 1.6 – Динаміка обсягів перевезень вантажів авіаційним транспортом (2014 – 2019рр.) в Україні (розраховано автором на основі даних [23])

На рис. 1.7 наведено динаміку обсягів перевезень вантажів трубопровідним транспортом у 2014 – 2019рр. У 2014р. відбулося зменшення обсягів перевезень трубопровідним транспортом на 20,85% порівняно з 2013р. У 2015р. зменшення обсягів перевезень вантажів склало 2,46%

порівняно з попереднім роком). У 2016 – 2017рр. спостерігалось зростання обсягів перевезень трубопроводним транспортом у середньому на 8,67% щороку. У 2018р. відбулося зменшення обсягу перевезень на 4,70% порівняно з попереднім роком, а у 2019р. – зростання на 2,96% порівняно з попереднім роком.



Рисунок 1.7 – Динаміка обсягів перевезень вантажів трубопроводним транспортом (2014 – 2019рр.) в Україні (розраховано автором на основі даних [23])

Трубопровідний транспорт займає близько 7% від загального обсягу вантажоперевезень. Основним вантажем для цього виду транспорту є нафтопродукти, газ, аміак тощо, які переміщуються у середині країни та за кордон.

1.3 Особливості розвитку транспортної логістики в Україні

Важливим чинником розвитку економіки є ефективна транспортна система країни. Транспорт є сферою, яка знаходиться на стику виробничої сфери і сфери послуг. Транспорт забезпечує перевезення вантажів і пасажирів, допомагає розвивати зв'язки між підприємствами, галузями,

регіонами, не створюючи при цьому ніяких матеріальних цінностей. Якщо державна транспортна система ефективно функціонує та включена у світову транспортну мережу, то це сприяє збільшенню обсягів міжнародних перевезень та підвищенню конкурентоспроможності вітчизняного транспорту.

Одним з основних видів транспорту у транспортній системі України є залізничний транспорт. Він перевозить значний обсяг вантажів та пасажирів на великі відстані, а також забезпечує реалізацію експортно-імпортних операцій. Автомобільний транспорт здійснює перевезення пасажирів та вантажів переважно на короткі та середні відстані (у середньому, до 200 км). Трубопровідний транспорт має важливе значення для переміщення нафти, нафтопродуктів та природного газу. Україна має цільну мережу нафтопроводів. Вона складається з місцевих нафтопроводів, якими перекачується нафта від місць видобутку до нафтопереробних заводів, та магістральних нафтопроводів. Наповненість нафто- та газопроводів залежить від міжнародних угод на закупівлю та транспортування цих ресурсів. Річковий та морський транспорт входять до складу водного транспорту України. Річковий транспорт переважно здійснює внутрішньодержавні перевезення вантажів та у незначному обсязі міждержавні перевезення річкою Дунай. Авіаційний транспорт виконує функції, пов'язані зі з'єднанням України з іншими державами світу. Цим видом транспорту переважно здійснюються перевезення пасажирів, пошти та вантажів, що швидко псуються.

Зниження обсягів перевезень у 2014р. порівняно з 2013р. пов'язано з причинами складного економічного та політичного становища країни. В цей період відбулося зменшення обсягів експорту (залізної та марганцевої руди, прокату, чорних металів, хімічної продукції), спостерігалися критичні обсяги імпорту (газу та ліків), девальвація національної валюти, високий рівень інфляції, нестача зовнішніх інвестицій тощо. Всі ці причини вплинули на

обсяги вантажопотоків українського транспорту та призвели до зменшення загальних обсягів.

В Україні найбільшу частку у вантажообігу займає залізничний транспорт. Він є визначальним видом транспорту для переміщення масових вантажів для промисловості, будівництва та аграрного сектору. Для залізничного транспорту джерелом вантажів завжди був паливно-енергетичний комплекс (шахти, електростанції і нафтопереробка), гірничо-металургійний комплекс (рудна сировина, кокс, металургія), будівництво (цемент) [28]. У 2014 –2019р. вантажна база залізничного транспорту, яка переважно сконцентрована на території Дніпропетровської, Донецької та Луганської областей, втратила свої обсяги.

У сегменті річкового транспорту секторами, що утворюють потоки вантажів, є будівництво та гірничо-металургійний комплекс. Потенціал річкового транспорту використовується не достатньо. Наприклад, є доцільним збільшити частку перевезень зерна річковим транспортом, на сьогодні цей вид вантажів перевозиться переважно залізничним транспортом.

Важливими питаннями, що потребують вирішення, у логістичному секторі України є [15]:

а) спрощення документообігу під час перевезення вантажів з використанням автомобільного транспорту;

б) усунення подвійного оподаткування логістичних операцій і проблем, що викликані врахуванням ПДВ у міжнародних перевезеннях;

в) прозоре та раціональне регламентування процедури відведення земельних ділянок під функціонування торгової сфери, що є важливим для логістики;

г) підтримка сегменту комбінованих перевезень, з метою уникнення використання двох і більше видів транспорту для одного вантажу.

Основними проблемами транспортної логістики в Україні є [2]:

а) низька якість транспортного обслуговування;

б) значний показник зношеності транспорту;

- в) погана інформаційна підтримка процесу перевезень;
- г) недостатня інформація про програмні продукти, що автоматизувати, спростити та пришвидшити процеси виконання операцій та транспортування;
- д) недозавантаженість рухомого складу;
- е) недостатній обсяг страхування вантажу і транспортних засобів;
- ж) складності організації взаємодії декількох видів транспорту.

Важливим фактором підвищення ефективності роботи транспортного та логістичного комплексу є активізація міжнародного співробітництва з метою реконструкції та модернізації транспортних систем і мереж доріг в Україні, а також поглиблення і забезпечення, в разі потреби, сумісності транспортних систем в контексті створення більш глобальної транспортної системи.

У травні 2018р. Кабінетом міністрів України було схвалено Національну транспортну стратегію до 2030р. [29]. Принципами цієї стратегії стали конвергенція з актами ЄС та лібералізація ринків транспортних послуг. Основними заходами для досягнення визначено такі:

- а) орієнтацію та потреби бізнесу та пасажирів;
- б) розвиток мультимодальних перевезень;
- в) децентралізацію;
- г) прозорість та уникнення конфліктів інтересів;
- д) впровадження нових механізмів фінансування.

Основними найбільш залежними від транспорту галузями до 2030р. відповідно до стратегії будуть – сільське господарство (27.№% від собівартості), роздрібна торгівля (12,4%), металургійне виробництво (10,7%), видобуток нафти і газу (10,7%), державне управління і оборона (7%), вугільна промисловість (6,8%), зв'язок і поштові послуги (6,3%). Пріоритетним напрямком визначено розвиток міжнародних транспортних коридорів та транзиту, таких як: транзитний коридор – Новий шовковий шлях та розвиток мережі TEN-T коридорів для сполучення з Європейським Союзом. Відповідно до стратегії мають бути розглянуті такі короткострокові пріоритети (3 –5 років):

а) розробка нової методики нарахування портових зборів (зниження розміру зборів на 20-40%),

б) перегляди системи тарифоутворення на транспорті (врахування собівартості послуг та ринкових конкурентних цін) №

3) стратегічний план розвитку портів та оновлення портової інфраструктури;

г) підвищення ефективності залізничних перевезень за рахунок оновлення локомотивів та зменшення часу оборотності вагонів;

д) переорієнтація перевезень автомобільного та залізничного транспорту на внутрішні водні шляхи.

Стратегію розроблено з використанням збалансованого підходу, що реагує на прогнозоване зростання і зміну попиту на транспортні послуги, сприяючи економічному розвитку, підвищенню якості життя населення та ефективному використанню ресурсів.

РОЗДІЛ 2

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ТРАНСПОРТНІЙ ЛОГІСТИЦІ

2.1 Особливості інформаційного забезпечення логістичних систем

Інформаційне забезпечення у транспортній логістиці є взаємопов'язаною складною системою великої кількості різномірних елементів: програмного забезпечення, супутників глобального позиціонування транспортних засобів, автоматизованих робочих місць диспетчера, засобів комп'ютеризованого контролю стану автомобілю. Запровадження логістичних інформаційних систем у управлінські процеси підприємства дозволяє розв'язувати такі задачі, як [30]:

- а) збільшення швидкості обробки інформації та за рахунок цього швидке прийняття рішень;
- б) збільшення обсягів оброблюваної інформації та за рахунок цього аналізувати більшу кількість варіантів при прийнятті рішення;
- в) зведення до мінімуму помилки при зборі та обробці інформації.

Логістичною інформацією виступають знання, які необхідні для забезпечення процесу керування логістичною системою, а інформаційним забезпеченням логістики є діяльність з переробки, обліку, аналізу та прогнозу інформації з метою інтеграції елементів системи управління – планування, контролю та регулювання. Потік даних, що надходить по каналах зв'язку, є базою для отримання інформації. Чим вищий рівень управління, тим більш значущою для прийняття рішення є інформація і тим більше шкоди завдає неправильне вирішення.

При аналізі та створенні інформаційного забезпечення повинен використовуватись системний підхід – методологія наукового пізнання, в основі якого лежить розгляд об'єктів як систем, що складаються із закономірно структурованих та функціонально організованих елементів

(комплекс взаємопов'язаних підсистем, об'єднаних загальною метою). До принципів системного підходу відносяться:

- а) послідовний перехід по етапах створення логістичного ланцюга;
- б) узгодження інформаційних, надійнісних, ресурсних та інших характеристик створюваної логістичної системи;
- в) відсутність конфліктів між цілями окремих елементів і цілями всієї системи.

До автоматизованих інформаційних логістичних процесів пред'являються такі вимоги:

- масштабованість – здатність системи підтримувати як одиночних користувачів, так і безліч користувачів;
- розподільність – здатність системи забезпечувати спільну обробку документів кількома територіально рознесеними підрозділами підприємства або кількома віддаленими один від одного робочими місцями;
- модульність – здатність системи надавати користувачам можливість налаштовувати і вибирати функції системи з специфіки і складності діяльності підприємства, тобто система автоматизації гнучка і складається з окремих модулів, інтегрованих між собою (збут, склад, транспорт тощо);
- відкритість – система автоматизації інтегрована до інших інформаційних систем, вона має відкриті інтерфейси для розробки нових програм та інтеграції з іншими системами.

Під час розробки логістичної інформаційної системи необхідно приділяти особливу увагу методам вимірювання та порівнянню логістичних показників, а також методам управління ними. Системи оцінки результатів обслуговування споживачів повинні бути формалізованими та всеосяжними. Протягом всього процесу обслуговування споживачів необхідно встановлювати нормативи для кожного виду логістичних процедур. Для полегшення доступу до даних створюються сховища даних, які є інтегрованими елементами інформаційних систем підприємства. Необхідно здійснювати інтеграцію систем між собою. Так, системи оцінки та контролю

інтегруються з системами обслуговування замовлень і планування логістичних операцій, складування, транспортування тощо.

На сьогодні не існує чіткого підходу щодо кількості та складу показників, які у повній мірі характеризуватимуть роботу саме транспортної системи регіону, а не окремих її складових. На кожному виді транспорту є своя система показників, що відображають його специфіку. Також є група показників, яка є однією для всіх видів транспорту та для загальнодержавних планових та облікових органів. До цієї групи відносяться показники перевізної роботи. Показники умовно розрізняють на кількісні та якісні.

До категорії кількісних показників відносяться [31]:

а) перевезення вантажів – загальний обсяг вантажів, який навантажено та транспортовано рухомим складом окремих видів транспорту (залізничними вагонами, літаками, вантажними автомобілями, річковими та морськими судами), вимірюється в тонах;

б) вантажообіг – загальний обсяг вантажної транспортної роботи, який вимірюється в тонно-кілометрах та дорівнює сумі добутків перевезеного вантажу на відстань перевезення по кожній партії вантажу;

в) перевезення пасажирів – загальна кількість пасажирів, які транспортовано рухомим складом окремих видів транспорту (автобусами, залізничними пасажирськими вагонами, річковими та морськими судами, літаками тощо);

г) пасажирооборот – загальний обсяг пасажирської роботи, який вимірюється в пасажиро-кілометрах та дорівнює сумі добутків кількості пасажирів (групи пасажирів) на відстань їх перевезення.

Облік за цими показниками, як правило, ведеться наростаючим підсумком за кожну добу, декаду, місяць, квартал і рік. Окремі транспортні міністерства проводять підрахунок середньодобової роботи відповідно за декаду, місяць, квартал та рік.

Обсяг роботи транспорту з перевезення вантажів часто оцінюють показниками відправлення вантажів та прибуття вантажів [21]. Без

урахування експорту та імпорту розміри перевезення, відправлення і прибуття вантажів за будь-який тривалий період в цілому приблизно однакові. Але якщо підрозділ не тільки відправляє продукцію, але й приймає її від сусідніх підрозділів та здає на сусідні підрозділи, то у цьому випадку вводяться показники вивезення, ввезення, транзиту та місцевого сполучення. Під ввезенням розуміють кількість тон вантажу, що надійшов за обліковий період для клієнтів, які розміщені у історії даного відділення. Вивезенням називається кількість тонн вантажу, вивезеного з підприємств культури за межі даного транспортного підрозділу. Транзитна продукція – це продукція, яка вироблена та спожита за межами даного підрозділу і лише перевезена за його межі. Якщо продукція вироблена та спожита в межах даного підрозділа, то продукція належить до місцевого сполучення.

Загальний обсяг перевезеного вантажу кожним даним підрозділом транспорту складається з ввезення, вивезення, транзиту та місцевого сполучення. Обсяг перевезення вантажів (запланований і фактично виконаний) окремими підрозділами і в цілому за даним видом транспорту визначається шляхом підсумовування всіх відправлених (перевезених) тонн вантажу з усіх пунктів даного підрозділу або мережі в цілому:

$$p_1 + p_2 + \dots + p_n = \sum_{i=1}^n p_i, \quad (2.1)$$

де p_i – кількість вантажу (у тоннах), відправленого з i -го пункту мережі за певний період часу.

Також визначається обсяг перевезення найважливіших вантажів за встановленою номенклатурою. На залізничному транспорті, крім обсягу перевезень в тоннах, щодня враховується (і планується) завантаження кількості вагонів в цілому і за найважливішими видами вантажів.

Вантажообіг є синтетичним показником, який враховує не тільки масу перевезеного вантажу, але й відстань його перевезення. Вантажообіг визначається за формулою:

$$p_1 l_1 + p_2 l_2 + \dots + p_n l_n = \sum_{i=1}^n p_i l_i, \quad (2.2)$$

де $p_i l_i$ – вантажообіг окремих партій (p_1, p_2, \dots, p_n) при відповідній відстані їх перевезення (l_1, l_2, \dots, l_n).

Вантажообіг часто обчислюється не тільки за загальною масою вантажів, але й за окремими найважливішими найменуваннями.

Обсяг перевезення пасажирів зазвичай визначається за рік за формулою:

$$a_1 + a_2 + \dots + a_n = \sum_{i=1}^n a_i, \quad (2.3)$$

де a_i – число відправлених (перевезених) пасажирів з i -го пункту.

Пасажирооборот визначається як сума добутків кількості пасажирів на відповідну відстань її перевезення й визначається за формулою:

$$a_1 l_1 + a_2 l_2 + \dots + a_n l_n = \sum_{i=1}^n a_i l_i, \quad (2.4)$$

де l_1, l_2, \dots, l_n – відповідна дальність перевезення кожної групи пасажирів.

Вантажообіг і пасажирооборот нерідко називають продукцією транспорту. З метою визначення загальної сумарної роботи вантажних та пасажирських перевезень запроваджено показник приведеного вантажообігу.

Приведений вантажообіг на різних видах транспорту розраховується за формулою:

$$\sum_{i=1}^n p_i l_i + K \sum_{i=1}^n a_i l_i = \sum_{i=1}^n p_i l_{прив}, \quad (2.5)$$

де k – коефіцієнт переведення пасажиро-кілометрів на тонно-кілометри.

При визначенні приведеного вантажообігу на різних видах транспорту приймаються різні величини цього коефіцієнта. Величина коефіцієнта k залежить від співвідношення 1 т-км та 1 пас-км.

Вибір пріоритетного з цих показників був довгий час дискусійним питанням. Вантажообіг у тонно-кілометрах як показник вантажної роботи був домінуючим показником, оскільки він відображав механічну роботу, виконувану транспортом, та комплекс пов'язаних з нею інших важливих показників (потреба у рухомому складі, витрата палива, обсяг ремонту тощо). Але цей показник дозволяє деяким підприємствам збільшувати тонно-кілометрову роботу переважно за рахунок дальніх перевезень, що не завжди є виправданим з точки зору державних інтересів. Тому, в якості основного показника був визнаний обсяг перевезень (у тоннах), а вантажообіг збережений як допоміжний розрахунковий показник. Аналогічно, основним вважається пасажирооборот у пасажирському русі [32].

Раціональність транспортних зв'язків в країні оцінюють показником середньої дальності перевезення 1 тонни вантажу, яка визначається за формулою [21]:

$$l_{cp.в.} = \frac{\sum_{i=1}^n p_i l_i}{\sum_{i=1}^n p_i}. \quad (2.6)$$

Середню дальність розраховують як по всьому вантажопотоку, так і по окремих видах вантажів.

При плануванні, аналізі та обліку пасажирських перевезень також використовується показник середньої дальності перевезення пасажирів, яка визначається за аналогічною формулою:

$$l_{cp.п.} = \frac{\sum_{i=1}^n a_i l_i}{\sum_{i=1}^n a_i}. \quad (2.7)$$

Цей показник обчислюється в цілому по загальному потоку пасажирів і по окремих сполученнях. Найчастіше виділяються потоки приміських та міських пасажирів.

Важливим показником перевізної роботи для кожного виду транспорту є швидкість доставки пасажирів та вантажів по всьому шляху їхнього проходження від пункту початкового відправлення до пункту призначення. У випадку, якщо відомі середня дальність перевезення (l_{cp}) однієї тонни вантажів від пункту відправлення до пункту призначення і відповідно одного пасажирів і середній час (t_{cp}), витрачений на перевезення однієї тонни вантажу (одного пасажирів), то швидкість доставки визначається за формулою [21]:

$$U_{дост} = \frac{l_{cp}}{t_{cp}}. \quad (2.8)$$

Швидкість доставки вантажів (пасажирів) може бути визначена за формулою:

$$v_{досм}^B = \frac{\sum_{i=1}^n p_i l_i}{\sum_{i=1}^n p_i t_i}, \quad (2.9)$$

$$v_{досм}^П = \frac{\sum_{i=1}^n a_i l_i}{\sum_{i=1}^n a_i t_i}, \quad (2.10)$$

де $p_i l_i$, $a_i l_i$ – вантажообіг та пасажирооборот відповідно;

$p_i t_i$, $a_i t_i$ – сумарний час у тонно-годинах та пасажиро-годинах відповідно, витрачений на перевезення вантажів або пасажирів на всьому шляху прямування.

Ще однією групою показників, яку використовують на усіх видах транспорту, є економічна ефективність (якість) роботи. У цій групі найважливіше значення має собівартість перевезень у копійках та продуктивність праці, що вимірюється у тонно-кілометрах на одного працівника транспорту, зайнятого у перевезеннях. Зазвичай цей показник вимірюється за рік.

Собівартість перевезення вантажів і пасажирів на будь-якому виді транспорту визначається за формулами:

$$C_B = \frac{B_B}{\sum_{i=1}^n p_i l_i}, \quad (2.11)$$

$$C_П = \frac{B_П}{\sum_{i=1}^n a_i l_i}, \quad (2.12)$$

де B_B, B_{Π} – поточні експлуатаційні витрати за розрахунковий період відповідно по вантажному й пасажирському руху;

$\sum_{i=1}^n p_i l_i, \sum_{i=1}^n a_i l_i$ – виконаний вантажообіг і відповідно пасажирооборот за той же період.

Собівартість перевезень в приведених тонно-кілометрах обчислюється за формулою:

$$C_{\text{ПРИВ}} = \frac{B_B + B_{\Pi}}{\sum_{i=1}^n p_i l_i + \sum_{i=1}^n a_i l_i}. \quad (2.13)$$

За існуючим порядком планування та обліку в чисельник формул (2.11) – (2.13) включається: на залізничному транспорті – всі поточні витрати, пов’язані з перевезеннями; на морському транспорті – витрати на утримання плавскладу та експлуатацію транспортного флоту; на річковому транспорті – витрати, пов’язані з перевезеннями, за винятком витрат на колійне господарство, вантажно-розвантажувальні роботи і підсобно-допоміжні господарства; на автомобільному транспорті – витрати, пов’язані з перевезеннями вантажів і пасажирів, за винятком на утримання автомобільних доріг [21].

До складу поточних витрат входять основні та накладні витрати. До основних витрат належать:

- заробітна плата працівникам, що безпосередньо беруть участь у перевезеннях;
- нарахування на заробітну плату, витрати на паливо і матеріали;
- витрати на поточний ремонт і технічне обслуговування рухомого складу;
- відрахування на амортизацію основних засобів, вартість запчастин, інші витрати.

До накладних витрат відносяться витрати, пов'язані з управлінською діяльністю.

Продуктивність праці визначається за формулою:

$$J_{\Pi} = \frac{\sum_{i=1}^n p_i l_{\text{прис}}}{R}, \quad (2.14)$$

де $p_i l_{\text{прис}}$ – розрахункові наведені тонно-кілометри (зазвичай за рік);

R – середньооблікова кількість працівників за рік, пов'язаних з перевезеннями.

При оцінці ефективності роботи транспорту за допомогою вищенаведених показників (особливо показників собівартості та продуктивності праці) необхідно враховувати: основні виробничі фонди; забезпеченість трудовими ресурсами всіх підрозділів і служб, що брали участь у перевізному процесі, та інші умови, які суттєво впливають на результати роботи. Це важливо робити і при порівнянні рівнів собівартості і продуктивності праці за різні періоди або при зіставленні економічної ефективності різних видів транспорту. Тоді остаточні висновки будуть достатньо об'єктивними.

Показники діяльності транспортних систем регіонів, такі як вантажообіг, пасажирооборот за різними видами транспорту та інші показники надаються органами офіційної статистики України.

У сфері транспортної логістики актуальними є завдання автоматизації інформаційного потоку. Рационалізація матеріальних потоків підприємства, максимальне завантаження виробничих потужностей замовленнями споживачів, економія матеріальних витрат протягом усього логістичного потоку, оптимізація витрат на постачання, виробництво та реалізацію готової продукції відносяться до завдань логістики.

Автоматизацію інформаційного забезпечення, підтримки прийняття рішень тощо реалізують методи та інструментальні засоби інформаційних технологій. В логістичній діяльності сформувалися такі напрямки використання інформаційних технологій [33]:

- детальне управління виробничими запасами (в тому числі підвищення ефективності використання складських потужностей);
- оптимальне використання внутрішнього виробничого та складського транспорту;
- автоматизований відбір вантажів та їх комплектація відповідно до наявних замовлень;
- облік вантажів, які відправляються та постійний диспетчерський супровід на всьому шляху слідування до замовника та інше.

За сферою застосування логістичні інформаційні технології діляться на:

- Інтернет-технології (Web-технології, хмарні технології, віртуальні логістичні центри);
- технології логістичного менеджменту (телематика, IP-технології, голосові технології);
- технології ідентифікації (карткові технології, штрихове кодування, термінали збору даних тощо);
- технології зв'язку (наземні та супутникові).

