

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова  
Навчально-науковий інститут комп'ютерних наук та управління проектами  
Кафедра інформаційних управляючих систем та технологій

"Допущений до захисту"

Завідувач кафедри ІУСТ



к.т.н, доц. Михелєв І.Л.


"22" червня 2026 р.

*КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА*

на здобуття ступеня вищої освіти "бакалавр"

на тему: «Розробка інформаційної інтелектуальної підсистеми  
прогнозування попиту на логістичні послуги»

Виконав: студент групи 4141

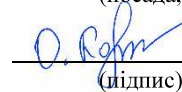
  
(підпис)

Смирнов Є.С.

Керівник роботи:

К.т.н., доцент

(посада, науковий ступінь вчене звання)

  
(підпис)

Гайдаєнко О.В.

м. Миколаїв – 2026 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова  
Навчально-науковий інститут комп'ютерних наук та управління проектами  
Кафедра інформаційних управляючих систем та технологій  
Спеціальність 122 "Комп'ютерні науки"  
Освітня програма "Комп'ютерні науки"

"ЗАТВЕРДЖУЮ"

Гарант освітньої програми

  
к.т.н., доц. Гайда А.Ю.

"25" березня 2026 р.

*ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ*  
на здобуття ступеня вищої освіти "бакалавр"

Студенту Смирнову Єгору Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Розробка інформаційної інтелектуальної підсистеми прогнозування попиту на логістичні послуги

Керівник роботи к.т.н., доцент Гайдаєнко О.В.

Затверджені наказом ректора № 270-уч від "31" березня 2026 року.

2. Термін подання роботи: 22 червня 2026 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) ДСТУ щодо обробки інформації, літературні джерела, технічна документація на існуючі аналоги систем,

4. Перелік питань, що належать до розробки (найменування розділів) Аналіз предметної області та постановка задачі. Проектування інформаційної інтелектуальної підсистеми прогнозування попиту на логістичні послуги. Розробка інформаційної інтелектуальної підсистеми прогнозування попиту на логістичні послуги. Охорона праці.

5. Перелік презентаційних матеріалів Актуальність, концепція системи, Загальна схема роботи, Порівняльний аналіз систем, Діаграма Use Case аналітика підприємства, Схема роботи підприємства після впровадження нової інформаційної системи, ER-діаграми інформаційної бази даних, Діаграма розгортання, Екранні форми розробки, Висновки

### 6. Консультанти розділів роботи


Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Гайдаєнко О.В.	02.02.2026	23.02.2026
2	Гайдаєнко О.В.	23.02.2026	20.03.2026
3	Гайдаєнко О.В.	20.03.2026	24.04.2026
4	Гайдаєнко О.В.	24.04.2026	01.06.2026

### 7. Дата видачі завдання 02 лютого 2026 р.

#### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