Функціональна та структурна складність сучасних транспортно-логістичних мереж вимагає нової реалізації передавання та обробки інформації. Задоволення цих вимог відбувається за допомоги впровадження електронного документообігу (EDI) на локальному та глобальному рівнях, а також з використанням спеціальних сервісів в Інтернеті. Максимальний ефект від EDI досягається за умови наявності двох складових – електронного документообігу та цифрового підпису. Ця технологія дозволяє автоматизувати створення, відправлення, одержання, обробку електронних

документів та інтегрувати їх з бізнес-програмами. Для споживача документи матимуть вигляд звичайної форми інформаційної системи.

Також у Інтернеті формуються віртуальні логістичні центри (VCL), які володіють функціями маркетингу, консалтингу та фрахту. Їх інтеграція з інформаційними службами офіційних організацій та транспортних асоціацій дозволяє формувати єдиний транспортно-логістичний інформаційний простір.

Ачкасова Л. М. у роботі [34] описала модель інформаційного забезпечення перевезень вантажів за допомогою методології IDEF0. Основу цієї методології складає графічна мова моделювання систем. Основою вантажоперевезень є нормативні документи, які визначають правила дорожнього руху, закони та законодавчі акти, статут підприємства тощо. На вхід моделі впливають заявки клієнтів, інформація про місце розташування вантажів, матеріальний та фінансовий потоки. Водії, персонал автоперевізної організації, рухомий склад, апаратно-програмне забезпечення та організаційно-технічна система забезпечують вантажоперевезення. При цьому водії виступають безпосередніми учасниками перевезення вантажу. Персонал організації виконує забезпечуючі задачі: реєстрація замовлень, роботи з навантаження – розвантаження тощо. Рухомий склад є інструментом перевезення. Завдяки апаратно-програмному забезпеченню відбувається функціонування інформаційної системи. До елементів організаційно-технічної системи входять автостоянки, склади, будь-які витратні матеріали підприємства та інше. Вихідними елементами виступають виконані замовлення, створені документи, звіти та інша інформація про перевезення вантажу.

За результатами декомпозиції першого рівня побудовано більш докладну діаграму, яка складається з чотирьох блоків: робота диспетчерського центру, робота терміналу пункту відправлення, робота перевізника вантажу та робота терміналу пункту прийняття. Застосування цієї моделі інформаційного забезпечення перевезення вантажів дозволяє

оптимізувати процес управління логістичними операціями: скоротити час доставки вантажу за рахунок мінімізації часу, що витрачається водієм у пунктах відправлення та пунктах прийняття вантажу вантажоодержувачем; мінімізувати час доставки вантажу за рахунок оптимізації плану-маршруту вантажоперевезення тощо. В результаті збільшуються доходи, мінімізуються втрати та витрати, зменшуються ризики.

Транспортування є складовою логістичної системи підприємства, для контролю, аналізу та управління якою використовується логістична інформаційна система. Під логістичною інформаційною системою розуміють сукупність персоналу, устаткування, інтерактивних процедур обробки інформації, об'єднаних загальним інформаційним потоком, що відображає фізичні матеріальні потоки на підприємстві [35]. Основними принципами побудови логістичної інформаційної системи є:

- а) повнота інформації та її придатність до використання;
- б) точність представлення даних;
- в) своєчасність інформації;
- г) проблемна орієнтація (виявлення і зменшення логістичних витрат, економія ресурсів, поліпшення якості);
- д) адекватність і адаптованість;
- е) сумісність за форматами даних.

Типова логістична інформаційна система складається зі сховища даних (розподіленої бази даних) і механізму управління даними.

Найпоширенішими у світі сучасними системами комплексного програмного забезпечення є системи [36]:

- а) які забезпечують управління всіма процесами підприємства (ERP-системи);
- б) які забезпечують управління логістичними ланцюгами (SCM-системи).

Системи стандарту ERP підтримують здійснення основних як фінансових, так і управлінських функцій, тому їх використання стосується виробничих

підприємств. Базовим положенням стратегії SCM є «доставити потрібний товар – у потрібне місце – точно у строк – з низькими витратами – з необхідним сервісом для клієнта».

У інформаційних системах, створених для розв'язання частково структурованих завдань, аналітик, який працює з вихідною інформацією, відіграє визначальну роль у прийнятті остаточного рішення. такі системи не можуть бути цілком автоматизованими навіть за умови застосування технологій штучного інтелекту, нейронних мереж тощо. Інформаційні системи для розв'язання завдань діляться на два види [35]:

а) інформаційні системи, що створюють управлінські звіти й орієнтовані в основному на обробку даних (на основі інформації, що міститься у цих звітах, керівник приймає рішення);

б) інформаційні системи, що розробляють альтернативні рішення (прийняття рішення зводиться до вибору однієї з запропонованих альтернатив).

Інформаційні системи другого виду у свою чергу діляться на інформаційні системи підтримки прийняття рішень та експертні інформаційні системи.

Система підтримки прийняття рішень є інтерактивною системою, яка забезпечує користувачеві легкий доступ до моделей і даних для того, щоб підтримати процес прийняття рішень стосовно слабоструктурованих та неструктурованих завдань [37]. Всі види систем підтримки прийняття рішень характеризуються чіткою структурою, яка містить три головні компоненти: підсистему інтерфейсу користувача, підсистему керування базою даних, підсистему керування базою моделей. На сучасному етапі розвитку мереж (глобальної, корпоративної, міжорганізаційної) до систем підтримки прийняття рішень додають систему керування повідомленнями (комунікаціями або зв'язком). Сучасну структуру системи підтримки прийняття рішень наведено на рис. 2.1.

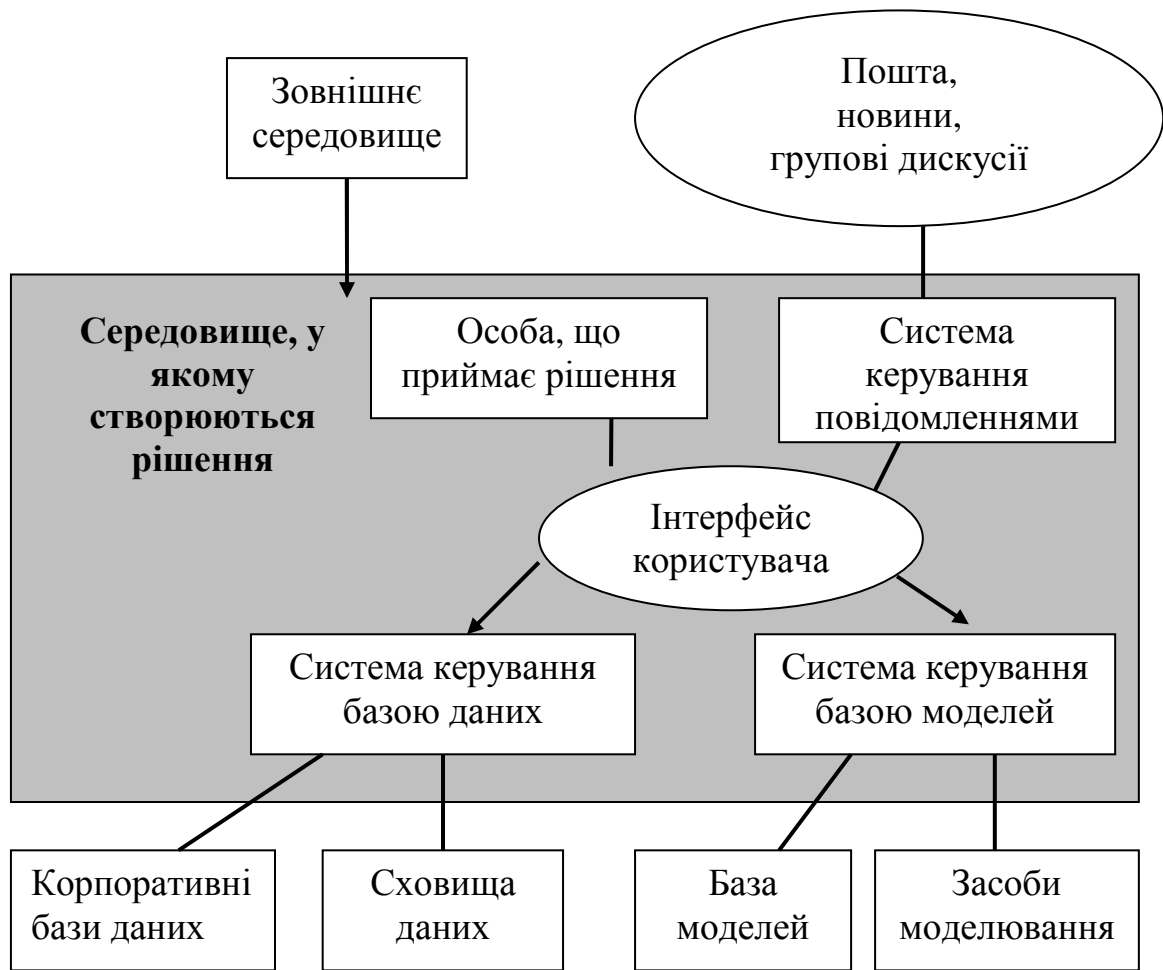


Рис. 2.1 – Сучасна структура системи підтримки прийняття рішень [37]

Ефективне поєднання всіх елементів системи підтримки прийняття рішень дає змогу уникнути деякі труднощі щодо побудови системи підтримки прийняття рішень та підвищити продуктивність комп'ютерної системи за рахунок особливої інтеграції бази даних системи підтримки прийняття рішень з іншими внутрішніми та зовнішніми базами даних, ефективного використання великих математичних моделей, вдалої координації діалогу з базою моделей та базою даних, зниження витрат на створення та експлуатацію системи тощо.

Експертні інформаційні системи забезпечують вироблення й оцінювання можливих альтернативних рішень користувачем на основі попередніх результатів розв'язання аналогічних завдань з баз знань та проведення інтелектуального аналізу даних [35].

2.2 Аналіз існуючих логістичних систем в Україні

Інформаційні системи логістичного управління повинні забезпечувати горизонтальну (між функціональними системами) та вертикальну (між рівнями ієрархії) інтеграцію логістичної системи [38]. Ключовим питанням логістичного управління є організація потоку, що забезпечує отримання своєчасної й адекватної інформації про ситуацію на ринку. Інформаційні потоки в інформаційних системах логістичного управління мають:

- а) взаємодіяти один з одним;
- б) бути взаємопов'язані; бути впорядковані;
- в) у сукупності володіти властивістю інтегрувати.

Різновидами інформаційних процесів є цілепокладання (вибір і формулювання цілей), планування (процес розробки розгорненої в часі послідовності майбутніх дій), регулювання (процес, що забезпечує фактичне проходження в реальному масштабі часу виробничо-збутової діяльності відповідно до складених планів). Логістична система працює як єдине ціле завдяки відповідному програмному забезпеченню.

Невід'ємною складовою більшості сучасних ERP-систем є наявність контуру «Логістика» [33]. Наприклад, програмний контур «Логістика» інформаційної ERP-системи SAP R/3 корпорації AG SAP (Німеччина) складається з таких модулів: продаж і розподіл (SD), планування виробництва (PP), управління матеріальними потоками (MM), обслуговування та ремонт обладнання (PM), менеджмент якості (QM), управління послугами (SM). Завдяки автоматичним проведенням R/3 дозволяє зменшити обсяг ручної роботи. Операції виконуються автоматично або одним співробітником у чітко визначений момент часу й відображається в усіх аспектах обліку – матеріальному та грошовому одночасно, забезпечуючи їх узгодженість.

Підтримку логістичних операцій на підприємствах також реалізовано у інтегрованій інформаційній системі «Oracle E-Business Suite», розробником

якої є компанія Oracle (США) [33]. Логістичні інструментальні засоби, що реалізовані у цій інформаційній системі допомагають підприємствам:

- управляти потоками замовлень на продаж;
- управляти складськими запасами;
- відстежувати стан і управляти завданнями на виробництво й відвантаження продукції;
- управляти транспортуванням продукції;
- обмінюватися інформацією з постачальниками, перевізниками та замовниками;
- координувати роботу ланцюжка поставок;
- управляти кадрами й обладнанням, що залучені в логістичні ланцюжки;
- забезпечувати доступність інформації у режимі реального часу;
- інтегрувати в загальну систему інші програмні продукти.

Основними частинами системи «Oracle E-Business Suite» є: управління збутом, управління складами, управління поставками. Використовуючи підсистему логістики підприємства мають змогу управляти інформацією та процесами, пов'язаними з усіма стадіями управління матеріальними потоками, починаючи із вхідних потоків до відвантаження продукції замовникові. Управління відвантаженнями, транспортом та зберіганням запасів охоплюються операціями та процесами логістики. Логістичні програмні модулі інтегрованої інформаційної системи «Oracle E-Business Suite» можуть використовуватись як компаніями-виробниками продукції в рамках загального ланцюжка закупівель, виготовлення та збуту продукції, так і дистриб'юторськими компаніями, що постачають готову продукцію виробничих підприємств споживачам.

Наявність у контурі «Логістика» інтегрованої інформаційної системи «Oracle E-Business Suite» модулю «Управління матеріальними запасами» уможливило зміну закупівельної стратегії компанії й забезпечує перехід на більш якісний рівень управління – CSRP-класу, який призначений для

розширеного планування, синхронізованого зі споживачем. При цьому не тільки вирішуються завдання міжвиробничої кооперації й дистрибуції, але й реалізуються клієнтоорієнтовані технології у плануванні за допомогою точного обліку зовнішніх ресурсів збуту.

У інтегрованих логістичних SCM-системах реалізовано резерв зниження загальних витрат за допомогою оптимальної організації руху сировини й комплектних виробів для переробки та складання. У зв'язку з цим традиційні логістичні й управлінські операції з замовлення, доставки та складування доповнені вимогами технологій «замовити у строк», «зробити у строк» і покладені в основу логістичної методології «точно у строк».

Для інформаційного забезпечення в світовій практиці застосовуються EDI-технології (Electronic Data Interchange), моніторинг вантажів та рухомого складу, системи навігації і автоматизовані системи управління в транспортних вузлах. Завдяки EDI-технологіям покращуються канали зв'язку між окремими логістичними ланками, які інтегруються між собою, зростає продуктивність логістичних систем, знижуються операційні, адміністративні та логістичні витрати.

На сьогодні усі види транспорту України мають свої автоматизовані інформаційні системи [39]: на залізничному транспорті використовується автоматизована система «Експрес», повітряному – АСУ «Сирена», автомобільному – АСУ «АТП-3000», морському – Інформаційна система портового співтовариства (ІСПС), річковому – РІС (річкова інформаційна система).

З 2006р. на залізничному транспорті АСУ «Експрес» було замінено на автоматизовану систему керування пасажирськими перевезеннями (АСК ПП УЗ), яка забезпечує обслуговування пасажирів щодо перевізних документів. АСК ПП УЗ забезпечує бронювання місць та продаж квитків на пасажирські поїзди [40]. Також, транспортну логістику на залізничному транспорті забезпечують Єдина автоматизована система керування вантажними перевезеннями (АСК ВП УЗ-Є) (з 2012р.), АС Клієнт (сервіс клієнтам

залізничного транспорту України по оформленню електронної накладної), Автоматизована система документообігу замовлень на перевезення вантажів та формування планів (АС Месплан), сервіс онлайн резервування та покупки квитків (<https://booking.uz.gov.ua>) та інші автоматизовані системи управління.

Інформаційна система портового співтовариства – електронна інформаційна система, що об'єднує адміністрацію порту, виробничі потужності порту, стивідорні компанії, контролюючі органи і служби, агентські та експедиторські компанії чи інші державні, приватні організації, які беруть участь у транспортуванні або обробці вантажів, контейнерів, транспортних засобів, і що дозволяє здійснювати накопичення в електронному вигляді, обмін, перевірку, оформлення і передачу будь-якої інформації або документів, достатніх для контролю та оформлення товарів, контейнерів та транспортних засобів при вантажних перевезеннях [39].

Автоматизована система РІС (річкова інформаційна система) спрямована, насамперед, на створення умов безпечної навігації на внутрішніх водних шляхах України, а також для збору та обробки інформації, яка надається судноводіям, судновласникам, портовим операторам, експедиторам, підрозділам Мінінфраструктури про судноплавні шляхи, рух суден та вантажних перевезень. Користувачі цієї системи можуть бачити всі дані про фарватери: рівень води, габарити суднового ходу, дані навігаційної обстановки, повідомлення про метеоумови та іншу інформацію. В рамках цієї системи створено сайт, який дозволяє користувачам у форматі XML отримувати інформацію про переміщення вантажів по Дніпру на двадцять одній мові.

Ефективність логістичної системи на транспорті визначається її можливістю інтегруватися у поточні транспортні процеси. Впровадження інформаційних технологій підвищує ефективність логістичної діяльності за рахунок електронного документообігу, інтерактивної взаємодії учасників у логістичному ланцюгу з використанням апаратури супутникової навігації для слідкування та превентивних мір взаємного страхування.

Однією з ключових задач в галузі транспортних перевезень та логістики є задачі маршрутизації. На сьогодні відсутні досконалі методи та розробляються нові наукові підходи розв'язку задач дискретної оптимізації. До вирішення практичних задач логістики застосовуються різні модифікації задачі комівояжера, які ґрунтуються на методах генетичних алгоритмів, мурашиної колонії, динамічного програмування, імітаційного моделювання тощо. У роботі [41] створено систему підтримки прийняття рішень, що дозволяє вирішувати задачі вибору оптимального варіанта доставки товару на основі двофазної оптимізації транспортної мережі з урахуванням ринкових пропозицій та можливості власного автопарку. Особа, що приймає рішення, для вирішення транспортного логістичного завдання повинна мати такі можливості:

- а) вибору оптимального маршруту за заданими критеріями з урахуванням існуючих обмежень;
- б) надання інформації про транспортні засоби та їх завантаженість;
- в) надання даних про територіальні області, які задіяні при вирішенні завдання;
- г) розрахунку часових і фінансових витрат.

Запропонований у статті програмний продукт створено із застосуванням можливостей JavaScript та він надає користувачу такі можливості:

- а) створювати список замовлень із описом характеристик вантажу;
- б) створювати список доступних транспортних засобів та їх характеристик;
- в) завантажувати готовий список вантажу із використанням таблиці MS Excel;
- г) розраховувати вартість доставки вантажів за використанням спеціалізованих компаній («Нова пошта»);
- д) розраховувати вартість доставки вантажів з використанням можливостей власного автотранспорту;
- е) показувати маршрут на Google-мапі.

Система підтримки прийняття рішень виконує розрахунок вартості транспортування вантажу за допомогою компанії доставки та власного транспортного засобу та обирає оптимальний маршрут за критерієм мінімізації довжини шляху за умови виконання низки обмежень.

Етапами впровадження інтегрованої інформаційної системи у логістичну компанію є [33]:

- формування команди експертів з логістичної компанії для аналізу ключових бізнес-процесів, які згодом модифікуються;
- розроблення, узгодження та затвердження на науково-технічній раді підприємства технічного завдання на автоматизацію;
- аналіз пропонованих постачальниками інтегрованих інформаційних систем;
- функціонально-вартісний аналіз інтегрованої інформаційної системи;
- видозміна бізнес-процесів, приведення їх до стандартного вигляду разом з консультантами організації-субпідрядників;
- запуск інформаційної платформи для проведення тестових робіт;
- розроблення разом із представниками керівництва сценаріїв запуску системи за кожним модулем;
- тестування сценаріїв і коригування системи з урахуванням одержаних вимог і виявлених дефектів;
- розроблення інструкції користувача і програм конвертації даних;
- підготовка технічного й програмного забезпечення на місцях упровадження;
- формування команди впровадження і команди підтримки;
- створення єдиного простору обміну даними на основі технології клієнт-сервер;
- розроблення регламентів роботи обох центрів і правил обміну інформацією, запуск серверу;
- тестування й усунення кінцевих дефектів;

– передавання системи в експлуатацію, контроль функціонування, технічна підтримка.

Запропонована послідовність є узагальненою та відображає певний досвід виконання даних робіт. Впровадження інтегрованих інформаційних систем на українських підприємствах передбачає реорганізацію на них інформаційної інфраструктури.

2.3 Економіко-математичні моделі для підтримки прийняття рішень для задач транспортної логістики

До систем підтримки прийняття рішень входять різні типи моделей. Кожна з моделей являє спрощення процесу прийняття рішення, яке є корисним для розуміння елементів сіті даного явища. база моделей систем підтримки прийняття рішень складається з [37]:

а) оптимізаційних моделей – моделей математичного програмування (лінійного, нелінійного динамічного) та інші;

б) неоптимізаційних моделей – статистичних моделей (лінійного та нелінійного аналізу регресій), методів прогнозування часових рядів, альтернативні методи моделювання тощо.

Для прогнозування обсягів вантажообігу за видами транспорту в Україні будемо використовувати методи прогнозування часових рядів.

Існує дві мети аналізу часових рядів [42]:

а) визначення природи ряду;

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

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

Як й більшість інших видів аналізу, аналіз часових рядів передбачає, що дані містять систематичну складову (яка зазвичай включає декілька

компонент) та випадковий шум (похибку), який ускладнює виявлення регулярних компонент. Більшість методів дослідження часових рядів включає різні способи фільтрації шуму, що дозволяють побачити регулярну складову більш виразно.

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

Якщо часові ряди містять значну похибку, то першим кроком виділення тренду є згладжування. Згладжування завжди включає певний спосіб локального усереднення даних, при якому несистематичні компоненти взаємно погашають один одного. Найбільш загальний метод згладжування – ковзне середнє, у якому кожен член ряду замінюється простим або зваженим середнім n сусідніх членів, де n – це ширина “вікна” [43]. Замість середнього можна використовувати медіану значень, що потрапили у вікно. Результати медіанного згладжування є більш стійкими до викидів (що мають місце всередині вікна), ніж результати згладжування ковзним середнім. Недоліком медіанного згладжування є те, що за відсутності явних викидів, воно призводить до більш «зубчастих» кривих (ніж згладжування ковзним середнім) й не дозволяє використовувати ваги.

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

Більшість монотонних часових рядів можна добре наблизити лінійною функцією. Якщо ряд має явну монотонну нелінійну компоненту, то дані

спочатку треба перетворити, щоби позбавитися від нелінійності. Зазвичай для цього використовують логарифмічне, експоненційне або поліноміальне перетворення даних.

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

Сезонні складові часового ряду можуть бути знайдені за допомогою корелограми, яка показує числоно та графічно автокореляційну функцію (АКФ), тобто коефіцієнти автокореляції та їх стандартні похибки для послідовності лагів з певного діапазону. Слід пам'ятати, що періодична залежність може суттєво змінитися після видалення автокореляцій першого порядку, тобто після взяття різниці з лагом 1.

Іншим методом дослідження періодичності є дослідження часної автокореляційної функції (ЧАКФ), яка є поглибленням поняття звичайної автокореляційної функції. У ЧАКФ прибирається залежність між проміжними спостереженнями (спостереженнями всередині лага) [42]. На першому лазі ЧАКФ дорівнює АКФ та дає більш «чисту» картину періодичних залежностей.

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

застосування моделі авторегресії та ковзного середнього (АРПКС (ARIMA)) та інших методів, наприклад, спектрального аналізу.

Окремі спостереження містять значну помилку, тоді як є бажання не тільки виділити регулярні компоненти, але також побудувати прогноз. Методологія АРПКС (ARIMA), розроблена Боксом і Дженкінсом (1976), дозволяє це зробити [42]. Цей метод є потужним та гнучким, але в той же час складним.

Згідно з методологією часовий ряд описується двома основними процесами:

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

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

$$x_t = \xi + \phi_1 \cdot x_{(t-1)} + \phi_2 \cdot x_{(t-2)} + \phi_3 \cdot x_{(t-3)} + \dots + \varepsilon, \quad (2.15)$$

де ξ – константа;

$\phi_1, \phi_2, \phi_3, \dots$ – параметри авторегресії;

ε – випадкова складова.

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

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

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

$$x_t = \mu + \theta_1 \cdot \varepsilon_{(t-1)} + \theta_2 \cdot \varepsilon_{(t-2)} + \theta_3 \cdot \varepsilon_{(t-3)} + \dots + \varepsilon_t, \quad (2.16)$$

де μ – константа;

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

ε – випадкова складова.

Тобто, поточне спостереження ряду являє собою суму випадкової компоненти в даний момент та лінійної комбінації випадкових впливів у попередні моменти часу. Слід відзначити, що між процесами ковзного середнього та авторегресії наявна «двоїстіть», тобто одне рівняння можна переписати у вигляді іншого та навпаки – властивість обратимості. Аналогічно умовам стаціонарності існують умови, що забезпечують обратимість моделі.

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

Перед тим як оцінювати параметри моделі, необхідно визначити, який тип моделі буде підбиратися до даних та яка кількість параметрів буде присутня у моделі – провести ідентифікацію моделі. Основними інструментами ідентифікації порядку моделі є графіки, автокореляційна функція (АКФ) та часна автокореляційна функція (ЧАКФ). Більшість часових

рядів, що зустрічаються на практиці, можна з достатнім ступенем точності апроксимувати однією з 5 основних моделей з невеликим числом параметрів кожного виду (не більше 2), які можна ідентифікувати за виглядом АКФ та ЧАКФ [44]:

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

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

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

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

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

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

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

Число різниць, що беруться для досягнення стаціонарності, визначається параметром d . Для визначення необхідного порядку різниці досліджуються графік ряду та корелограма. Сильні зміни рівня (сильні скачки вгору та вниз) зазвичай потребують взяття несезонної різниці першого порядку ($d=1$). Сильні зміни нахилу вимагають взяття різниці другого порядку. Сезонна складова вимагає взяття відповідної сезонної різниці. Якщо наявне повільне убивання вибірових коефіцієнтів автокореляції у залежності від лага, то беруть різницю першого порядку. Але перебільшення зі взяттям різниць призводить до менш стабільних оцінок коефіцієнтів. Модель має бути економною – в ній має бути найменша кількість параметрів та найбільше число ступенів волі серед усіх моделей, які оцінюють дані.

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

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

Існують різні методи оцінювання параметрів, які дають дуже схожі оцінки, але для даної моделі одні оцінки можуть бути більш ефективними, а інші менш ефективними. У загальному випадку, під час оцінювання порядку

моделі використовується так званий квазіньютонівський алгоритм максимізації правдоподібності (ймовірності) спостережень значень ряду за значеннями параметрів. На практиці це вимагає обчислення (умовних) сум квадратів (SS) залишків моделі. Є різні способи обчислення суми квадратів залишків SS :

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

В цілому, всі методи дають схожі результати та приблизно однакову ефективність на реальних даних. Однак, наближений метод максимальної правдоподібності МакЛеорда та Сейлза є найшвидшим й його можна використовувати для дуже великих рядів даних, а точний метод максимізації правдоподібності за Мелардом може бути не ефективним, якщо в моделі буде наявний великий сезонний лаг (наприклад, рік).

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

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

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

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

Експоненційне згладжування – це ще один полярний метод прогнозування багатьох часових рядів [43]. В цьому методі більш старим спостереженням приписуються експоненційно убиваючі ваги, при цьому, на відміну від ковзного середнього, враховуються всі попередні спостереження ряду, а не тільки ті, що потрапили до певного “вікна”. Точна формула простого експоненційного згладжування має вигляд:

$$S_t = \alpha \cdot x_t + (1 - \alpha) \cdot S_{t-1}, \quad (2.17)$$

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

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

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

Коли формула (2.17) застосовується рекурсивно, то кожне нове згладжене значення (яке одночасно є прогнозом) обчислюється як зважене середнє поточного спостереження та згладжуваного ряду. Результат згладжування залежить від параметра α . Якщо $\alpha=1$, то попередні спостереження повністю ігноруються. Якщо $\alpha=0$, то ігноруються поточні спостереження. Значення α між 0 та 1 дають проміжні результати. Обирається таке значення α , для якого сума квадратів залишків (спостережні значення мінус прогнози на крок наперед) є мінімальною. Просте експоненційне згладжування відповідає моделі ARIMA (0, 1, 1).

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

Метод лінійного тренда Хольта (подвійне експоненційне згладжування) [43] дозволяє моделювати дані зі стійкою тенденцією до

зростання. Це досягається додаванням другої моделі експоненційного згладжування, яка фіксує тренд (вгору або донизу). Модель має такий вигляд для всіх $i > 1$:

$$\begin{aligned} u_1 &= y_1, \quad v_1 = 0, \\ u_i &= \alpha y_i + (1 - \alpha)(u_{i-1} + v_{i-1}), \\ v_i &= \beta(u_i - u_{i-1}) + (1 - \beta)v_{i-1}, \\ \hat{y}_{i+1} &= u_i + v_i. \end{aligned} \quad (2.18)$$

Параметри моделі α та β повинні задовольняти умовам: $0 < \alpha \leq 1$, $0 < \beta \leq 1$. Прогнозне значення моделі на h періодів розраховується за формулою:

$$\hat{y}_{i+h} = u_i + hv_i. \quad (2.19)$$

Якщо $\beta = 0$, то модель перетворюється на модель простого експоненційного згладжування.

У методі Хольта-Уінтерса (потрійне експоненційне згладжування) додається сезонна компонента до моделі лінійного тренду Хольта. Кількість сезонних циклів дорівнює c .

Модель Хольта-Уінтерса з адитивною моделлю сезонності [45] для всіх $i > c$ має вигляд:

$$\begin{aligned} u_i &= \alpha(y_i - s_{i-c}) + (1 - \alpha)(u_{i-1} + v_{i-1}), \\ v_i &= \beta(u_i - u_{i-1}) + (1 - \beta)v_{i-1}, \\ s_i &= \gamma(y_i - u_{i-1} - v_{i-1}) + (1 - \gamma)s_{i-c}. \end{aligned} \quad (2.20)$$

Параметри моделі α , β , γ повинні задовольняти умовам: $0 < \alpha \leq 1$, $0 < \beta \leq 1$, $0 < \gamma \leq 1 - \alpha$.

Рівняння рівня показує середньозважене значення між сезонно скорегованим спостереженням $(y_i - s_{i-c})$ та несезонним прогнозом $(u_{i-1} + v_{i-1})$ для часу i . Рівняння тенденції ідентично лінійному методу

Холта. Сезонне рівняння показує середньозважене значення між поточним сезонним індексом $(y_i - u_{i-1} - v_{i-1})$ та сезонним індексом того ж сезону попереднього періоду (c періодів часу назад).

Прогнозне значення моделі на h періодів вперед розраховується за формулою:

$$\hat{y}_{i+h} = u_i + hv_i + s_{i+h-ch'}, \quad (2.21)$$

де $h' = INT(\frac{h-1}{c}) + 1$.

Модель Хольта-Уінтерса з мультиплікативною моделлю сезонності [45] для всіх $i > c$ має вигляд:

$$\begin{aligned} u_i &= \alpha \left(\frac{y_i}{s_{i-c}} \right) + (1 - \alpha)(u_{i-1} + v_{i-1}), \\ v_i &= \beta(u_i - u_{i-1}) + (1 - \beta)v_{i-1}, \\ s_i &= \gamma \left(\frac{y_i}{u_{i-1} + v_{i-1}} \right) + (1 - \gamma)s_{i-c}. \end{aligned} \quad (2.22)$$

Параметри моделі α , β , γ повинні задовольняти умовам: $0 < \alpha \leq 1$, $0 < \beta \leq 1$, $0 < \gamma \leq 1 - \alpha$.

Прогнозне значення моделі на h періодів розраховується за формулою:

$$\hat{y}_{i+h} = (u_i + hv_i)s_{i+h-ch'}, \quad (2.23)$$

де $h' = INT(\frac{h-1}{c}) + 1$.

Для періодів, коли $1 \leq i \leq c$, початкові значення моделі мають вигляд:

$$u_c = \frac{1}{c} \sum_{j=1}^c y_j, \quad v_c = 0, \quad s_i = \frac{y_i}{u_c}. \quad (2.24)$$

Якщо $\gamma=0$, то модель є еквівалентною лінійній моделі Хольта, а якщо $\beta=0$ та $\gamma=0$ – моделі простого експоненційного згладжування.

РОЗДІЛ 3

ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ ЗАДАЧІ ТРАНСПОРТНОЇ ЛОГІСТИКИ

3.1 Аналіз структури вантажних перевезень в Україні за видами вантажів

Визначимо інтенсивність та швидкість структурних змін у обсягах вантажних перевезень різними видами транспорту за видами вантажів для визначення пріоритетів у напрямках транспортної логістики. В роботі проведено аналіз структури перевезень за 2016 – 2019рр. залізничним, автомобільним, річковим та морським транспортом в Україні.

Структура – це взаємне розміщення груп, зв'язки між якими визначають специфіку сукупності, що вивчається. Структуру сукупності можна досліджувати за розподілом ознаки, вимірної у будь-якій шкалі (переважно якісній). Метою структурного аналізу є опис закономірностей формування сукупності одиниць, що спостерігається, тобто проведення типологізації елементів сукупності та виділення пріоритетного, домінантного та малозначимого типів одиниць. Система показників для вимірювання структури та відмінностей структури включає індивідуальні та узагальнюючі характеристики. До індивідуальних характеристик відносяться:

- а) частка;
- б) накопичена частка;
- в) абсолютна та відносна зміна часток груп;
- г) коефіцієнти координації;
- д) коефіцієнти навантаження.

Узагальнюючими характеристиками є:

- а) характеристики властивостей однієї структури (система узагальнюючих показників розподілу, характер варіації та форма розподілу);

б) узагальнюючі індекси порівняння двох структур (в часі або просторі);

в) узагальнюючі індекси порівняння декількох (більше двох) структур (у часі або просторі).

Структурно-динамічний аналіз полягає у розрахунку індивідуальних та узагальнюючих показників структурних змін. Для дослідження структурних зсувів доцільно використовувати тільки змінну базу порівняння, яка дозволяє більш точно описати інтенсивність динаміки цього процесу в умовах нестабільного зовнішнього середовища.

Індивідуальний показник абсолютних структурних зсувів зі змінною базою порівняння визначається за формулою [46]:

$$\Delta_d = d_j - d_{j-1}, \quad (3.1)$$

де d_j – питома вага даної групи у j -му періоді;

d_{j-1} – питома вага даної групи у період $j-1$.

Індивідуальний показник відносних структурних зсувів зі змінною базою порівняння визначається як [46]:

$$J_d = d_j / d_{j-1}, \quad (3.2)$$

де d_j – питома вага даної групи у j -му періоді;

d_{j-1} – питома вага даної групи у період $j-1$.

Індивідуальні показники структурних зсувів відображають інтенсивність змін у кожній групі, що аналізується. Їх розділяють на абсолютні та відносні, з постійною та змінною базою порівняння. Одиницею

вимірювання цих показників можуть бути процентні пункти та частки одиниці.

Для оцінки суттєвості структурних відмінностей у відносному вираженні у міжнародній аналітичній практиці широко використовуються інтегральні індекси К. Гатєва, А. Салаї, В. Рябцева, які враховують чисельність сукупності, кількість виділених груп та різний вклад груп у загальний обсяг ознаки, що вивчається.

Інтегральний коефіцієнт структурних зсувів К. Гатєва враховує інтенсивність змін за окремими групами та питому вагу груп у структурах, що порівнюються [46]:

$$K_G = \sqrt{\frac{\sum (d_j - d_{j-1})}{\sum d_j^2 + \sum d_{j-1}^2}}, \quad (3.3)$$

де d_j – питома вага даної групи у j -му періоді;

d_{j-1} – питома вага даної групи у період $j-1$.

Інтегральний коефіцієнт структурних зсувів А. Салаї враховує інтенсивність змін за окремими групами, питому вагу груп у структурах, а також число груп [46]:

$$K_S = \sqrt{\frac{\sum \frac{(d_j - d_{j-1})^2}{(d_j + d_{j-1})^2}}{n}}, \quad (3.4)$$

де d_j – питома вага даної групи у j -му періоді;

d_{j-1} – питома вага даної групи у період $j-1$,

n – число груп.

Індекс В. Рябцева визначає напрямок розвитку, наближення або віддалення від «еталонної» структури, додатні або від'ємні структурні зсуви (відмінності) [46]:

$$K_R = \sqrt{\frac{\sum (d_j - d_{j-1})^2}{\sum (d_j + d_{j-1})^2}}, \quad (3.5)$$

де d_j – питома вага даної групи у j -му періоді;

d_{j-1} – питома вага даної групи у період $j-1$.

Значення індексів знаходяться у інтервалі від 0 до 1. За відсутності зсувів у структурі сукупності ці показники дорівнюють 0. Загальним недоліком для інтегральних індексів К. Гатєва та А. Салаї є складність інтерпретації отриманих результатів. Показником, що добре інтерпретується, є критерій В. Рябцева, оскільки він має власну шкалу, яка дозволяє зробити більш адекватні висновки відносно структурних змін (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Шкала оцінки суттєвості структурних відмінностей за критерієм В. Рябцева [46]

Інтервал значень	Характеристика міри структурних відмінностей
0,000 – 0,030	тотожність структур
0,031 – 0,070	вельми низький рівень відмінності структур
0,071 – 0,150	низький рівень відмінностей структур
0,151 – 0,3	суттєвий рівень відмінностей структур
0,301 – 0,5	значний рівень відмінностей
0,501 – 0,7	вельми значний рівень відмінностей
0,701 – 0,9	протилежний тип структур
0,901 та вище	повна протилежність структур

Проведемо структурно-динамічний аналіз відправлень вантажів за видами транспорту в Україні у 2016 – 2019рр. У табл. А.1 Додатку А приведено обсяги відправлень залізничним транспортом за видами вантажів на основі даних Державної служби статистики України. У табл. 3.2 наведено питому вагу відправлень залізничним транспортом за видами вантажів до загального обсягу.

Таблиця 3.2 – Питома вага відправлень залізничним транспортом за видами вантажів (розраховано автором на основі [47 –50])

Номенклатура відправлених вантажів	Рік			
	2016	2017	2018	2019
кам'яне вугілля	0,1956	0,1583	0,1596	0,1523
кокс	0,0243	0,0180	0,0183	0,0164
нафта і нафтопродукти	0,0113	0,0137	0,0131	0,0126
руда залізна і марганцева	0,2367	0,2340	0,2485	0,2601
чорні метали	0,0862	0,0750	0,0751	0,0727
брухт чорних металів	0,0092	0,0112	0,0112	0,0091
лісові вантажі	0,0144	0,0101	0,0090	0,0038
хімічні і мінеральні добрива	0,0140	0,0126	0,0127	0,0168
зерно і продукти перемелу	0,1091	0,1287	0,1229	0,1516
цемент	0,0202	0,0213	0,0213	0,0206
будівельні матеріали	0,1211	0,1486	0,1342	0,1108
інші вантажі	0,1580	0,1684	0,1741	0,1733

За даними таблиці 3.2 можна зробити висновок, що найбільшу питому вагу у загальному обсязі перевезень залізничним транспортом займають руда залізна і марганцева (0,2601 у 2019р.), кам'яне вугілля (0,1523), зерно і продукти перемолу (0,1516) та інші вантажі (0,1733). Таким чином, основним вантажем при перевезенні залізничним транспортом є сировина для металургійної промисловості (руди та вугілля), а також зерно та продукти

перемелу. При цьому питома вага перевезень залізної та марганцевої руд, а також зерна та продуктів перемолу зростає, а питома вага перевезень кам'яного вугілля зменшується.

За формулами (3.3) – (3.5) розрахуємо показники якісних змін у структурі перевезень залізничним транспортом. Число груп дорівнює 12. Результат розрахунків наведено у табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Показники якісних змін у структурі перевезень залізничним транспортом (розраховано автором)

Інтегральні показники	Рік		
	2017	2018	2019
К. Гатєва (K_G)	0,0960	0,0395	0,0709
А. Салаї (K_S)	0,0950	0,0265	0,1346
В. Рябцева (K_R)	0,0680	0,0280	0,0502

Слід зазначити, що співвідношення, виведене В. Рябцевим ($K_R < K_G < K_S$) виконується тільки для 2019р. Згідно з критерієм В. Рябцева у 2017р. спостерігався вельми низький рівень відмінності структури перевезень порівняно з 2016р., у 2018р. – тотожна структура перевезень з 2017р., а у 2019р. – вельми низький рівень відмінності структури перевезень порівняно з 2018р.

У табл. А.2 Додатку А приведено обсяги відправлень автомобільним транспортом за видами вантажів на основі даних Державної служби статистики України. У табл. 3.4 наведено питому вагу відправлень автомобільним транспортом за видами вантажів до загального обсягу.

За даними таблиці 3.4 можна зробити висновок, що найбільшу питому вагу у загальному обсязі перевезень автомобільним транспортом займають руди та інша продукція добувної промисловості та розроблення кар'єрів (0,3834 у 2019р.), продукція сільського господарства, мисливства та лісового господарства; риба та інша продукція рибальства (0,1282) та харчові

продукти, напої та тютюнові вироби (0,1185). Таким чином, основним вантажем при перевезенні автомобільним транспортом є продукція добувної промисловості, а також продукція сільського господарства та харчової промисловості. При цьому питома вага перевезень залізної та марганцевої руд, а також зерна та продуктів перемолю зростає, а питома вага перевезень кам'яного вугілля зменшується.

За формулами (3.3) – (3.5) розрахуємо показники якісних змін у структурі перевезень автомобільним транспортом. Число груп дорівнює 19. Результат розрахунків наведено у табл. 3.5.

Таблиця 3.4 – Питома вага відправлень автомобільним транспортом за видами вантажів, усього (розраховано автором на основі [51 –54])

Номенклатура відправлених вантажів	Рік			
	2016	2017	2018	2019
продукція сільського господарства, мисливства та лісового господарства; риба та інша продукція рибальства	0,1278	0,1394	0,1242	0,1282
кам'яне і буре вугілля; сира нафта та природний газ	0,0230	0,0224	0,0187	0,0195
руди металеві та інша продукція добувної промисловості та розроблення кар'єрів; торф; уранові та торієві руди	0,4043	0,3674	0,4134	0,3834
харчові продукти, напої та тютюнові вироби	0,1119	0,1212	0,1172	0,1185
текстиль та вироби текстильні; шкіра та вироби зі шкіри	0,0034	0,0041	0,0045	0,0031
деревина та вироби з деревини та корка (крім меблів); вироби з соломки та матеріалів рослинних для плетіння; целюлоза, папір і вироби з паперу; друковані матеріали й записані носії інформації	0,0299	0,0324	0,0294	0,0333
кокс і продукти нафтоперероблення	0,0348	0,0394	0,0335	0,0347
речовини та продукти хімічні, волокна штучні та синтетичні; вироби гумові та пластмасові; паливо ядерне	0,0095	0,0133	0,0126	0,0104
продукція мінеральна неметалева інша	0,0675	0,0730	0,0761	0,0830
основні метали; готові металеві вироби, крім машин і устаткування	0,0225	0,0260	0,0264	0,0169

Продовження таблиці 3.4

Номенклатура вантажів	Рік			
	2016	2017	2018	2019
машини й устаткування, не віднесені до інших угруповань; офісні машини та комп'ютери; електричні машини і прилади, не віднесені до інших угруповань; радіо- і телевізійне устаткування і прилади, обладнання зв'язку; медичне обладнання, точні та оптичні прилади; наручні та інші годинники	0,0162	0,0180	0,0191	0,0156
транспортні засоби	0,0031	0,0031	0,0032	0,0038
меблі; інші промислові товари, не віднесені до інших угруповань	0,0120	0,0139	0,0170	0,0124
вторинна сировина; комунальні та інші відходи	0,0257	0,0262	0,0246	0,0194
пошта, поштові відправлення	0,0052	0,0070	0,0071	0,0059
устаткування і матеріали, що їх використовують при транспортуванні вантажів	0,0022	0,0033	0,0037	0,0029
вантажі, що їх транспортують у зв'язку із переїздом (переміщенням) домогосподарств та офісів; багаж та речі туристів; транспортні засоби, що їх перевозять для ремонту; інші некомерційні вантажі, не віднесені до інших угруповань	0,0003	0,0003	0,0003	0,0004
групові вантажі: група різних видів вантажів, що їх перевозять разом	0,0069	0,0079	0,0077	0,0067
інші види вантажів, не віднесені до попередніх угруповань	0,0938	0,0816	0,0613	0,1023

Слід зазначити, що співвідношення, виведене В. Рябцевим ($K_R < K_G < K_S$) не виконується тільки для 2018р., що можна пояснити змінами у окремих групах у цьому році. Згідно з критерієм В. Рябцева у 2017 – 2019р. спостерігався вельми низький рівень відмінності структури перевезень порівняно з попереднім періодом.

Таблиця 3.5 – Показники якісних змін у структурі перевезень автомобільним транспортом (розраховано автором)

Інтегральні показники	Рік		
	2017	2018	2019
К. Гатєва (K_G)	0,0681	0,0844	0,0826
А. Салаї (K_S)	0,0845	0,0612	0,1275
В. Рябцева (K_R)	0,0482	0,0598	0,0585

Окремо проаналізуємо обсяги відправлень автомобільним транспортом у міжнародному сполученні (табл. А.3 Додатку А). У табл. 3.6 наведено питому вагу відправлень автомобільним транспортом за видами вантажів до загального обсягу у міжнародному сполученні.

Таблиця 3.6 – Питома вага відправлень автомобільним транспортом за видами вантажів, у міжнародному сполученні (розраховано автором на основі [51 –54])

Номенклатура відправлених вантажів	Рік			
	2016	2017	2018	2019
продукція сільського господарства, мисливства та лісового господарства; риба та інша продукція рибальства	0,0728	0,0754	0,0660	0,0506
кам'яне і буре вугілля; сира нафта та природний газ	0,0040	0,0036	0,0030	0,0024
руди металеві та інша продукція добувної промисловості та розроблення кар'єрів; торф; уранові та торієві руди	0,0190	0,0235	0,0146	0,0284
харчові продукти, напої та тютюнові вироби	0,1540	0,1461	0,1626	0,1391
текстиль та вироби текстильні; шкіра та вироби зі шкіри	0,0114	0,0100	0,0109	0,0103
деревина та вироби з деревини та корка (крім меблів); вироби з соломки та матеріалів рослинних для плетіння; целюлоза, папір і вироби з паперу; друковані матеріали й записані носії інформації	0,1356	0,1232	0,1216	0,2276
кокс і продукти нафтоперероблення	0,0178	0,0202	0,0334	0,0391

Продовження таблиці 3.6

Номенклатура вантажів	Рік			
	2016	2017	2018	2019
речовини та продукти хімічні, волокна штучні та синтетичні; вироби гумові та пластмасові; паливо ядерне	0,0671	0,0726	0,0638	0,0498
продукція мінеральна неметалева інша	0,0700	0,0696	0,0707	0,0601
основні метали; готові металеві вироби, крім машин і устаткування	0,0682	0,0700	0,0657	0,0528
машини й устаткування, не віднесені до інших угруповань; офісні машини та комп'ютери; електричні машини і прилади, не віднесені до інших угруповань; радіо- і телевізійне устаткування і прилади, обладнання зв'язку; медичне обладнання, точні та оптичні прилади; наручні та інші годинники	0,0646	0,0659	0,0501	0,0566
транспортні засоби	0,0301	0,0261	0,0264	0,0164
меблі; інші промислові товари, не віднесені до інших угруповань	0,0705	0,0788	0,0993	0,0793
вторинна сировина; комунальні та інші відходи	0,0044	0,0041	0,0055	0,0038
пошта, поштові відправлення	0,0004	0,0004	0,0013	0,0007
устаткування і матеріали, що їх використовують при транспортуванні вантажів	0,0093	0,0120	0,0121	0,0083
вантажі, що їх транспортують у зв'язку із переїздом (переміщенням) домогосподарств та офісів; багаж та речі туристів; транспортні засоби, що їх перевозять для ремонту; інші некомерційні вантажі, не віднесені до інших угруповань	0,0008	0,0009	0,0011	0,0018
групові вантажі: група різних видів вантажів, що їх перевозять разом	0,0207	0,0170	0,0147	0,0194
інші види вантажів, не віднесені до попередніх угруповань	0,1793	0,1807	0,1770	0,1534

Розрахуємо індекси К. Гатєва, А. Салаї та коефіцієнт В. Рябцева для обсягів перевезень автомобільним транспортом у міжнародному сполученні. Число груп дорівнює 19. Результати розрахунків наведено у табл. 3.7.

Таблиця 3.7 – Показники якісних змін у структурі перевезень автомобільним транспортом у міжнародному сполученні (розраховано автором)

Інтегральні показники	Рік		
	2017	2018	2019
К. Гатєва (K_G)	0,0436	0,0823	0,2486
А. Салаї (K_S)	0,0587	0,1653	0,1754
В. Рябцева (K_R)	0,0308	0,0583	0,1786

Слід зазначити, що співвідношення, виведене В. Рябцевим ($K_R < K_G < K_S$) не виконується тільки для 2019р., що можна пояснити змінами у окремих групах у цьому році. Згідно з критерієм В. Рябцева у 2017 – 2019р. спостерігався перехід від вельми низького рівня відмінності структури перевезень у міжнародному сполученні у 2017р. до суттєвого рівня відмінності структури перевезень у 2019р. У 2019р. зменшується у міжнародному сполученні на 2,4% порівняно з попереднім роком питома вага харчових продуктів, напоїв та тютюнових виробів, а питома вага деревини та виробів з деревини та корка (крім меблів) зростає на 10,6%.

Проаналізуємо обсяги відправлень річковим транспортом у внутрішньому та закордонному сполученнях (табл. А.4, табл. А.5 Додатку А). У табл. 3.8 наведено питому вагу відправлень річковим транспортом за видами вантажів до загального обсягу у внутрішньому сполученні. Основним видом вантажів річкового транспорту в Україні у внутрішньому сполученні є сипучі вантажі, питома вага яких у загальному обсязі вантажів у 2016 – 2019рр. у середньому склала 90%. До такого виду вантажів відносяться: вугілля, кокс, будь-яка руда, будівельні вантажі, хімічні та мінеральні

добрива, зерно та продукти помелу, інші сипучі вантажі. У 2019р. 81,66% сипучих вантажів, перевезених річковим транспортом у внутрішньому сполученні склали будівельні матеріали.

Таблиця 3.8 – Питома вага відправлень річковим транспортом за видами вантажів, у внутрішньому сполученні (розраховано автором на основі [55 –58])

Номенклатура вантажів	відправлених	Рік			
		2016	2017	2018	2019
наливні вантажі		0,0000	0,0011	0,0009	0,0007
сипучі вантажі		0,8906	0,9252	0,8772	0,8769
тарно-штучні вантажі		0,0996	0,0658	0,1141	0,1151
інші вантажі		0,0098	0,0079	0,0078	0,0072

Розрахуємо індекси К. Гатєва, А. Салаї та коефіцієнт В. Рябцева для обсягів перевезень річковим транспортом у внутрішньому сполученні. Число груп дорівнює 4. Результати розрахунків наведено у табл. 3.9.

Таблиця 3.9 – Показники якісних змін у структурі перевезень річковим транспортом у внутрішньому сполученні (розраховано автором)

Інтегральні показники	Рік		
	2017	2018	2019
К. Гатєва (K_G)	0,0376	0,0531	0,0010
А. Салаї (K_S)	0,5131	0,1446	0,0611
В. Рябцева (K_R)	0,0266	0,0376	0,0007

Співвідношення виведене В. Рябцевим виконується, що свідчить про достовірність розрахунків. Згідно з критерієм В. Рябцева у 2017 – 2019р. спостерігалася тотожність структури перевезень річковим транспортом у внутрішньому сполученні.

У табл. 3.10 наведено питому вагу відправлень річковим транспортом за видами вантажів до загального обсягу у закордонному сполученні.

Таблиця 3.10 – Питома вага відправлень річковим транспортом за видами вантажів, у закордонному сполученні (розраховано автором на основі [55 –58])

Номенклатура вантажів	відправлених	Рік			
		2016	2017	2018	2019
наливні вантажі		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
сипучі вантажі		0,6066	0,6562	0,6629	0,6815
тарно-штучні вантажі		0,3934	0,3438	0,3371	0,3185
інші вантажі		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

У закордонному сполученні у відправленнях річковим транспортом також переважають сипучі вантажі. У 2019р. 63,54% сипучих вантажів, перевезених річковим транспортом у закордонному сполученні складала будь-яка руда, а 21,88% – зерно.

Розрахуємо індекси К. Гатєва, А. Салаї та коефіцієнт В. Рябцева для обсягів перевезень річковим транспортом у закордонному сполученні. Оскільки у 2016 – 2019рр. відсутні відправлення у закордонному сполученні наливних вантажів та інших вантажів, то для розрахунку індексу А. Салаї будемо розглядати лише 2 групи у структурі відправлених вантажів. Результати розрахунків наведено у табл. 3.11.

Таблиця 3.11 – Показники якісних змін у структурі перевезень річковим транспортом у закордонному сполученні (розраховано автором)

Інтегральні показники	Рік		
	2017	2018	2019
К. Гатєва (K_G)	0,0678	0,0090	0,0248
А. Салаї (K_S)	0,0551	0,0056	0,0158
В. Рябцева (K_R)	0,0480	0,0064	0,0176

Нерівність, виведена В. Рябцевим, не виконується щодо індексу А. Салаї, що свідчить про вплив на оцінку індексу числа груп. Згідно з критерієм В. Рябцева у 2017 – 2019р. спостерігалася тотожність структури перевезень річковим транспортом у закордонному сполученні.

Проаналізуємо обсяги відправлень морським транспортом у внутрішньому та закордонному сполученнях (табл. А.6, табл. А.7 Додатку А). У табл. 3.12 наведено питому вагу відправлень морським транспортом за видами вантажів до загального обсягу у внутрішньому сполученні.

Таблиця 3.12 – Питома вага відправлень морським транспортом за видами вантажів, у внутрішньому сполученні (розраховано автором на основі [59 –62])

Номенклатура вантажів	відправлених	Рік			
		2016	2017	2018	2019
наливні вантажі		0,0466	0,0384	0,0438	0,0073
сипучі вантажі		0,6392	0,4760	0,6888	0,6141
тарно-штучні вантажі		0,2904	0,4826	0,2674	0,3786
вантажі в контейнерах (брутто)		0,0237	0,0030	0,0000	0,0000
інші вантажі		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Основним видом вантажів морського транспорту в Україні у внутрішньому сполученні є сипучі та тарно-штучні вантажі. У 2019р. 89,26% сипучих вантажів, перевезених морським транспортом у внутрішньому сполученні склали зерно та продукти перемелу, а серед тарно-штучних вантажів 72,5% – чорні метали (металопрокат у в'язках та чавун).

Розрахуємо індекси К. Гатєва, А. Салаї та коефіцієнт В. Рябцева для обсягів перевезень морським транспортом у внутрішньому сполученні. Число груп дорівнює 4 (відсутні перевезення вантажів у групі «інші вантажі»). Результати розрахунків наведено у табл. 3.13.

Співвідношення виведене В. Рябцевим виконується, що свідчить про достовірність розрахунків за усіма показниками. Згідно з критерієм В. Рябцева у 2017 – 2018р. спостерігалася суттєвий рівень відмінності

структури перевезень морським транспортом у внутрішньому сполученні порівняно з попереднім періодом. У 2019р. рівень відмінності структури відправлених вантажів низький.

Таблиця 3.13 – Показники якісних змін у структурі перевезень морським транспортом у внутрішньому сполученні (розраховано автором)

Інтегральні показники	Рік		
	2017	2018	2019
К. Гатєва (K_G)	0,2587	0,3013	0,1343
А. Салаї (K_S)	0,4178	0,5291	0,4260
В. Рябцева (K_R)	0,1861	0,2181	0,0954

У табл. 3.14 наведено питому вагу відправлень морським транспортом за видами вантажів до загального обсягу у закордонному сполученні.

Таблиця 3.14 – Питома вага відправлень морським транспортом за видами вантажів, у закордонному сполученні (розраховано автором на основі [59 –62])

Номенклатура відправлених вантажів	Рік			
	2016	2017	2018	2019
наливні вантажі	0,0000	0,0000	0,0000	0,0207
сипучі вантажі	0,1443	0,1677	0,1663	0,1713
тарно-штучні вантажі	0,7033	0,7107	0,8221	0,8081
вантажі в контейнерах (брутто)	0,0056	0,0039	0,0003	0,0000
інші вантажі	0,1468	0,1177	0,0113	0,0000

Основним видом вантажів морського транспорту в Україні у закордонному сполученні є тарно-штучні вантажі. У 2019р. серед тарно-штучних вантажів 78,91% складають чорні метали (металопрокат у в'язках та чавун).

Розрахуємо індекси К. Гатєва, А. Салаї та коефіцієнт В. Рябцева для обсягів перевезень морським транспортом у внутрішньому сполученні.

Число груп дорівнює 4 (оскільки перевезення вантажів у групі «наливні вантажі» у 2016 – 2018рр. були відсутні). Результати розрахунків наведено у табл. 3.15.

Таблиця 3.15 – Показники якісних змін у структурі перевезень морським транспортом у закордонному сполученні (розраховано автором)

Інтегральні показники	Рік		
	2017	2018	2019
К. Гатєва (K_G)	0,0366	0,1378	0,0237
А. Салаї (K_S)	0,1002	0,5284	0,6325
В. Рябцева (K_R)	0,0263	0,0982	0,0167

Співвідношення виведене В. Рябцевим виконується, що свідчить про достовірність розрахунків за усіма показниками. Згідно з критерієм В. Рябцева у 2017 та 2019р. спостерігалася тотожність структур, а у 2018р. – вельми низький рівень відмінності структури перевезень морським транспортом у закордонному сполученні порівняно з попереднім періодом.

Результати оцінки структурних відмінностей перевезень різними видами транспорту дозволили виявити незначні структурні відмінності за досліджений період.

3.2 Моделювання динаміки вантажних перевезень в Україні за видами транспорту

Для прогнозування вантажообігу за видами транспорту (залізничний, автомобільний, водний, трубопроводний, авіаційний) в Україні розглянемо часові ряди вантажообігу за період з січня 2006р. по вересень 2020р. Ці помісячні дані отримаємо на основі даних Державної служби статистики України [63,64] за видами транспорту.

Для побудови прогнозу вантажообігу будемо використовувати ARIMA-модель, модель Хольта-Уінтерса з адитивною моделлю сезонності (формула 2.20) та модель Хольта-Уінтерса з мультиплікативною моделлю сезонності (формула 2.22). Аналіз та прогнозування часових рядів буде здійснюватися з використанням мови програмування для статистичної обробки та візуалізації даних R (бібліотеки `tseries`, `forecast`, `ggplot2`, `dygraphs`).

Часовий ряд вантажообігу залізничного транспорту складається з 177 значень (помісячні дані з січня 2006р. по вересень 2020р.). Графік часового ряду приведено на рис. 3.1.



Рис.3.1 – Вантажообіг залізничного транспорту у 2006 – 2020рр. в Україні

Засобами мови R проведемо декомпозицію часового ряду вантажообігу залізничного транспорту (рис. 3.2).

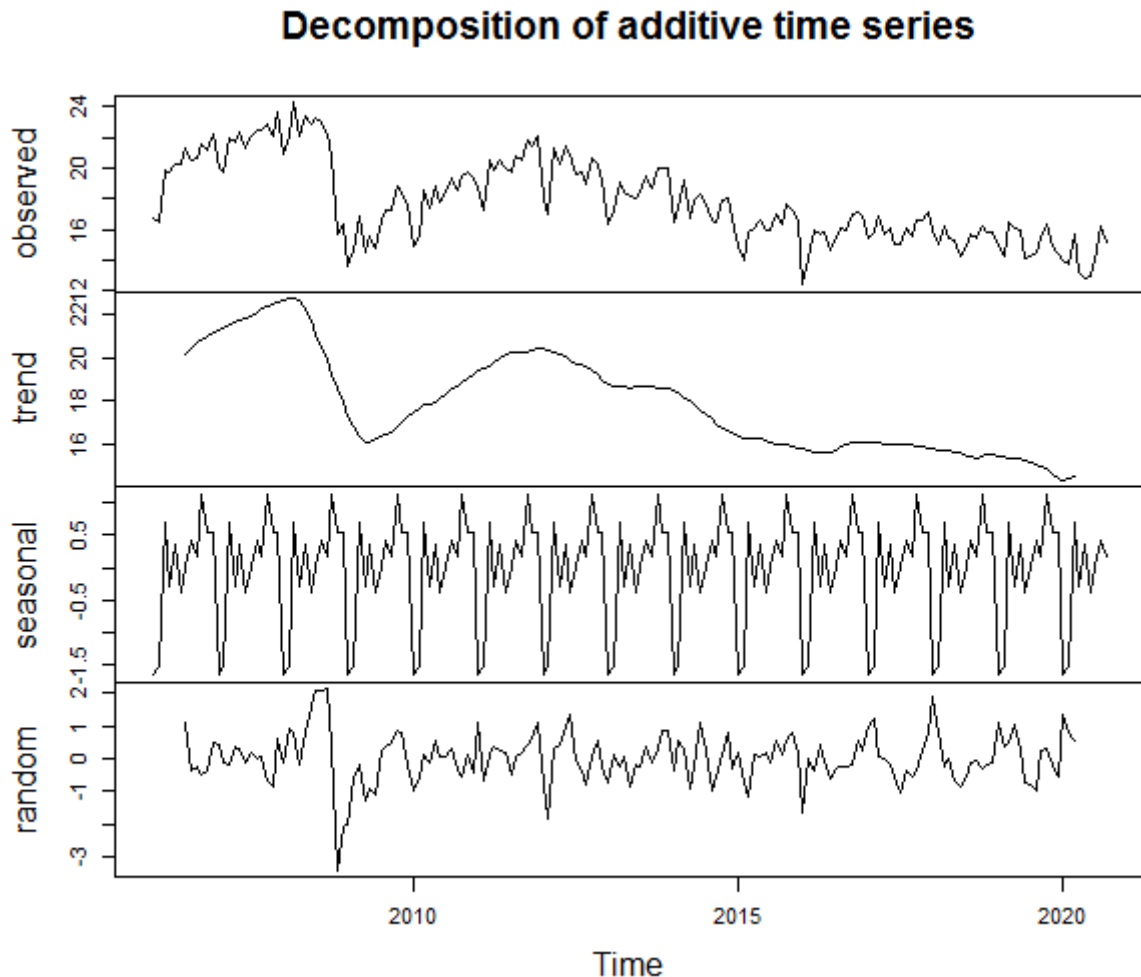


Рис.3.2 – Декомпозиція часового ряду вантажообігу залізничного транспорту у 2006 – 2020рр. в Україні

Результат декомпозиційного аналізу часового ряду вантажообігу залізничного транспорту свідчить про убутний тренд та наявність сезонної складової.

Перевірка часового ряду на стаціонарність тестом Дікі-Фулера [65] показала, що часовий ряд вантажообігу залізничного транспорту є стаціонарним, оскільки $p\text{-value} = 0,04566$, що менше порогового значення 0,05.

Розділемо часовий ряд на навчальну та тестову вибірки. Навчальна вибірка складається зі 156 значень (88,1% даних, січень 2006р. – грудень 2018р.). Тестова вибірка – 21 значення (11,9% даних, січень 2019р. – вересень 2020р.). Використовуючи навчальну вибірку побудуємо ARIMA-модель, застосувавши функцію у мові R `auto.arima()`, та моделі Хольта-Уінтерса з адитивною та мультиплікативною моделями сезонності.

ARIMA-модель з найменшим значенням інформаційного критерію Акаїке (AIC) за результатами застосування функції `auto.arima()` має вигляд: ARIMA (0, 1, 0)(2, 0, 0) [12] (рис. 3.3). Модель містить нуль параметрів авторегресії (p) та нуль параметрів ковзного середнього (q), які обчислюються для ряду після взяття різниці з лагом 1 (d), сезонна авторегресія моделі (ps) дорівнює 2.

```
Series: rail_train
ARIMA(0,1,0)(2,0,0)[12]
```

```
Coefficients:
sar1    sar2
0.4387  0.3106
s.e.    0.0726  0.0749
```

```
sigma^2 estimated as 0.9597: log likelihood=-220.07
AIC=446.14  AICc=446.3  BIC=455.27
```

Рис.3.3 – ARIMA-модель часового ряду вантажообігу залізничного транспорту в Україні

Модель Хольта-Уінтерса з адитивною моделлю сезонності для часового ряду вантажообігу залізничного транспорту в Україні має вигляд:

$$\begin{aligned} u_i &= 0,8892(y_i - s_{i-c}) + 0,1108(u_{i-1} + v_{i-1}), \\ v_i &= 0,0105(u_i - u_{i-1}) + 0,9895v_{i-1}, \\ s_i &= 0,1049(y_i - u_{i-1} - v_{i-1}) + 0,8951s_{i-c}. \end{aligned} \quad (3.6)$$

Параметри моделі $\alpha=0,8892$, $\beta=0,0105$, $\gamma^*=0,9466$ задовольняють умовам: $0 < \alpha \leq 1$, $0 < \beta \leq 1$, $0 < \gamma^* \leq 1$. Параметр $\gamma = \gamma^* \cdot (1 - \alpha) = 0,9466 \cdot 0,1108 = 0,1049$, що задовольняє умові $0 < \gamma \leq 1 - \alpha$.

Модель Хольта-Уінтерса з мультиплікативною моделлю сезонності для часового ряду вантажообігу залізничного транспорту в Україні має вигляд:

$$\begin{aligned} u_i &= 0,8511\left(\frac{y_i}{s_{i-c}}\right) + 0,1489(u_{i-1} + v_{i-1}), \\ v_i &= 0,0100(u_i - u_{i-1}) + 0,99v_{i-1}, \\ s_i &= 0,0867\left(\frac{y_i}{u_{i-1} + v_{i-1}}\right) + 0,9133s_{i-c}. \end{aligned} \quad (3.7)$$

Параметри моделі $\alpha=0,8511$, $\beta=0,0100$, $\gamma^*=0,5826$ задовольняють умовам: $0 < \alpha \leq 1$, $0 < \beta \leq 1$, $0 < \gamma^* \leq 1$. Параметр $\gamma = \gamma^* \cdot (1 - \alpha) = 0,5826 \cdot 0,1489 = 0,0867$, що задовольняє умові $0 < \gamma \leq 1 - \alpha$.

Вибір кращої моделі для прогнозування відбувається на основі розрахованої середньої абсолютної процентної похибки (MAPE) прогнозу на тестовій вибірці. Результати розрахунку наведено у табл. 3.16.

Таблиця 3.16 – Середня абсолютна процентна похибка (MAPE) прогнозу вантажообігу залізничного транспорту в Україні на тестовій вибірці (розраховано автором)

Назва моделі	MAPE
ARIMA (0, 1, 0)(2, 0, 0) [12]	4,9220
Модель Хольта-Уінтерса з адитивною моделлю сезонності	7,9186
Модель Хольта-Уінтерса з мультиплікативною моделлю сезонності	8,1870

Значення середньої абсолютної процентної похибки найменшим є для моделі ARIMA (0, 1, 0)(2, 0, 0) [12], тому вона обирається для подальшого прогнозування вантажообігу залізничного транспорту в Україні. Результат прогнозування на наступні 6 місяців наведено у табл. 3.17.

За результатами прогнозування як й у попередні роки у лютому 2021р. спостерігатиметься зменшення вантажообігу з подальшим зростанням з

березня 2021р. Також прогнозується зменшення обсягу вантажообігу у березні 2021р. на 7,9% порівняно з березнем 2020р.

Таблиця 3.17 –Прогноз вантажообігу залізничного транспорту в Україні на жовтень 2020р. – березень 2021р.(розраховано автором)

Період	Прогнозне значення, млрд ткм
жовтень 2020р.	14,952
листопад 2020р.	14,763
грудень 2020р.	14,853
січень 2021р.	14,232
лютий 2021р.	13,946
березень 2021р.	14,508

Часовий ряд вантажообігу автомобільного транспорту складається з 177 значень (помісячні дані з січня 2006р. по вересень 2020р.). Графік часового ряду приведено на рис. 3.4.

Засобами мови R проведемо декомпозицію часового ряду вантажообігу автомобільного транспорту (рис. 3.5). Результат декомпозиційного аналізу часового ряду вантажообігу автомобільного транспорту свідчить про зростаючий тренд та наявність сезонної складової.

Перевірка часового ряду на стаціонарність тестом Дікі-Фулера [65] показала, що часовий ряд вантажообігу автомобільного транспорту є стаціонарним, оскільки $p\text{-value} = 0,01$, що менше порогового значення 0,05.

Розділемо часовий ряд вантажообігу автомобільного транспорту на навчальну та тестову вибірки. Навчальна вибірка складається зі 156 значень (88,1% даних, січень 2006р. – грудень 2018р.). Тестова вибірка – 21 значення (11,9% даних, січень 2019р. – вересень 2020р.).

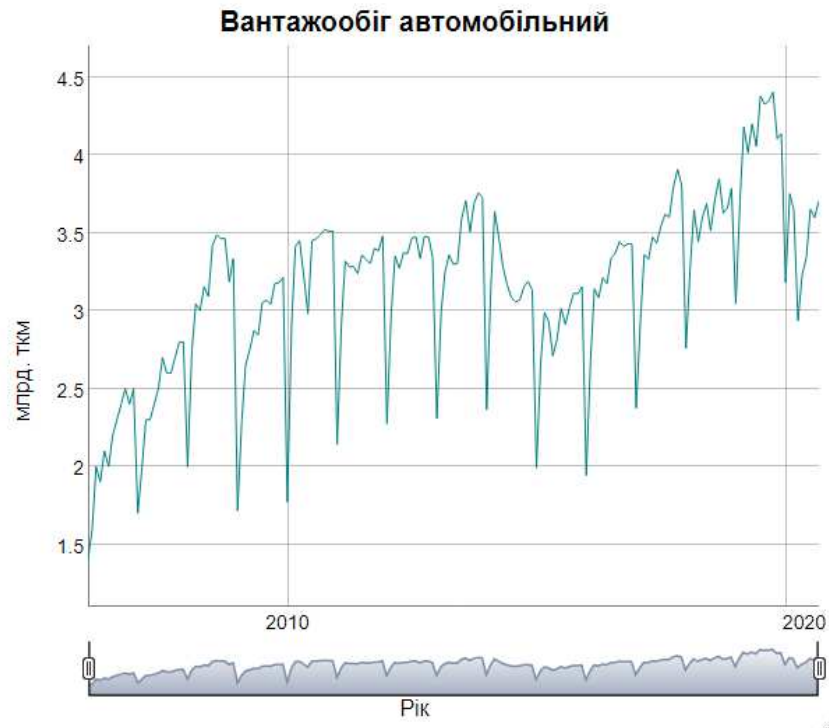


Рис.3.4 – Вантажообіг автомобільного транспорту у 2006 – 2020рр. в Україні

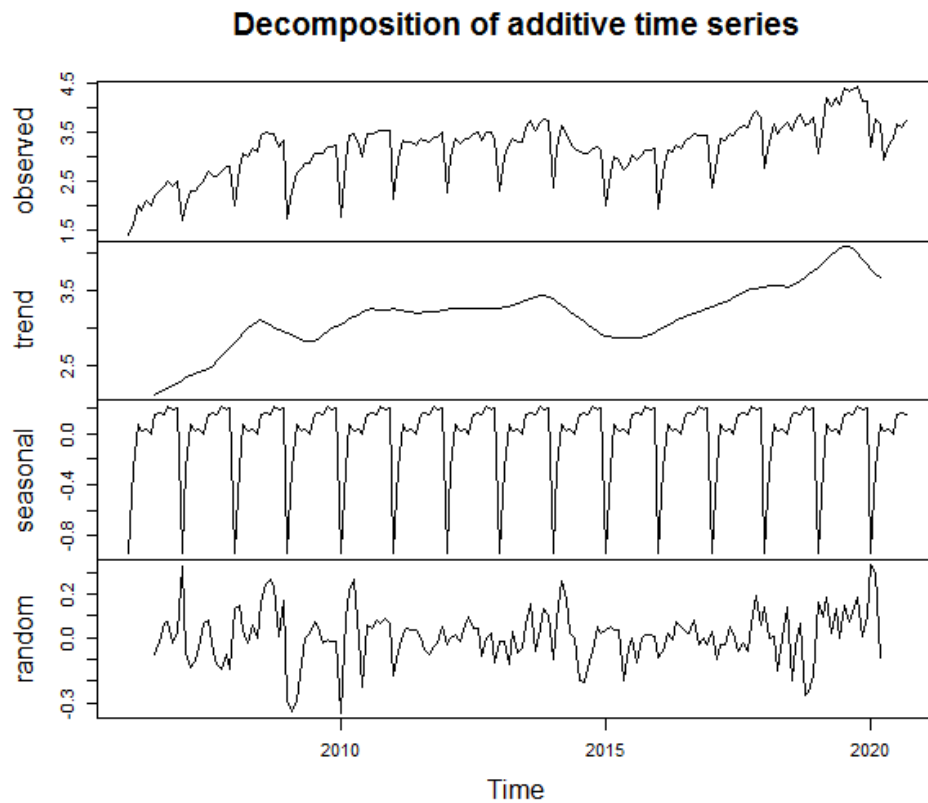


Рис.3.5 – Декомпозиція часового ряду вантажообігу автомобільного транспорту у 2006 – 2020рр. в Україні

Використовуючи навчальну вибірку побудуємо ARIMA-модель, застосувавши функцію у мові R `auto.arima()`, та моделі Хольта-Уінтерса з адитивною та мультиплікативною моделями сезонності.

ARIMA-модель з найменшим значенням інформаційного критерію Акаїке (AIC) за результатами застосування функції `auto.arima()` має вигляд: ARIMA (1, 1, 1)(2, 1, 0) [12] (рис. 3.6). Модель містить один параметрів авторегресії (p), один параметр ковзного середнього (q), які обчислюються для ряду після взяття різниці з лагом 1 (d), сезонна авторегресія моделі (ps) дорівнює 2, сезонна різниця (ds) – 1.

```
Series: auto_train
ARIMA(1,1,1)(2,1,0) [12]

Coefficients:
      ar1      ma1      sar1      sar2
0.3034 -0.4814 -0.5307 -0.1501
s.e. 0.3371 0.3065 0.0900 0.0995

sigma^2 estimated as 0.02364: log likelihood=65.15
AIC=-120.29 AICc=-119.85 BIC=-105.48
```

Рис.3.6 – ARIMA-модель часового ряду вантажообігу автомобільного транспорту в Україні

Модель Хольта-Уінтерса з адитивною моделлю сезонності для часового ряду вантажообігу автомобільного транспорту в Україні має вигляд:

$$\begin{aligned} u_i &= 0,6242(y_i - s_{i-c}) + 0,3758(u_{i-1} + v_{i-1}), \\ v_i &= 0,0139(u_i - u_{i-1}) + 0,9861v_{i-1}, \\ s_i &= 0,3232(y_i - u_{i-1} - v_{i-1}) + 0,6768s_{i-c}. \end{aligned} \quad (3.8)$$

Параметри моделі $\alpha=0,6242$, $\beta=0,0139$, $\gamma^*=0,8601$ задовольняють умовам: $0 < \alpha \leq 1$, $0 < \beta \leq 1$, $0 < \gamma^* \leq 1$. Параметр $\gamma = \gamma^* \cdot (1 - \alpha) = 0,8601 \cdot 0,3758 = 0,3232$, що задовольняє умові $0 < \gamma \leq 1 - \alpha$.

Модель Хольта-Уінтерса з мультиплікативною моделлю сезонності для часового ряду вантажообігу автомобільного транспорту в Україні має вигляд:

$$\begin{aligned}
 u_i &= 0,5931\left(\frac{y_i}{s_{i-c}}\right) + 0,4069(u_{i-1} + v_{i-1}), \\
 v_i &= 0,0187(u_i - u_{i-1}) + 0,9813v_{i-1}, \\
 s_i &= 0,2666\left(\frac{y_i}{u_{i-1} + v_{i-1}}\right) + 0,7334s_{i-c}.
 \end{aligned}
 \tag{3.9}$$

Параметри моделі $\alpha=0,5931$, $\beta=0,0187$, $\gamma^*=0,6552$ задовольняють умовам: $0 < \alpha \leq 1$, $0 < \beta \leq 1$, $0 < \gamma^* \leq 1$. Параметр $\gamma = \gamma^* \cdot (1 - \alpha) = 0,6552 \cdot 0,4069 = 0,2666$, що задовольняє умові $0 < \gamma \leq 1 - \alpha$.

Вибір кращої моделі для прогнозування відбувається на основі розрахованої середньої абсолютної процентної похибки (MAPE) прогнозу на тестовій вибірці. Результати розрахунку наведено у табл. 3.18.

Таблиця 3.18 – Середня абсолютна процентна похибка (MAPE) прогнозу вантажообігу автомобільного транспорту в Україні на тестовій вибірці (розраховано автором)

Назва моделі	MAPE
ARIMA (1, 1, 1)(2, 1, 0) [12]	11,0762
Модель Хольта-Уінтерса з адитивною моделлю сезонності	11,6328
Модель Хольта-Уінтерса з мультиплікативною моделлю сезонності	11,9608

Значення середньої абсолютної процентної похибки найменшим є для моделі ARIMA (1, 1, 1)(2, 1, 0) [12], тому вона обирається для подальшого прогнозування вантажообігу автомобільного транспорту в Україні. Результат прогнозування на наступні 6 місяців наведено у табл. 3.19.

За результатами прогнозування як й у попередні роки у січні 2021р. спостерігатиметься зменшення вантажообігу з подальшим зростанням з лютого 2021р. Також прогнозується збільшення обсягу вантажообігу у березні 2021р. на 7,6% порівняно з березнем 2020р.

Таблиця 3.19 –Прогноз вантажообігу автомобільного транспорту в Україні на жовтень 2020р. – березень 2021р.(розраховано автором)

Період	Прогнозне значення, млрд ткм
жовтень 2020р.	3,960
листопад 2020р.	4,018
грудень 2020р.	4,060
січень 2021р.	2,985
лютий 2021р.	3,532
березень 2021р.	3,929

Часовий ряд вантажообігу трубопроводного транспорту складається з 177 значень (помісячні дані з січня 2006р. по вересень 2020р.). Графік часового ряду приведено на рис. 3.7.

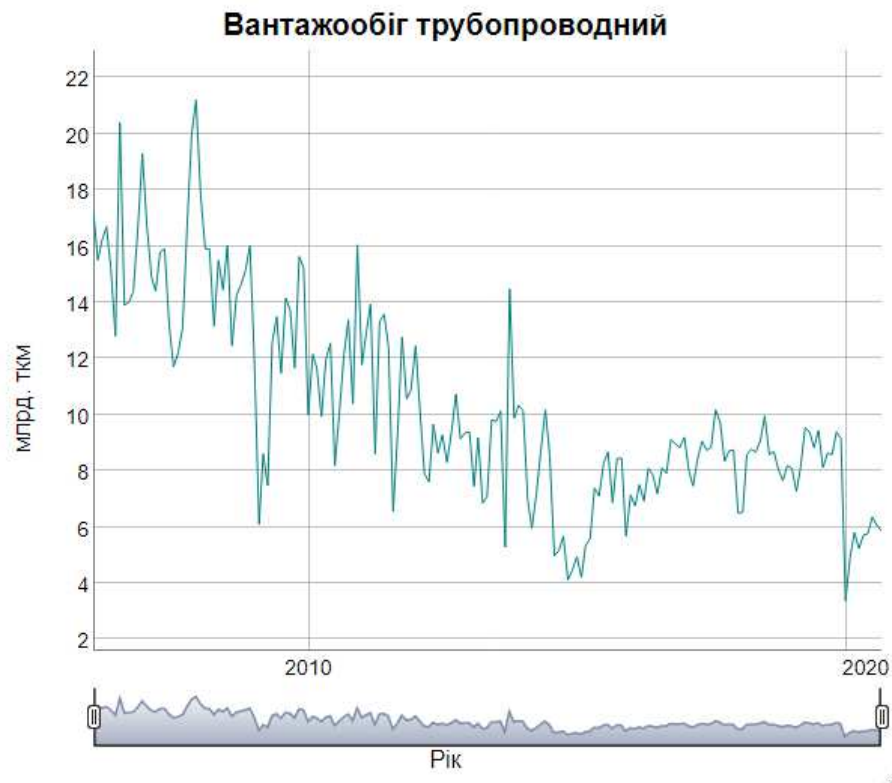


Рис.3.7 – Вантажообіг трубопроводного транспорту у 2006 – 2020рр. в Україні

Засобами мови R проведемо декомпозицію часового ряду вантажообігу залізничного транспорту (рис. 3.8).

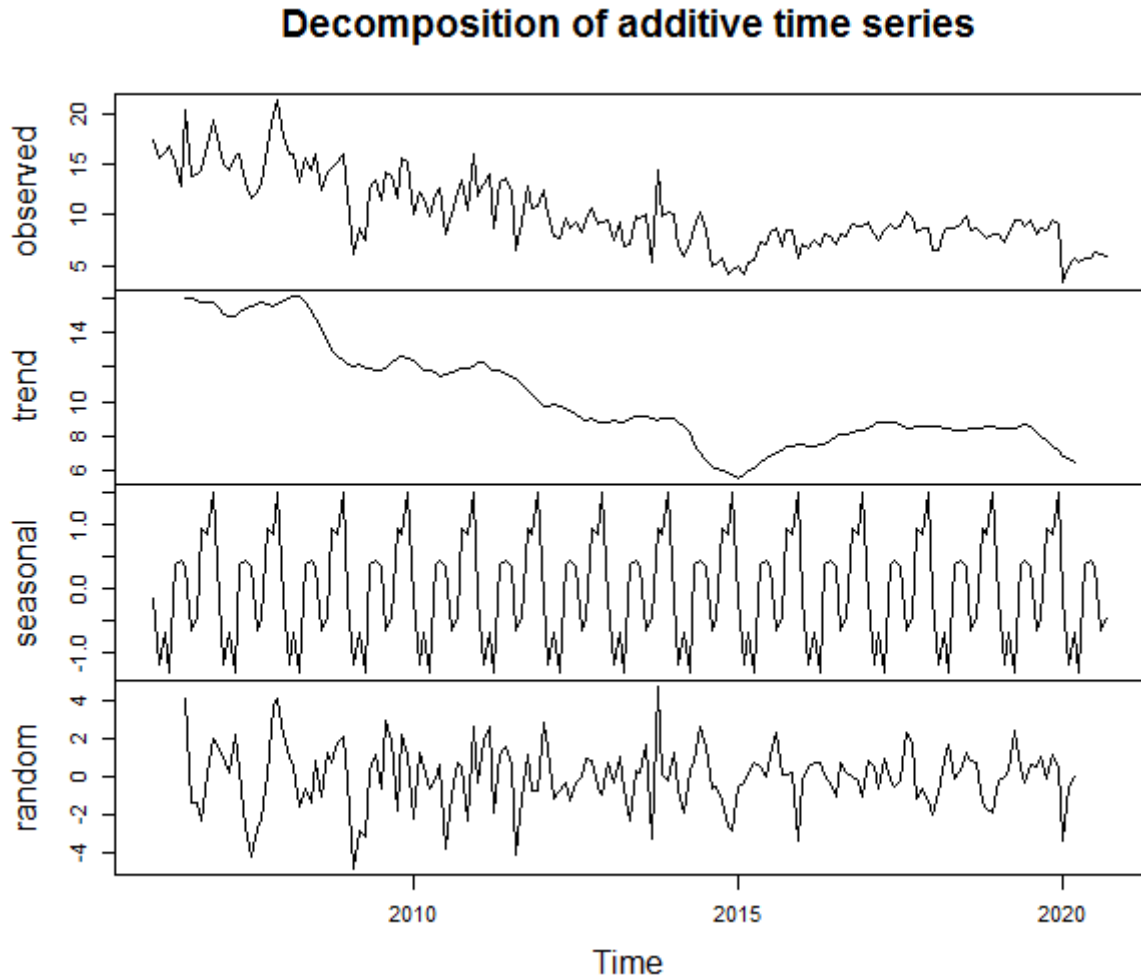


Рис.3.8 – Декомпозиція часового ряду вантажообігу трубопроводного транспорту у 2006 – 2020рр. в Україні

Результат декомпозиційного аналізу часового ряду вантажообігу залізничного транспорту свідчить про убутний тренд та наявність сезонної складової.

Перевірка часового ряду на стаціонарність тестом Дікі-Фулера [65] показала, що часовий ряд вантажообігу трубопроводного транспорту не є стаціонарним, оскільки $p\text{-value} = 0,09$, що менше порогового значення $0,05$. Приведення ряду до стаціонарності відбувається взяттям послідовних

різниць. Взяття першої різниці приводить часовий ряд до стаціонарного вигляду зі значенням $p\text{-value} = 0,01$.

Розділемо часовий ряд на навчальну та тестову вибірки. Навчальна вибірка складається зі 156 значень (88,1% даних, січень 2006р. – грудень 2018р.). Тестова вибірка – 21 значення (11,9% даних, січень 2019р. – вересень 2020р.). Використовуючи навчальну вибірку побудуємо ARIMA-модель, застосувавши функцію у мові R `auto.arima()`, та моделі Хольта-Уінтерса з адитивною та мультиплікативною моделями сезонності.

ARIMA-модель з найменшим значенням інформаційного критерію Акаїке (AIC) за результатами застосування функції `auto.arima()` має вигляд: ARIMA (1, 1, 1)(2, 0, 0) [12] (рис. 3.9). Модель містить один параметр авторегресії (p) та один параметр ковзного середнього (q), які обчислюються для ряду після взяття різниці з лагом 1 (d), сезонна авторегресія моделі (ps) дорівнює 2.

```
Series: trub_train
ARIMA(1,1,1)(2,0,0) [12]

Coefficients:
      ar1      ma1      sar1      sar2
    0.3647 -0.8838  0.1894  0.1719
s.e.  0.1021  0.0551  0.0810  0.0833

sigma^2 estimated as 3.862:  log likelihood=-323.71
AIC=657.41  AICc=657.82  BIC=672.63
```

Рис.3.9 – ARIMA-модель часового ряду вантажообігу трубопроводного транспорту в Україні

Модель Хольта-Уінтерса з адитивною моделлю сезонності для часового ряду вантажообігу трубопроводного транспорту в Україні має вигляд:

$$\begin{aligned} u_i &= 0,3359(y_i - s_{i-c}) + 0,6641(u_{i-1} + v_{i-1}), \\ v_i &= v_{i-1}, \\ s_i &= 0,3509(y_i - u_{i-1} - v_{i-1}) + 0,6491s_{i-c}. \end{aligned} \tag{3.10}$$

Параметри моделі $\alpha=0,3359$, $\beta=0$, $\gamma^*=0,5284$ задовольняють умовам: $0 < \alpha \leq 1$, $0 < \beta \leq 1$, $0 < \gamma^* \leq 1$. Параметр $\gamma = \gamma^* \cdot (1 - \alpha) = 0,5284 \cdot 0,6641 = 0,3509$, що задовольняє умові $0 < \gamma \leq 1 - \alpha$.

Модель Хольта-Уінтерса з мультиплікативною моделлю сезонності для часового ряду вантажообігу трубопроводного транспорту в Україні має вигляд:

$$\begin{aligned} u_i &= 0,3249 \left(\frac{y_i}{s_{i-c}} \right) + 0,6751(u_{i-1} + v_{i-1}), \\ v_i &= v_{i-1}, \\ s_i &= 0,2741 \left(\frac{y_i}{u_{i-1} + v_{i-1}} \right) + 0,7259s_{i-c}. \end{aligned} \quad (3.11)$$

Параметри моделі $\alpha=0,3249$, $\beta=0$, $\gamma^*=0,4060$ задовольняють умовам: $0 < \alpha \leq 1$, $0 < \beta \leq 1$, $0 < \gamma^* \leq 1$. Параметр $\gamma = \gamma^* \cdot (1 - \alpha) = 0,4060 \cdot 0,6751 = 0,2741$, що задовольняє умові $0 < \gamma \leq 1 - \alpha$.

Вибір кращої моделі для прогнозування відбувається на основі розрахованої середньої абсолютної процентної похибки (MAPE) прогнозу на тестовій вибірці. Результати розрахунку наведено у табл. 3.20.

Таблиця 3.20 – Середня абсолютна процентна похибка (MAPE) прогнозу вантажообігу трубопроводного транспорту в Україні на тестовій вибірці (розраховано автором)

Назва моделі	MAPE
ARIMA (1, 1, 1)(2, 0, 0) [12]	28,5852
Модель Хольта-Уінтерса з адитивною моделлю сезонності	17,6882
Модель Хольта-Уінтерса з мультиплікативною моделлю сезонності	17,6612

Значення середньої абсолютної процентної похибки найменшим є для моделі Хольта-Уінтерса з мультиплікативною моделлю сезонності, тому вона обирається для подальшого прогнозування вантажообігу

трубопроводного транспорту в Україні. Результат прогнозування на наступні 6 місяців наведено у табл. 3.21.

Таблиця 3.21 –Прогноз вантажообігу трубопроводного транспорту в Україні на жовтень 2020р. – березень 2021р.(розраховано автором)

Період	Прогнозне значення, млрд ткм
жовтень 2020р.	6,101
листопад 2020р.	5,793
грудень 2020р.	5,766
січень 2021р.	5,436
лютий 2021р.	5,961
березень 2021р.	5,448

За результатами прогнозування як й у попередні роки у січні 2021р. спостерігатиметься зменшення вантажообігу з подальшим зростанням з лютого 2021р. Також прогнозується зменшення обсягу вантажообігу у березні 2021р. на 6,2% порівняно з березнем 2020р.

Часовий ряд вантажообігу водного транспорту складається з 177 значень (помісячні дані з січня 2006р. по вересень 2020р.). Графік часового ряду приведено на рис. 3.10.

Засобами мови R проведемо декомпозицію часового ряду вантажообігу водного транспорту (рис. 3.11).

Результат декомпозиційного аналізу часового ряду вантажообігу водного транспорту свідчить про убутний тренд та наявність сезонної складової.

Перевірка часового ряду на стаціонарність тестом Дікі-Фулера [65] показала, що часовий ряд вантажообігу водного транспорту не є стаціонарним, оскільки $p\text{-value} = 0,4227$, що більше порогового значення 0,05. Взяття першої різниці приводить часовий ряд до стаціонарного вигляду зі значенням $p\text{-value} = 0,01$.

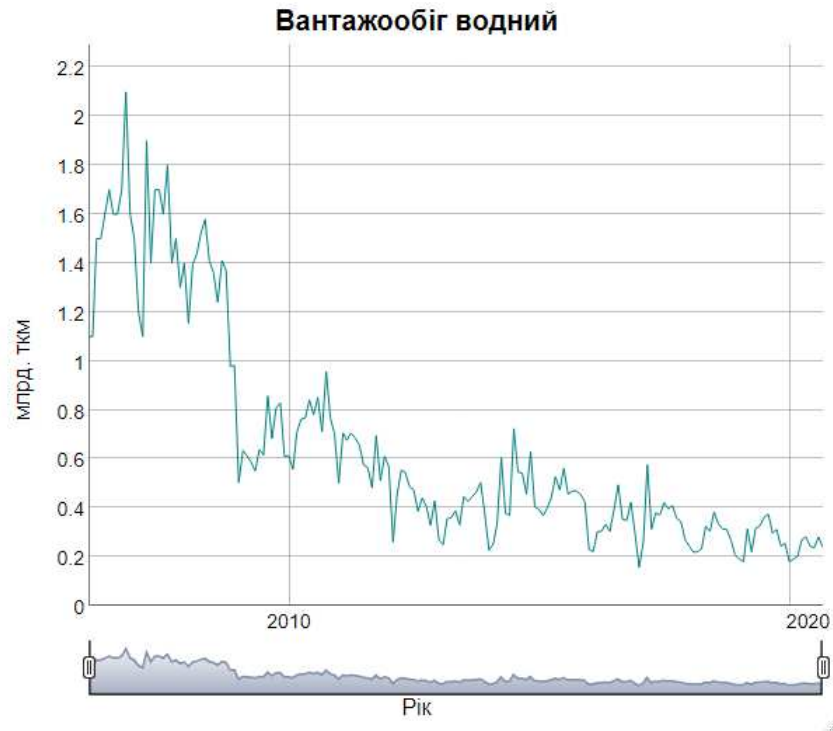


Рис.3.10 – Вантажообіг водного транспорту у 2006 – 2020рр. в Україні

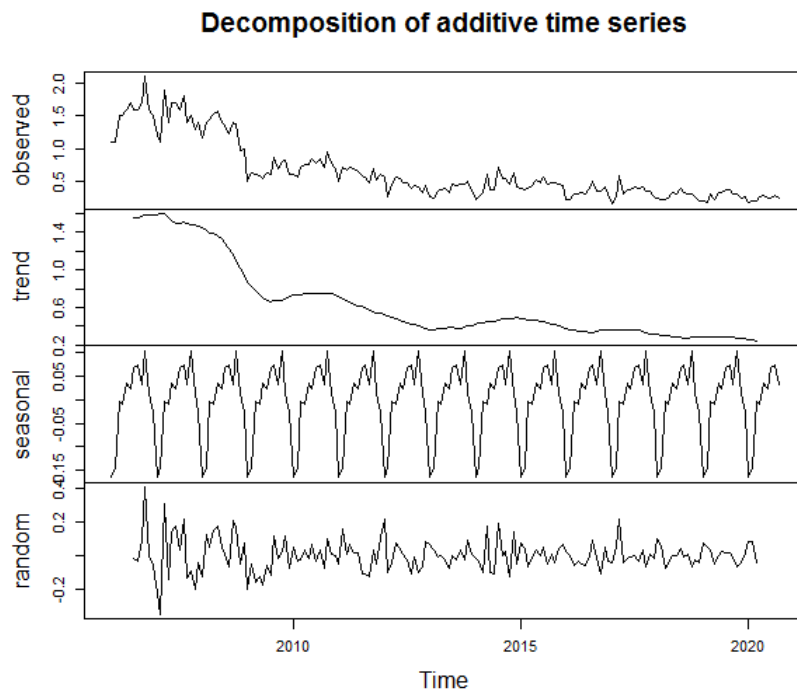


Рис.3.11 – Декомпозиція часового ряду вантажообігу водного транспорту у 2006 – 2020рр. в Україні

Розділемо часовий ряд на навчальну та тестову вибірки. Навчальна вибірка складається зі 156 значень (88,1% даних, січень 2006р. – грудень 2018р.). Тестова вибірка – 21 значення (11,9% даних, січень 2019р. – вересень 2020р.). Використовуючи навчальну вибірку побудуємо ARIMA-модель, застосувавши функцію у мові R `auto.arima()`, та моделі Хольта-Уінтерса з адитивною та мультиплікативною моделями сезонності.

ARIMA-модель з найменшим значенням інформаційного критерію Акаїке (AIC) за результатами застосування функції `auto.arima()` має вигляд: ARIMA (2, 1, 2)(2, 0, 0) [12] (рис. 3.12). Модель містить два параметри авторегресії (p) та два параметри ковзного середнього (q), які обчислюються для ряду після взяття різниці з лагом 1 (d), сезонна авторегресія моделі (ps) дорівнює 2.

```
Series: water_train
ARIMA(2,1,2)(2,0,0)[12] with drift

Coefficients:
      ar1      ar2      ma1      ma2      sar1      sar2      drift
s.e.  -1.3359  -0.5114  0.8502  0.0162  0.2230  0.4068  -0.0038
      0.1695   0.1664  0.2097  0.2035  0.0788  0.0887   0.0156

sigma^2 estimated as 0.01805:  log likelihood=91.48
AIC=-166.96  AICc=-165.97  BIC=-142.61
```

Рис.3.12 – ARIMA-модель часового ряду вантажообігу водного транспорту в Україні

Модель Хольта-Уінтерса з адитивною моделлю сезонності для часового ряду вантажообігу водного транспорту в Україні має вигляд:

$$\begin{aligned} u_i &= 0,410(y_i - s_{i-c}) + 0,590(u_{i-1} + v_{i-1}), \\ v_i &= 0,0004(u_i - u_{i-1}) + 0,9996v_{i-1}, \\ s_i &= 0,4328(y_i - u_{i-1} - v_{i-1}) + 0,5672s_{i-c}. \end{aligned} \quad (3.12)$$

Параметри моделі $\alpha = 0,410$, $\beta = 0,0004$, $\gamma^* = 0,7335$ задовольняють умовам: $0 < \alpha \leq 1$, $0 < \beta \leq 1$, $0 < \gamma^* \leq 1$. Параметр $\gamma = \gamma^* \cdot (1 - \alpha) = 0,7335 \cdot 0,59 = 0,4328$, що задовольняє умові $0 < \gamma \leq 1 - \alpha$.

Модель Хольта-Уінтерса з мультиплікативною моделлю сезонності для часового ряду вантажообігу водного транспорту в Україні має вигляд:

$$\begin{aligned} u_i &= 0,4040\left(\frac{y_i}{s_{i-c}}\right) + 0,596(u_{i-1} + v_{i-1}), \\ v_i &= 0,0072(u_i - u_{i-1}) + 0,9928v_{i-1}, \\ s_i &= 0,2408\left(\frac{y_i}{u_{i-1} + v_{i-1}}\right) + 0,7592s_{i-c}. \end{aligned} \quad (3.13)$$

Параметри моделі $\alpha=0,4040$, $\beta=0,0072$, $\gamma^*=0,4056$ задовольняють умовам: $0 < \alpha \leq 1$, $0 < \beta \leq 1$, $0 < \gamma^* \leq 1$. Параметр $\gamma = \gamma^* \cdot (1 - \alpha) = 0,4040 \cdot 0,596 = 0,2408$, що задовольняє умові $0 < \gamma \leq 1 - \alpha$.

Вибір кращої моделі для прогнозування відбувається на основі розрахованої середньої абсолютної процентної похибки (MAPE) прогнозу на тестовій вибірці. Результати розрахунку наведено у табл. 3.22.

Таблиця 3.22 – Середня абсолютна процентна похибка (MAPE) прогнозу вантажообігу водного транспорту в Україні на тестовій вибірці (розраховано автором)

Назва моделі	MAPE
ARIMA (2, 1, 2)(2, 0, 0) [12]	24,505
Модель Хольта-Уінтерса з адитивною моделлю сезонності	22,385
Модель Хольта-Уінтерса з мультиплікативною моделлю сезонності	30,888

Значення середньої абсолютної процентної похибки найменшим є для моделі Хольта-Уінтерса з адитивною моделлю сезонності, тому вона обирається для подальшого прогнозування вантажообігу водного транспорту в Україні. Результат прогнозування на наступні 6 місяців наведено у табл. 3.23.

Таблиця 3.23 –Прогноз вантажообігу водного транспорту в Україні на жовтень 2020р. – березень 2021р.(розраховано автором)

Період	Прогнозне значення, млрд ткм
жовтень 2020р.	0,188
листопад 2020р.	0,182
грудень 2020р.	0,126
січень 2021р.	0,058
лютий 2021р.	0,060
березень 2021р.	0,154

За результатами прогнозування як й у попередні роки у січні 2021р. спостерігатиметься зменшення вантажообігу з подальшим зростанням з лютого 2021р. Також прогнозується зменшення обсягу вантажообігу у березні 2021р. на 23,2% порівняно з березнем 2020р.

Часовий ряд вантажообігу авіаційного транспорту складається з 177 значень (помісячні дані з січня 2006р. по вересень 2020р.). Графік часового ряду приведено на рис. 3.13.

За період січень 2006р. – грудень 2007р. часовий ряд має викиди, пов'язані з відсутністю перевезень. Тому, цей часовий період буде виключено з розгляду. Новий часовий ряд, що складається зі 153 значень (помісячні дані з січня 2008р. по вересень 2020р.), наведено на рис. 3.14.

Засобами мови R проведемо декомпозицію часового ряду вантажообігу авіаційного транспорту (рис. 3.15). Результат декомпозиційного аналізу часового ряду вантажообігу авіаційного транспорту свідчить про зміну напрямку тренду та наявність сезонної складової.

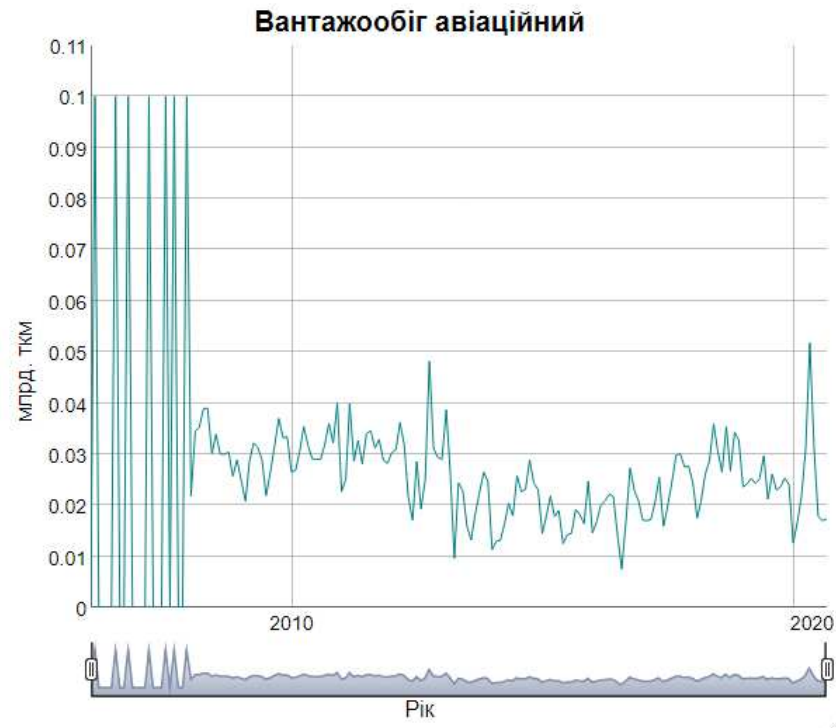


Рис.3.13 – Вантажообіг авіаційного транспорту у 2006 – 2020рр. в Україні

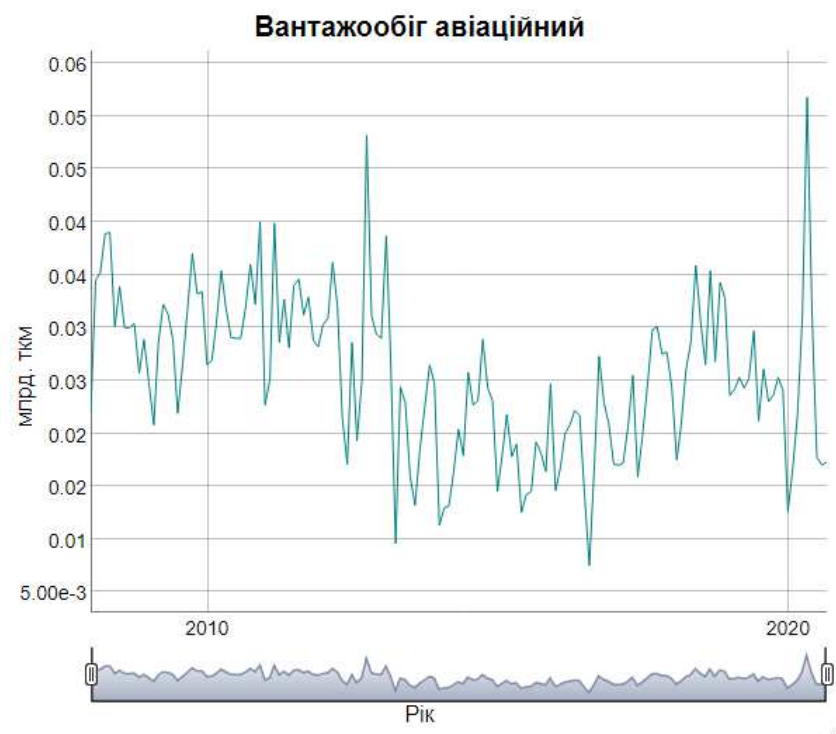


Рис.3.14 – Вантажообіг авіаційного транспорту у 2008 – 2020рр. в Україні

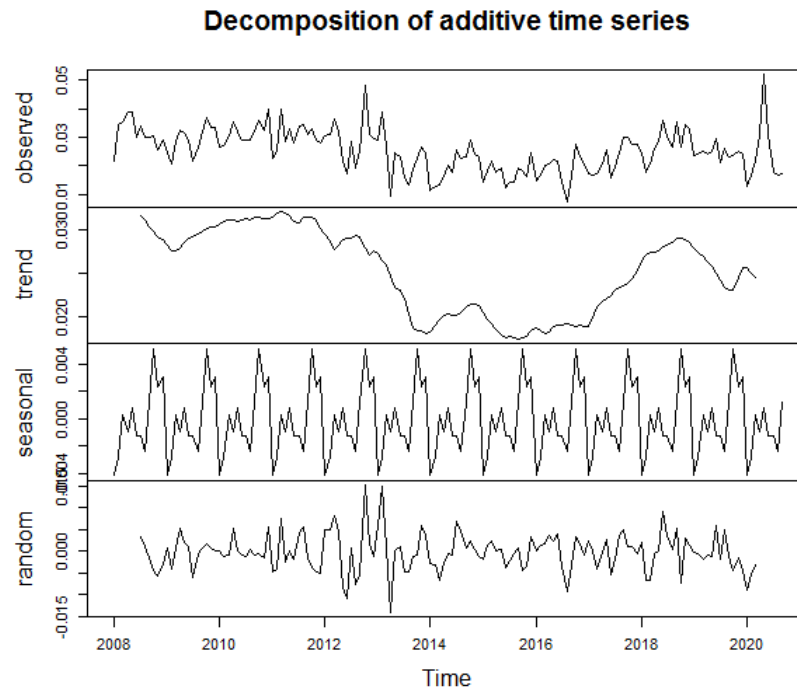


Рис.3.15 – Декомпозиція часового ряду вантажообігу авіаційного транспорту у 2006 – 2020рр. в Україні

Перевірка часового ряду на стаціонарність тестом Дікі-Фулера [65] показала, що часовий ряд вантажообігу авіаційного транспорту не є стаціонарним, оскільки $p\text{-value} = 0,2007$, що більше порогового значення $0,05$. Взяття першої різниці приводить часовий ряд до стаціонарного вигляду зі значенням $p\text{-value} = 0,01$.

Розділемо часовий ряд на навчальну та тестову вибірки. Навчальна вибірка складається зі 132 значень (86,3% даних, січень 2008р. – грудень 2018р.). Тестова вибірка – 21 значення (13,7% даних, січень 2019р. – вересень 2020р.). Використовуючи навчальну вибірку побудуємо ARIMA-модель, застосувавши функцію у мові R `auto.arima()`, та моделі Хольта-Уінтерса з адитивною та мультиплікативною моделями сезонності.

ARIMA-модель з найменшим значенням інформаційного критерію Акаїке (AIC) за результатами застосування функції `auto.arima()` має вигляд: ARIMA (1, 1, 2)(1, 0, 2) [12] (рис. 3.16). Модель містить один параметр авторегресії (p) та два параметри ковзного середнього (q), які

обчислюються для ряду після взяття різниці з лагом 1 (d), сезонна авторегресія моделі (ps) дорівнює 1, а сезонне ковзне середнє (qs) – 2.

```
Series: avia_train
ARIMA(1,1,2)(1,0,2) [12]

Coefficients:
      ar1      ma1      ma2      sar1      sma1      sma2
s.e.  -0.4817  0.0505  -0.6838  0.8144  -0.7190  0.0931
      0.1634  0.1292   0.0848  0.2408   0.2656  0.1405

sigma^2 estimated as 2.742e-05:  log likelihood=503.54
AIC=-993.08  AICC=-992.17  BIC=-972.95
```

Рис.3.16 – ARIMA-модель часового ряду вантажообігу авіаційного транспорту в Україні

Модель Хольта-Уінтерса з адитивною моделлю сезонності для часового ряду вантажообігу авіаційного транспорту в Україні має вигляд:

$$\begin{aligned} u_i &= 0,2784(y_i - s_{i-c}) + 0,7216(u_{i-1} + v_{i-1}), \\ v_i &= 0,0141(u_i - u_{i-1}) + 0,9859v_{i-1}, \\ s_i &= 0,1751(y_i - u_{i-1} - v_{i-1}) + 0,8249s_{i-c}. \end{aligned} \quad (3.14)$$

Параметри моделі $\alpha=0,2784$, $\beta=0,0141$, $\gamma^*=0,2427$ задовольняють умовам: $0 < \alpha \leq 1$, $0 < \beta \leq 1$, $0 < \gamma^* \leq 1$. Параметр $\gamma = \gamma^* \cdot (1 - \alpha) = 0,2427 \cdot 0,7216 = 0,1751$, що задовольняє умові $0 < \gamma \leq 1 - \alpha$.

Модель Хольта-Уінтерса з мультиплікативною моделлю сезонності для часового ряду вантажообігу авіаційного транспорту в Україні має вигляд:

$$\begin{aligned} u_i &= 0,2043\left(\frac{y_i}{s_{i-c}}\right) + 0,7957(u_{i-1} + v_{i-1}), \\ v_i &= 0,0131(u_i - u_{i-1}) + 0,9869v_{i-1}, \\ s_i &= 0,2625\left(\frac{y_i}{u_{i-1} + v_{i-1}}\right) + 0,7375s_{i-c}. \end{aligned} \quad (3.15)$$

Параметри моделі $\alpha=0,2043$, $\beta=0,0131$, $\gamma^*=0,3299$ задовольняють умовам: $0 < \alpha \leq 1$, $0 < \beta \leq 1$, $0 < \gamma^* \leq 1$. Параметр $\gamma = \gamma^* \cdot (1 - \alpha) = 0,3299 \cdot 0,7957 = 0,2625$, що задовольняє умові $0 < \gamma \leq 1 - \alpha$.

Вибір кращої моделі для прогнозування відбувається на основі розрахованої середньої абсолютної процентної похибки (MAPE) прогнозу на тестовій вибірці. Результати розрахунку наведено у табл. 3.24.

Таблиця 3.24 – Середня абсолютна процентна похибка (MAPE) прогнозу вантажообігу водного транспорту в Україні на тестовій вибірці (розраховано автором)

Назва моделі	MAPE
ARIMA (1, 1, 2)(1, 0, 2) [12]	37,603
Модель Хольта-Уінтерса з адитивною моделлю сезонності	33,227
Модель Хольта-Уінтерса з мультиплікативною моделлю сезонності	29,792

Значення середньої абсолютної процентної похибки найменшим є для моделі Хольта-Уінтерса з мультиплікативною моделлю сезонності, тому вона обирається для подальшого прогнозування вантажообігу авіаційного транспорту в Україні. Результат прогнозування на наступні 6 місяців наведено у табл. 3.25.

Таблиця 3.25 –Прогноз вантажообігу авіаційного транспорту в Україні на жовтень 2020р. – березень 2021р.(розраховано автором)

Період	Прогнозне значення, млрд ткм
жовтень 2020р.	0,0328
листопад 2020р.	0,0320
грудень 2020р.	0,0322
січень 2021р.	0,0242
лютий 2021р.	0,0233
березень 2021р.	0,0263

За результатами прогнозування спостерігається майже незмінність обсягу вантажообігу. Також прогнозується зростання обсягу вантажообігу у березні 2021р. на 21,2% порівняно з березнем 2020р.

3.3 Вирішення задачі транспортної логістики з використанням інформаційної системи підтримки прийняття рішень

Для вирішення задачі прогнозування вантажообігу за видами транспорту в Україні було створено інформаційну систему підтримки прийняття рішень на основі скриптів на мові R. Система підтримки прийняття рішень є кооперативною, оскільки передбачає взаємодію з користувачем. Висунуту системою пропозицію користувач може допрацювати, вдосконалити, а потім повернути назад до системи для перевірки. Після цього пропозиція знову надається користувачу, й так доти, доки не буде ухвалено рішення користувачем. Запропонована система підтримки прийняття рішень є модельно-орієнтованою, оскільки має доступ до статистичних моделей. Опис інформаційної системи підтримки прийняття рішень наведено на рис. 3.17.

Вхідні дані – статистична інформація про вантажообіг за видами транспорту (щомісячна інформація) – зберігаються у файлі формату .csv у робочій області мови програмування для статистичної обробки та візуалізації даних R (файл «vantobig.csv»). Особа, що приймає рішення (ОПР) періодично оновлює цей файл, оновлюючи дані про вантажообіг. У файлі зберігається інформація про вантажообіг за п'ятьма видами транспорту (залізничний, автомобільний, трубопровідний, водний та авіаційний). Одиницею виміру вантажообігу є млрд. тонно-кілометрів (млрд. ткм).

Особа, що приймає рішення, запускає скрипт на мові R, який зчитує дані про вантажообіг із файлу та записує їх у об'єкт у форматі ts (time series – часовий ряд). Для створення об'єктів цього класу служить спеціальна функція ts(). У функції ts() є аргумент start, за допомогою якого можна

вказати дату початку часового ряду. Додатковий аргумент frequency (частота) дозволяє задати крок прирощення наступних дат. Оскільки у системі вантажообіг є щомісячними даними, то значення аргументу frequency дорівнює 12. Створений таким чином об'єкт при перегляді зовнішньо нагадує матрицю. Рядкам та стовпцям цієї матриці автоматично присвоюються імена відповідно до значень аргументів start та frequency.

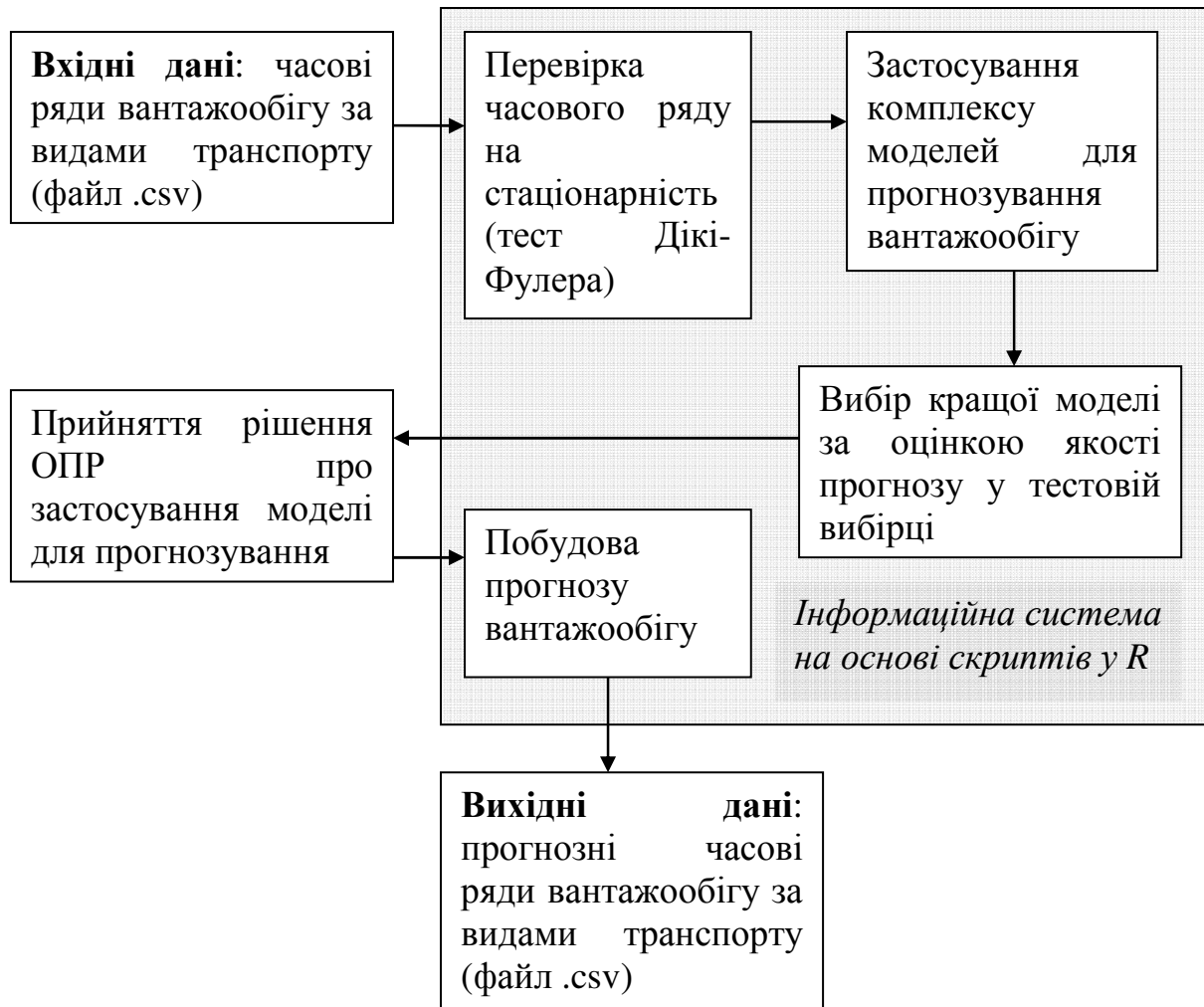


Рис. 3.17 – Інформаційна система підтримки прийняття рішень

Наступним кроком аналізу є перевірка часового ряду на стаціонарність за допомогою тесту Дікі-Фулера – функція `adf.test()` у бібліотеці `aTSA` мови R. Ця перевірка необхідна при застосуванні для прогнозування моделі ARIMA.

У інформаційній системі підтримки прийняття рішень використовуються для прогнозування такі моделі з бібліотеки forecast мови R:

- а) ARIMA-модель;
- б) модель Хольта-Уінтерса з адитивною моделлю сезонності;
- в) модель Хольта-Уінтерса з мультиплікативною моделлю сезонності.

Вибір моделі відбувається на основі навчальної та тестової вибірок, на які розділено часовий ряд вантажообігу. Мірою, за якою відбувається вибір кращої моделі для прогнозування є середня абсолютна процентна похибка (MAPE). Особі, що приймає рішення надається звіт у вигляді файлу у форматі .csv (наприклад, файл «auto_model.csv») зі значеннями цієї оцінки. Приклад звіту наведено на рис. 3.18.

```

1", "ARIMA-модель"
"2", "11.0761718034603"
"3", "модель Хольта-Уінтерса з адитивною моделлю сезонності"
"4", "11.632765687331"
"5", "модель Хольта-Уінтерса з мультиплікативною моделлю сезонності"
"6", "11.9607810085077"

```

Рис. 3.18 – Приклад звіту про оцінку точності моделі у інформаційній системі підтримки прийняття рішень

На основі звіту особа, що приймає рішення обирає модель для побудови прогнозу вантажообігу на середньостроковий період – наступні шість місяців. Для цього викликається прогнозна функція, що відповідає обраній моделі. Побудований прогноз також зберігається у файлі формату .csv у робочій області мови програмування для статистичної обробки та візуалізації даних R (наприклад, файл «auto_forecast.csv»).

ВИСНОВКИ

У сучасних умовах роль транспортного обслуговування визначається оптимальним співвідношенням витрат і прибутку в циклі виробництва і споживання, а також мінімізацією загальних логістичних витрат. В залежності від виду вантажу, вартості перевезень, мети транспортування обирається відповідна транспортна складова логістичної системи. Автори досліджень питань транспортної логістики не розробили універсальне визначення поняття «транспортна логістика», а також не завжди враховують те, що транспортна логістика стосується не тільки переміщення вантажів, але й перевезення пасажирів.

Важливою складовою під час розробки логістичної інформаційної системи є методи вимірювання та порівняння логістичних показників, а також методи управління ними. Найбільш поширеними кількісними показниками, що характеризують транспортну систему, є загальний обсяг перевезеного вантажу, вантажообіг, загальний обсяг перевезених пасажирів та пасажирооборот. Також для кожного виду транспорту існують власні показники, що відображають його специфіку. Облік за кількісними показниками, як правило, ведеться наростаючим підсумком за кожен день, декаду, місяць, квартал і рік.

Серед усіх видів транспорту в Україні значна увага приділяється питанням розвитку транспортної логістики на основі автомобільного транспорту. Це пов'язано зі значним розвитком Інтернет-торгівлі, яка здійснює доставку товарів до споживачів за допомогою служб доставки («Нова пошта», «Укрпошта», «Інтайм», «Delivery Auto» та інші).

Аналіз структури вантажних перевезень в Україні за видами вантажів показав, що найбільшу питому вагу у загальному обсязі перевезень залізничним, автомобільним та водним транспортом займають сировина для металургійної та хімічної промисловості, зерно і продукти перемолу. Також

значну питому вагу у обсягах перевезень автомобільним транспортом займають продукти сільського господарства та харчові продукти.

Аналіз результатів розрахунку показників структурних зсувів у вантажних перевезеннях за видами вантажів в Україні за критерієм В. Рябцева у 2017 – 2019р. показав наявність вельми низького рівня відмінності структури перевезень порівняно з попереднім періодом або тотожність цієї структури. Лише у обсягах перевезень автомобільним транспортом у міжнародному сполученні відбувся перехід від вельми низького рівня відмінності структури перевезень у 2017р. до суттєвого рівня відмінності структури перевезень у 2019р. Це пов'язано зі зростанням на 10,6% у структурі перевезень питомої ваги деревини та виробів з деревини та корка (крім меблів) у 2019р.

В роботі розроблено інформаційну систему підтримки прийняття рішень для задачі прогнозування вантажообігу за видами транспорту в Україні на основі скриптів на мові R. Запропонована інформаційна система підтримки прийняття рішень дозволяє особі, що приймає рішення, побудувати модель вантажообігу за видами транспорту за такими математичними моделями:

- а) ARIMA-модель;
- б) модель Хольта-Уінтерса з адитивною моделлю сезонності;
- в) модель Хольта-Уінтерса з мультиплікативною моделлю сезонності.

Вхідними даними для моделювання є щомісячні дані про обсяг вантажообігу в Україні за п'ятьма видами транспорту (залізничний, автомобільний, трубопроводний, водний, авіаційний). Джерелом даних про вантажообіг є Державна служба статистики України. Вибір кращої моделі для прогнозування відбувається на основі розрахунку середньої абсолютної процентної похибки (MAPE) для тестової вибірки. На основі обраної для подальшого прогнозування моделі будується середньостроковий прогноз на наступні шість місяців. Побудований прогноз зберігається інформаційною системою підтримки прийняття рішень до файлу.

За результатами роботи інформаційної системи прийняття рішень було виявлено, що для прогнозування вантажообігу за видами транспорту кращими виявилися такі моделі:

- а) для залізничного транспорту – модель ARIMA (0, 1, 0)(2, 0, 0) [12];
- б) для автомобільного транспорту – модель ARIMA (1, 1, 1)(2, 1, 0) [12];
- в) для трубопровідного транспорту – модель Хольта-Уінтерса з мультиплікативною моделлю сезонності;
- г) для водного транспорту – модель Хольта-Уінтерса з адитивною моделлю сезонності;
- д) для авіаційного транспорту – модель Хольта-Уінтерса з мультиплікативною моделлю сезонності.

Обрані моделі були використані для побудови прогнозу вантажообігу за видами транспорту в Україні.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Тридід О. М., Азаренкова Г. М., Мішина С.В., Борисенко І.І. Логістика. Київ : Знання, 2008. 566с.
2. Ковальчук О.І., Корж М.А. Транспортна логістика України в контексті європейської інтеграції. *Актуальні проблеми економіки та управління*: збірник наукових праць молодих вчених. Київ, 2011. Вип. 5. С. 26–29.
3. Смирнов І. Г. Косарева Т. В. Транспортна логістика: навч. посіб. Київ : Центр учбової літератури, 2008. 224 с.
4. Садловська І. П. Стратегічне управління національною транспортною інфраструктурою: монографія. Київ : ПП Сердюк В.Л., 2011. 355 с.
5. Бідняк М. Н., Біліченко В. В. Виробничі системи на транспорті: Теорія і практика: монографія. Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2006. 177 с.
6. Сич Є. М., Кислий В. М. Економіка транспортної швидкості: монографія. Київ : Логос, 2014. 412 с.
7. Криворучко О.М. Менеджмент якості на підприємствах автомобільного транспорту: теорія, методологія і практика: монографія. Харків : ХНАДУ, 2006. 403 с.
8. Управління розвитком стратегічного потенціалу автомобільного транспорту регіонів України : монографія / [Корецька С.О., Ларіна Р.Р., Кристопчук М.Є., Познаховський В.А. та ін.]. Рівне : НУВГП, 2014. 256 с.
9. Автомобільний транспорт України: стан, проблеми, перспективи розвитку: монографія / Державний автотранспортний науково-дослідний і проектний інститут; за заг. ред. А.М. Редзюка. Київ : ДП "ДержавтотрансНДІпроект", 2005. 400 с.
10. Бараш Ю.С., Момот А.В. Економічна ефективність високошвидкісних пасажирських залізничних перевезень в Україні:

монографія. Дніпропетровськ : Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В.Лазаряна, 2015. 137 с.

11. Дикань В.Л., Зубенко В.О. Забезпечення ефективності інноваційної діяльності підприємств залізничного транспорту: монографія. Харків : УкрДАЗТ, 2008. 194 с.

12. Чорний В.В. Конкуренентоспроможність залізниць на ринку вантажних перевезень: теорія, методологія, практика: монографія. Київ : ДЕДУТ, 2012. 401 с.

13. Украина вошла в тройку лидеров по логистике на постсоветском пространстве – Всемирный банк. *Центр транспортних стратегій*. URL: https://cfts.org.ua/news/2018/07/30/ukraina_voshla_v_troyku_liderov_po_logistike_na_postsovetskom_prostranstve_vsemirnyu_bank_48604.

14. Максимова О. С., Темченко Г.В., Бондарчук О. М. Дослідження сутності, місця і ролі логістичної системи України у світі. *Інфраструктура ринку*. 2019. Вип. 33. С. 96-102. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ifrctr_2019_33_16.

15. Пекна Г. Б., Забіяка Б. Ф. Аналіз сучасного стану логістичної ефективності України. *Вчені записки Університету «КРОК»*. 2015, випуск 41. С. 50-56.

16. Чернописька Н. В. Еволюція логістики в Україні. *Lviv Polytechnic National University Institutional Repository*. URL: http://ena.lp.edu.ua/bitstream/ntb/16224/1/72_Chornopiska_136_137_Modern_Problems.pdf.

17. Лифар В.В. Розвиток транспортної логістики в регіональній системі обслуговування товарних потоків. *Маркетинг і менеджмент інновацій*. 2017. № 4. С.176–187.

18. Про транспорт : Закон України № 232/94-ВР від 10.11.1994р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/232/94-вр> (дата звернення 27.10.2020).

19. Логістика : навч. посібник / О. Б. Білоцерківський [та ін.] ; Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". Харків : НТУ "ХПІ", 2010. 152 с.

20. Ачкасова Л.М. Місце і роль транспортної логістики в загальній логістичній системі. *Економіка транспортного комплексу*. 2017. Вип.30. С. 76–85.

21. Інфраструктурне забезпечення розвитку транспортної системи регіону: колективна монографія [Текст] / [І.В. Заблодська, І.Р. Бузько, О.О. Зеленко, І.О. Хорошилова]. Сєверодонецьк : Вид-во СНУ ім. В. Даля, 2016. 193 с.

22. Про трубопровідний транспорт : Закон України № 192/96-ВР від 15.11.1996р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/192/96-вр> (дата звернення 27.10.2020).

23. Обсяг перевезених вантажів за видами транспорту. *Державна служба статистики України*. URL: http://ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2018/tr/tr_rik/tr_rik_u/op_vant_vt_u.htm.

24. Звіт про результати досліджень ринку перевезення вантажів залізничним транспортом за 2017 – 2018 роки. *Антимонопольний комітет України*. URL: <https://amcu.gov.ua/news/zvit-pro-rezultati-doslidzhennya-rinku-perevezennya-vantazhiv-zaliznichnim-transportom>.

25. Олександр Ткачук: Залізниця стабільно втрачає вантажопотік на фоні загального його збільшення. *Rail.insider*. URL: <https://www.railinsider.com.ua/oleksandr-tkachuk-zaliznyczya-stabilno-vtrachaye-vantazhopotik-na-foni-zagalnogo-jogo-zbilshennya>.

26. Болвановська Т. В., Боричева С. В., Германюк Ю. М. Дослідження динаміки зміни обсягів перевезення вантажів залізничним та морським транспортом у міжнародному сполученні. *Транспортні системи та технології перевезень*. Збірник наукових праць ДНУЗТ ім. акад. В. Лазаряна. Дніпро, 2019. Вип. 18. С. 16-22. doi: <https://doi.org/10.15802/tsst2019/182577>.

27. Саркісова О. М., Токарь А. Ф. Аналіз діяльності по здійсненню авіаційних перевезень в Україні. *Наукові праці Кіровоградського національного технічного університету. Економічні науки*. Кропивницький, 2018. Вип. 33. С. 236 - 242. doi: 10.32515/2413-340X.2018.33.236-242.

28. Кушнір Л. В. Аналіз роботи транспорту України за основними показниками. *Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія Економічні науки*. 2015. Випуск 12. Частина 2. С. 42-47.

29. Про схвалення Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року : Розпорядження Кабінету міністрів України № 430-р від 30.05.2018. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018-p> (дата звернення 29.10.2020).

30. Інформаційні технології на автомобільному транспорті: навч. посіб. / О. Ф. Кір'янов, М. М. Мороз, Ю. О. Бойко; Кременчуцький національний університет ім. Михайла Остроградського. Харків : Друкарня Мадрид, 2015. 270 с.

31. Баканов М.І. Теорія економічного аналізу: навч. посіб. Київ : ЦНЛ, 2004. 495 с.

32. Димарчук С. М. Логістична система управління та її взаємозв'язок з стратегією підприємства. *Вісник ДУ "Львівська політехніка"*. 2000. № 390. С. 20–22.

33. Інформаційні системи і технології : навч. посіб. / [П. М. Павленко, С. Ф. Філоненко, К. С. Бабіч та ін.]. Київ : НАУ, 2013. 324 с.

34. Ачкасова Л. М. Моделювання інформаційного забезпечення перевезення вантажів. *Економіка транспортного комплексу*. 2018. Вип. 32. С.96 – 106.

35. Інформаційні системи в логістиці : навчальний посібник / Яценко Р. М., Ніколаєв І. В. Харків : Вид. ХНЕУ, 2012. 232 с.

36. Крикавський Є. В., Люльчак З. С., Карпій О. П. Інформаційні системи та технології у логістичній діяльності як напрям оптимізації енерговитрат енергопостачального підприємства. *Наукові записки Львівського університету бізнесу та права*. 2012. Вип. 9. С. 128-134. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nzlubp_2012_9_33.

37. Ситник В.Ф. Системи підтримки прийняття рішень: навч. посіб. Київ : КНЕУ, 2009. 614 с.

38. Копилиць П. М. Логістичні інформаційні системи в процесі господарської діяльності. *Ефективна економіка*. 2012. № 3. URL: <http://www.economy.nauka.com.ua/?op=1&z=1026>.

39. Тимощук О. М., Мельник О. В. Інформаційно-логістичні системи в сучасних транспортних технологіях. *Інвестиції: практика та досвід*. 2015. № 22. С. 79-82.

40. Філія «Головний інформаційно-обчислювальний центр» АТ «Укрзалізниця». URL: <https://givc.uz.gov.ua> (дата звернення 10.11.2020).

41. Шаповалова О. О., Камардін А. С., Петухова О. А. Система підтримки прийняття рішень при виконанні логістичних завдань. *Системи обробки інформації*. 2018. Вип. 3 (154) С. 57 - 63. doi: 10.30748/soi.2018.154.08.

42. Бокс Дж., Дженкинс Г. Анализ временных рядов, прогноз и управление. Москва : Мир, 1974, кн. 1. 406 с.

43. Zaiontz Charles Real Statistics Using Excel. URL: <http://www.real-statistics.com>.

44. Pankratz Alan Forecasting with Univariate Box – Jenkins Models: Concepts and Cases. New York: Wiley, 1983. 576 p.

45. Hyndman R. J., Athanasopoulos G. Forecasting: principles and practice. Melbourne : OTexts, 2018. [Online]. URL: <https://otexts.com/fpp2>.

46. Манойленко А.В., Кравченко С.М. Исследование структурных сдвигов в национальной экономике как основа формирования приоритетов государственной инвестиционной политики. *Проблеми економіки*. 2015. № 2. С. 78-85.

47. Відправлення вантажів залізничним транспортом у 2016 році. *Державна служба статистики України*. URL: http://ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2016/tr/opr/opr_u/opr1216_u.htm.

48. Перевезення вантажів залізничним транспортом у 2017 році. *Державна служба статистики України*. URL: http://ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2017/tr/opr/opr_u/opr1217_u.htm.

49. Перевезення вантажів залізничним транспортом за видами вантажів у 2018 році. *Державна служба статистики України*. URL: http://ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2018/tr/pv_zal/pv_zal_u/pv_zal1218_u.htm.

50. Перевезення вантажів залізничним транспортом за видами вантажів у 2019 році. *Державна служба статистики України*. URL: http://ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2019/tr/pv_zal/pv_zal_u/pv_zal1219_u.htm.

51. Перевезення вантажів автомобільним транспортом за номенклатурою вантажів у 2016 році. *Державна служба статистики України*. URL: https://ukrstat.org/uk/operativ/operativ2017/tr/pv_avt/pv_avt_u/pv_avt2016_u.htm.

52. Перевезення вантажів автомобільним транспортом за видами вантажів за 2017 рік. *Державна служба статистики України*. URL: http://ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2017/tr/opr/opr_u/opr1217_u.htm.

53. Перевезення вантажів автомобільним транспортом за видами вантажів за 2018 рік. *Державна служба статистики України*. URL: https://ukrstat.org/uk/operativ/operativ2018/tr/pv_avt/pv_avt_u/pv_avt418_u.htm.

54. Перевезення вантажів автомобільним транспортом за видами вантажів за 2019 рік. *Державна служба статистики України*. URL: https://ukrstat.org/uk/operativ/operativ2019/tr/pv_avt/pv_avt_u/pv_avt12m19_u.htm.

55. Перевезення вантажів річковим транспортом за видами вантажів у 2016 році. *Державна служба статистики України*. URL: https://ukrstat.org/uk/operativ/operativ2017/tr/pv_rich/pv_rich_u/pv_rich2016_u.htm.

56. Перевезення вантажів річковим транспортом за видами вантажів за 2017 рік. *Державна служба статистики України*. URL: https://ukrstat.org/uk/operativ/operativ2017/tr/pv_rich/pv_rich_u/pv_rich2017_u.htm.

57. Перевезення вантажів річковим транспортом за видами вантажів за 2018 рік. *Державна служба статистики України*. URL:

https://ukrstat.org/uk/operativ/operativ2018/tr/pv_rich/pv_rich_u/pv_rich418_u.htm.

58. Перевезення вантажів річковим транспортом за видами вантажів за 2019 рік. *Державна служба статистики України*. URL: https://ukrstat.org/uk/operativ/operativ2019/tr/pv_rich/pv_rich_u/pv_rich_19_u.htm.

59. Перевезення вантажів морським транспортом за видами вантажів у 2016 році. *Державна служба статистики України*. URL: https://ukrstat.org/uk/operativ/operativ2017/tr/pv_mor/pv_mor_u/pv_mor2016_u.htm.

60. Перевезення вантажів морським транспортом за видами вантажів за 2017 рік. *Державна служба статистики України*. URL: https://ukrstat.org/uk/operativ/operativ2017/tr/pv_mor/pv_mor_u/pv_mor2017_u.htm.

61. Перевезення вантажів морським транспортом за видами вантажів за 2018 рік. *Державна служба статистики України*. URL: https://ukrstat.org/uk/operativ/operativ2018/tr/pv_mor/pv_mor_u/pv_mor418_u.htm.

62. Перевезення вантажів морським транспортом за видами вантажів за 2019 рік. *Державна служба статистики України*. URL: https://ukrstat.org/uk/operativ/operativ2019/tr/pv_mor/pv_mor_u/pv_mor_19_u.htm.

63. Вантажооборот та обсяги перевезень вантажів. *Державна служба статистики України*. URL: https://ukrstat.org/uk/operativ/operativ2018/tr/vp/vp_u/arh_vp2018.html.

64. Вантажообіг за видами транспорту. *Державна служба статистики України*. URL: https://ukrstat.org/uk/operativ/operativ2019/tr/tr_rik/vo_v/arh_vo_v_u.htm.

65. Subhasree Chatterjee Time series analysis using ARIMA model in R. URL: <https://datascienceplus.com/time-series-analysis-using-arima-model-in-r>.

ДОДАТОК А

Відправлення вантажів за видами транспорту у 2016 – 2019рр.

Таблиця А.1 – Відправлення вантажів залізничним транспортом [47 – 50]

Номенклатура відправлених вантажів	2016	2017	2018	2019
	млн. т	млн. т	млн. т	млн. т
кам'яне вугілля	57,2	43,9	42,7	40,0
кокс	7,1	5,0	4,9	4,3
нафта і нафтопродукти	3,3	3,8	3,5	3,3
руда залізна і марганцева	69,2	64,9	66,5	68,3
чорні метали	25,2	20,8	20,1	19,1
брухт чорних металів	2,7	3,1	3,0	2,4
лісові вантажі	4,2	2,8	2,4	1,0
хімічні і мінеральні добрива	4,1	3,5	3,4	4,4
зерно і продукти перемелу	31,9	35,7	32,9	39,8
цемент	5,9	5,9	5,7	5,4
будівельні матеріали	35,4	41,2	35,9	29,1
інші вантажі	46,2	46,7	46,6	45,5

Таблиця А.2 – Відправлення вантажів автомобільним транспортом,
усього [51 –54]

Номенклатура відправлених вантажів	2016	2017	2018	2019
	тис. т	тис. т	тис. т	тис. т
продукція сільського господарства, мисливства та лісового господарства; риба та інша продукція рибальства	15739,81	17628,5	16697,01	24366,22
кам'яне і буре вугілля; сира нафта та природний газ	2838,89	2829,03	2515,66	3704,78
руди металеві та інша продукція добувної промисловості та розроблення кар'єрів; торф; уранові та торієві руди	49809,54	46461,02	55559,47	72857,62
харчові продукти, напої та тютюнові вироби	13783	15324,63	15746,78	22512,35
текстиль та вироби текстильні; шкіра та вироби зі шкіри	420,16	515,29	599,24	584,36
деревина та вироби з деревини та корка (крім меблів); вироби з соломки та матеріалів рослинних для плетіння; целюлоза, папір і вироби з паперу; друковані матеріали й записані носії інформації	3687,75	4103,36	3951,94	6326,49
кокс і продукти нафтоперероблення	4283,21	4986,89	4495,76	6592,82
речовини та продукти хімічні, волокна штучні та синтетичні; вироби гумові та пластмасові; паливо ядерне	1166,94	1683,52	1687,26	1969,12
продукція мінеральна неметалева інша	8310,93	9238,06	10230,18	15767,3
основні метали; готові металеві вироби, крім машин і устаткування	2776,6	3285,16	3551,85	3206,52

Продовження таблиці А.2

Номенклатура відправлених вантажів	2016	2017	2018	2019
	тис. т	тис. т	тис. т	тис. т
машини й устаткування, не віднесені до інших угруповань; офісні машини та комп'ютери; електричні машини і прилади, не віднесені до інших угруповань; радіо- і телевізійне устаткування і прилади, обладнання зв'язку; медичне обладнання, точні та оптичні прилади; наручні та інші годинники	1991,16	2280,14	2566,57	2955,67
транспортні засоби	387,75	396,61	435,1	722,67
меблі; інші промислові товари, не віднесені до інших угруповань	1484,18	1764,14	2290,94	2353,96
вторинна сировина; комунальні та інші відходи	3160,66	3318,1	3308,05	3678,94
пошта, поштові відправлення	644,23	885,94	950,91	1117,02
устаткування і матеріали, що їх використовують при транспортуванні вантажів	266,7	413,92	497,36	544,2
вантажі, що їх транспортують у зв'язку із переїздом (переміщенням) домогосподарств та офісів; багаж та речі туристів; транспортні засоби, що їх перевозять для ремонту; інші некомерційні вантажі, не віднесені до інших угруповань	35,13	37,71	33,68	78,65
групові вантажі: група різних видів вантажів, що їх перевозять разом	849,69	1001,74	1036,78	1269,47
інші види вантажів, не віднесені до попередніх угруповань	11559,77	10318,20	8243,68	19433,03

Таблиця А.3 – Відправлення вантажів автомобільним транспортом, у міжнародному сполученні [51 –54]

Номенклатура відправлених вантажів	2016	2017	2018	2019
	тис. т	тис. т	тис. т	тис. т
продукція сільського господарства, мисливства та лісового господарства; риба та інша продукція рибальства	479,08	531,76	480,56	511,59
кам'яне і буре вугілля; сира нафта та природний газ	26,05	25,27	21,61	24,69
руди металеві та інша продукція добувної промисловості та розроблення кар'єрів; торф; уранові та торієві руди	125,17	166	106,6	287,01
харчові продукти, напої та тютюнові вироби	1013,64	1030,81	1183,46	1405,96
текстиль та вироби текстильні; шкіра та вироби зі шкіри	75,12	70,62	79,35	103,65
деревина та вироби з деревини та корка (крім меблів); вироби з соломки та матеріалів рослинних для плетіння; целюлоза, папір і вироби з паперу; друковані матеріали й записані носії інформації	892,61	868,99	885,22	2300,48
кокс і продукти нафтоперероблення	116,93	142,3	242,96	395,73
речовини та продукти хімічні, волокна штучні та синтетичні; вироби гумові та пластмасові; паливо ядерне	441,68	512,4	464,51	503,85
продукція мінеральна неметалева інша	460,69	490,89	514,29	607,94
основні метали; готові металеві вироби, крім машин і устаткування	448,86	494,17	478,47	533,68

Продовження таблиці А.3

Номенклатура відправлених вантажів	2016	2017	2018	2019
	тис. т	тис. т	тис. т	тис. т
машини й устаткування, не віднесені до інших угруповань; офісні машини та комп'ютери; електричні машини і прилади, не віднесені до інших угруповань; радіо- і телевізійне устаткування і прилади, обладнання зв'язку; медичне обладнання, точні та оптичні прилади; наручні та інші годинники	425,12	465,01	364,31	571,91
транспортні засоби	197,85	184,41	435,1	165,31
меблі; інші промислові товари, не віднесені до інших угруповань	464,22	555,72	722,38	801,64
вторинна сировина; комунальні та інші відходи	28,64	28,93	40,11	38,27
пошта, поштові відправлення	2,81	2,66	9,58	7,21
устаткування і матеріали, що їх використовують при транспортуванні вантажів	61,44	84,37	88,24	83,61
вантажі, що їх транспортують у зв'язку із переїздом (переміщенням) домогосподарств та офісів; багаж та речі туристів; транспортні засоби, що їх перевозять для ремонту; інші некомерційні вантажі, не віднесені до інших угруповань	5,41	6,11	8,05	18,65
групові вантажі: група різних видів вантажів, що їх перевозять разом	136,44	119,91	107,15	196,49
інші види вантажів, не віднесені до попередніх угруповань	1180,16	1275,29	1288,07	1551,15

Таблиця А.4 – Відправлення вантажів річковим транспортом, у внутрішньому сполученні [55 –58]

Номенклатура вантажів	відправлених	2016	2017	2018	2019
		тис. т	тис. т	тис. т	тис. т
наливні вантажі		–	2434,9	2,3	1,9
сипучі вантажі		1998,4	2,8	2156,4	2252,1
тарно-штучні вантажі		223,6	2252,7	280,5	295,7
інші вантажі		21,9	160,1	19,1	18,6

Таблиця А.5 – Відправлення вантажів річковим транспортом, у закордонному сполученні [55 –58]

Номенклатура вантажів	відправлених	2016	2017	2018	2019
		тис. т	тис. т	тис. т	тис. т
наливні вантажі		–	1205,3	–	–
сипучі вантажі		847,9	–	821,8	969,0
тарно-штучні вантажі		550,0	790,9	417,9	452,9
інші вантажі		–	414,4	–	–

Таблиця А.6 – Відправлення вантажів морським транспортом, у внутрішньому сполученні [59 –62]

Номенклатура вантажів	відправлених	2016	2017	2018	2019
		тис. т	тис. т	тис. т	тис. т
наливні вантажі		52,7	32,5	30,0	7,5
сипучі вантажі		722,4	402,4	471,7	633,0
тарно-штучні вантажі		328,2	407,9	183,1	390,2
вантажі у контейнерах (брутто)		26,8	2,5	–	–
інші вантажі		–	–	–	–

Таблиця А.7 – Відправлення вантажів морським транспортом, у закордонному сполученні [59 –62]

Номенклатура вантажів	відправлених	2016	2017	2018	2019
		тис. т	тис. т	тис. т	тис. т
наливні вантажі		–	–	–	22,5
сипучі вантажі		274,5	236,1	200,7	186,6
тарно-штучні вантажі		1338,0	1000,5	992,4	880,4
вантажі у контейнерах (брутто)		10,7	5,5	0,4	–
інші вантажі		279,2	165,7	13,7	–

ДОДАТОК Б

Вантажообіг за видами транспорту в Україні у 2006 – 2020рр.

Таблиця Б.1 – Вантажообіг за видами транспорту в Україні у 2006 – 2020рр. [63, 64]

Час (рік / місяць)	Вантажообіг за видами транспорту, млрд,ткм				
	залізничний	автомобільний	водний	трубопровідний	авіаційний
2006/01	16,7	1,4	1,1	17,3	0
2006/02	16,5	1,6	1,1	15,5	0,1
2006/03	19,9	2	1,5	16,2	0
2006/04	19,7	1,9	1,5	16,7	0
2006/05	20,2	2,1	1,6	15,2	0
2006/06	20,3	2	1,7	12,8	0
2006/07	21,3	2,2	1,6	20,4	0,1
2006/08	20,5	2,3	1,6	13,9	0
2006/09	20,6	2,4	1,7	14	0
2006/10	21,5	2,5	2,1	14,4	0,1
2006/11	21,2	2,4	1,6	16,7	0
2006/12	22,2	2,5	1,5	19,3	0
2007/01	20	1,7	1,2	16,7	0
2007/02	19,7	2	1,1	14,9	0
2007/03	22	2,3	1,9	14,4	0,1
2007/04	21,7	2,3	1,4	15,8	0
2007/05	22,4	2,4	1,7	15,9	0
2007/06	21,3	2,5	1,7	13,2	0
2007/07	22,1	2,7	1,6	11,7	0,1
2007/08	22,5	2,6	1,8	12,2	0
2007/09	22,5	2,6	1,4	13,1	0,1
2007/10	22,8	2,7	1,5	16,7	0
2007/11	22,1	2,8	1,3	20	0
2007/12	23,7	2,8	1,4	21,2	0,1
2008/01	20,8948	1,9966	1,1552	17,8232	0,0218
2008/02	22,1418	2,7442	1,3976	15,9046	0,0345
2008/03	24,2308	3,0464	1,4358	15,8981	0,0352
2008/04	22,1358	3,0009	1,5241	13,1569	0,0389
2008/05	23,4123	3,1552	1,5785	15,5069	0,039
2008/06	22,9041	3,092	1,408	14,4449	0,0301
2008/07	23,2036	3,42	1,3624	16,0285	0,0339

Продовження табл. Б.1

Час (рік / місяць)	Вантажообіг за видами транспорту, млрд,ткм				
	залізничний	автомобільний	водний	трубопровідний	авіаційний
2008/08	22,9721	3,4876	1,2388	12,456	0,03
2008/09	22,1558	3,4636	1,4113	14,262	0,03
2008/10	20,7329	3,4651	1,37	14,6233	0,0304
2008/11	15,6975	3,1859	0,9775	15,1462	0,0257
2008/12	16,3862	3,3363	0,9824	16,0139	0,0289
2009/01	13,628	1,7174	0,5027	11,7989	0,0248
2009/02	14,6579	2,2956	0,6338	6,099	0,0208
2009/03	16,8695	2,6488	0,6141	8,6101	0,0285
2009/04	14,5117	2,752	0,5872	7,4771	0,0322
2009/05	15,5227	2,8741	0,5507	12,5467	0,0313
2009/06	14,7905	2,8441	0,638	13,4891	0,0289
2009/07	16,6535	3,0526	0,6146	11,4739	0,0219
2009/08	17,2645	3,0689	0,8566	14,1537	0,0265
2009/09	17,2645	3,0431	0,6824	13,7088	0,0318
2009/10	18,7683	3,1756	0,8086	11,6684	0,037
2009/11	18,3715	3,1807	0,8284	15,631	0,0332
2009/12	17,6763	3,2138	0,61	15,2238	0,0334
2010/01	14,888	1,7715	0,6126	9,9898	0,0265
2010/02	15,6053	2,9036	0,5571	12,151	0,0269
2010/03	18,6166	3,4156	0,7074	11,6396	0,0304
2010/04	17,4582	3,45	0,7629	9,9312	0,0354
2010/05	18,8528	3,2268	0,7661	11,9558	0,0318
2010/06	17,7507	2,9814	0,8407	12,5454	0,0291
2010/07	18,4265	3,4515	0,7798	8,1848	0,029
2010/08	19,323	3,4631	0,8508	10,0939	0,029
2010/09	18,6002	3,489	0,7104	12,1412	0,0319
2010/10	19,4476	3,5223	0,9572	13,3769	0,036
2010/11	19,7146	3,5104	0,7672	10,3908	0,0322
2010/12	19,3541	3,512	0,7023	16,045	0,04
2011/01	18,8631	2,142	0,5005	11,7776	0,0227
2011/02	17,3169	2,9107	0,7061	12,9663	0,0251
2011/03	20,4773	3,3201	0,6755	13,9414	0,0399
2011/04	19,8753	3,2823	0,7058	8,5942	0,0286
2011/05	20,5791	3,2844	0,6848	13,3058	0,0327
2011/06	20,0136	3,2396	0,6564	13,5802	0,0281
2011/07	19,7706	3,3592	0,5743	12,4025	0,034
2011/08	20,7149	3,3286	0,5644	6,5612	0,0346

Продовження табл. Б.1

Час (рік / місяць)	Вантажообіг за видами транспорту, млрд,ткм				
	залізничний	автомобільний	водний	трубопровідний	авіаційний
2011/09	20,5775	3,3038	0,4813	9,3534	0,0312
2011/10	21,8519	3,4006	0,6949	12,7694	0,0329
2011/11	21,489	3,3858	0,5106	10,557	0,0288
2011/12	22,0272	3,4818	0,6106	10,8914	0,0282
2012/01	18,0121	2,2759	0,5684	12,4578	0,0303
2012/02	17,0029	2,9822	0,2602	10,0425	0,0309
2012/03	21,2781	3,3519	0,4516	7,8973	0,0362
2012/04	20,3149	3,2734	0,5545	7,6076	0,0319
2012/05	21,3964	3,3719	0,5442	9,6617	0,0215
2012/06	20,8579	3,3684	0,4849	8,6316	0,0171
2012/07	19,6232	3,4662	0,4736	9,2868	0,0286
2012/08	19,7152	3,4752	0,3851	8,3021	0,0193
2012/09	18,9557	3,3358	0,4406	9,3884	0,025
2012/10	20,6073	3,4771	0,4047	10,7352	0,0482
2012/11	20,2625	3,4743	0,3281	9,1417	0,0311
2012/12	19,2484	3,3418	0,4289	9,3524	0,0294
2013/01	16,3769	2,3093	0,2683	9,3917	0,029
2013/02	17,3038	2,9856	0,2493	7,4517	0,0387
2013/03	19,1172	3,2466	0,3545	9,1789	0,027
2013/04	18,4203	3,36	0,3601	6,8542	0,0096
2013/05	18,1255	3,2982	0,3876	7,0929	0,0244
2013/06	18,0906	3,3051	0,3303	9,8248	0,0229
2013/07	18,4431	3,5899	0,4463	9,7547	0,016
2013/08	19,4779	3,7079	0,4261	10,1289	0,0132
2013/09	18,7037	3,5075	0,4466	5,287	0,0185
2013/10	20,03	3,6906	0,4646	14,4805	0,0225
2013/11	19,9582	3,7575	0,5036	9,877	0,0265
2013/12	19,9706	3,729	0,3779	10,3295	0,0247
2014/01	16,5067	2,3656	0,2264	10,1386	0,0113
2014/02	17,4054	3,1556	0,2518	6,9564	0,013
2014/03	19,1884	3,6381	0,332	5,9633	0,0131
2014/04	16,7799	3,4679	0,605	7,1846	0,0164
2014/05	17,9398	3,2794	0,3776	8,7233	0,0204
2014/06	18,3236	3,1657	0,3694	10,1731	0,0179
2014/07	17,6198	3,0861	0,7238	8,5106	0,0258
2014/08	16,6431	3,0574	0,546	4,9818	0,0227
2014/09	16,5067	3,0693	0,5414	5,1622	0,0231

Продовження табл. Б.1

Час (рік / місяць)	Вантажообіг за видами транспорту, млрд,ткм				
	залізничний	автомобільний	водний	трубопровідний	авіаційний
2014/09	16,5067	3,0693	0,5414	5,1622	0,0231
2014/10	17,9762	3,1547	0,4558	5,6789	0,0289
2014/11	18,0108	3,1905	0,629	4,116	0,0243
2014/12	16,7339	3,1339	0,4041	4,4621	0,0231
2015/01	14,9092	1,9907	0,3926	4,9518	0,0145
2015/02	14,071	2,6609	0,3676	4,209	0,0181
2015/03	15,8249	2,9896	0,3984	5,3401	0,0218
2015/04	16,1263	2,9304	0,4419	5,5747	0,0178
2015/05	16,6721	2,71	0,5273	7,3892	0,019
2015/06	16,0116	2,8188	0,4725	7,1037	0,0125
2015/07	15,9883	3,0161	0,5618	8,2513	0,0142
2015/08	16,9477	2,9128	0,456	8,675	0,0145
2015/09	16,3021	3,0247	0,4667	6,871	0,0192
2015/10	17,6423	3,1129	0,4707	8,4417	0,0182
2015/11	17,2706	3,1102	0,4531	8,4533	0,0164
2015/12	16,5555	3,154	0,4255	5,6833	0,0247
2016/01	12,4636	1,9425	0,2289	7,1423	0,0146
2016/02	14,1554	2,6733	0,221	6,7576	0,0168
2016/03	15,9714	3,1413	0,3016	7,5101	0,02
2016/04	15,7454	3,0839	0,3041	6,9242	0,0208
2016/05	15,8354	3,212	0,332	8,0919	0,0222
2016/06	14,6096	3,174	0,3031	7,8463	0,0217
2016/07	15,4005	3,3379	0,3928	7,1857	0,0143
2016/08	16,1115	3,3704	0,4941	8,1063	0,0075
2016/09	15,9199	3,4452	0,3537	7,9132	0,0169
2015/11	17,2706	3,1102	0,4531	8,4533	0,0164
2015/12	16,5555	3,154	0,4255	5,6833	0,0247
2016/01	12,4636	1,9425	0,2289	7,1423	0,0146
2016/02	14,1554	2,6733	0,221	6,7576	0,0168
2016/03	15,9714	3,1413	0,3016	7,5101	0,02
2016/04	15,7454	3,0839	0,3041	6,9242	0,0208
2016/05	15,8354	3,212	0,332	8,0919	0,0222
2016/06	14,6096	3,174	0,3031	7,8463	0,0217
2016/07	15,4005	3,3379	0,3928	7,1857	0,0143
2016/08	16,1115	3,3704	0,4941	8,1063	0,0075
2016/09	15,9199	3,4452	0,3537	7,9132	0,0169
2016/10	16,9749	3,413	0,3478	9,1117	0,0273
2016/11	17,1375	3,4312	0,4228	8,9631	0,0229

Продовження табл. Б.1

Час (рік / місяць)	Вантажообіг за видами транспорту, млрд,ткм				
	залізничний	автомобільний	водний	трубопровідний	авіаційний
2016/12	16,8905	3,4302	0,2967	8,8265	0,0209
2017/01	15,4098	2,375	0,1569	9,1974	0,0171
2017/02	15,7893	2,9274	0,2639	7,995	0,017
2017/03	16,8107	3,3624	0,5759	7,4602	0,0172
2017/04	15,7553	3,3309	0,3126	8,4321	0,0206
2017/05	16,1441	3,4736	0,379	9,0578	0,0255
2017/06	15,0167	3,4356	0,3708	8,7355	0,0159
2017/07	14,9977	3,5416	0,4208	8,835	0,0198
2017/08	16,0602	3,6204	0,396	10,1692	0,0245
2017/09	15,539	3,6012	0,4094	9,7409	0,0298
2017/10	16,653	3,7973	0,3572	8,3456	0,0301
2017/11	16,624	3,9088	0,3441	8,717	0,0275
2017/12	17,1143	3,8046	0,2705	8,7487	0,0277
2018/01	16,0234	2,7578	0,2431	6,4973	0,0244
2018/02	15,0544	3,2798	0,2182	6,526	0,0175
2018/03	16,1832	3,6485	0,2205	8,5787	0,0208
2018/04	15,3889	3,4418	0,232	8,7776	0,0261
2018/05	15,3023	3,5983	0,3253	8,665	0,0286
2018/06	14,327	3,6894	0,3036	9,0804	0,0359
2018/07	14,9297	3,5136	0,3834	9,9595	0,0306
2018/08	15,6803	3,7138	0,3356	8,5746	0,0265
2018/09	15,4833	3,85	0,3131	8,691	0,0354
2018/10	16,2202	3,6279	0,3118	8,0593	0,0268
2018/11	15,8533	3,6607	0,2685	7,6474	0,0343
2018/12	15,8981	3,7879	0,2079	8,1831	0,0328
2019/01	14,9064	3,0451	0,1894	8,0923	0,0236
2019/02	14,2708	3,701	0,18	7,2658	0,0242
2019/03	16,5419	4,1819	0,3138	8,1014	0,0253
2019/04	16,1163	4,0164	0,2196	9,532	0,0243
2019/05	15,9952	4,2019	0,3171	9,3951	0,0252
2019/06	14,1114	4,0556	0,3263	8,8293	0,0297
2019/07	14,3114	4,3808	0,3621	9,4401	0,0212
2019/08	14,5198	4,3273	0,3737	8,1166	0,0261
2019/09	15,4389	4,348	0,2965	8,636	0,023
2019/10	16,308	4,4052	0,3113	8,5738	0,0236
2019/11	14,9205	4,1054	0,2432	9,3944	0,0253
2019/12	14,4041	4,1377	0,2548	9,1513	0,0241
2020/01	14,0682	3,1812	0,1797	3,3781	0,0126

Продовження табл. Б.1

Час (рік / місяць)	Вантажообіг за видами транспорту, млрд,ткм				
	залізничний	автомобільний	водний	трубопровідний	авіаційний
2020/02	13,7153	3,7529	0,1905	4,9216	0,0168
2020/03	15,7577	3,6498	0,2006	5,8067	0,0217
2020/04	13,2816	2,9362	0,2699	5,2338	0,0311
2020/05	12,8882	3,2262	0,2812	5,708	0,0518
2020/06	12,9648	3,3413	0,2436	5,7711	0,0311
2020/07	14,0613	3,6533	0,2364	6,3599	0,0178
2020/08	16,2542	3,5983	0,2812	6,0704	0,017
2020/09	15,231	3,7069	0,2385	5,8615	0,0173

ДОДАТОК В

Скрипт на мові R

```
# Підключення необхідних бібліотек мови R

library(dplyr)
library(readr)
library(ggplot2)
library(forecast)
library(dygraphs)
library(tseries)

# Завантаження у змінну інформації з файлу

vantobig<-read.csv(file="D:/documents/vantobig.csv", header=TRUE, sep=";")

# Запис у змінну rail часового ряду вантажообігу залізничного транспорту

rail<-ts(vantobig$rail, start = c(2006, 1),end =c(2020, 9),frequency =12)

# Побудова графіку часового ряду

dygraph(rail, main = "Вантажообіг залізничний",xlab = "Рік", ylab = "млрд.
ткм") %>% dyLegend(show = "follow") %>% dyRangeSelector()

# Декомпозиція часового ряду

rail_d<- decompose(rail)
plot(decompose(rail))
rail_d$type

# Проведення тесту на стаціонарність часового ряду

rail_adf<-adf.test(rail)
rail_adf

# Створення навчальної та тестової вибірки

rail_train <- window(rail, start= c(2006, 1), end = c(2018, 12))
rail_test <- window(rail, start = c(2019, 01), end = c(2020, 09))

# Побудова прогнозової моделі
```

```

rail_winters_a<- HoltWinters(rail_train,seasonal= c("additive"))
rail_winters_m<- HoltWinters(rail_train,seasonal= c("multiplicative"))
rail_arima<-auto.arima(rail_train)

```

```

# Побудова прогнозу для тестової вибірки

```

```

rail_winters_a_pr<-forecast(rail_winters_a, h = 21, seasonal = 'additive')
rail_winters_m_pr<- forecast (rail_winters_m, h = 21, seasonal = ' multiplicative ')
rail_arima_pr <- forecast(rail_arima, h = 21)

```

```

# Оцінка точності прогнозу для тестової вибірки

```

```

accuracy_rail_winters_a<- accuracy(rail_winters_a_pr, rail_test)['Test set',]
accuracy_rail_winters_m<- accuracy(rail_winters_m_pr, rail_test)['Test set',]
accuracy_rail_arima<-accuracy(rail_arima_pr, rail_test)['Test set',]

```

```

accuracy_rail_winters_a
accuracy_rail_winters_m
accuracy_rail_arima

```

```

# Запис оцінок точності прогнозу для тестової вибірки до файлу

```

```

rail_mape=c(rail_d$type, ' модель Хольта-Уінтерса з адитивною моделлю
сезонності ', accuracy_rail_winters_a [5], ' модель Хольта-Уінтерса з
мультиплікативною моделлю сезонності ', accuracy_rail_winters_m [5],
'ARIMA-модель',accuracy_rail_arima [5])

```

```

write.csv(rail_mape, file="rail_model.csv")

```

```

# Побудова прогнозу вантажообігу залізничного транспорту за обраною ОПР
моделлю

```

```

rail_pr <- predict(rail_arima, start = c(2019, 1),27)

```

```

# Запис прогнозних значень до файлу

```

```

write.csv(rail_pr, file="rail_forecast.csv")

```

**Декларація академічної доброчесності
здобувача вищої освіти ЗНУ**

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

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

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

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

Дата _____ Підпис _____ ПІБ (студент) _____
Дата _____ Підпис _____ ПІБ (науковий керівник) _____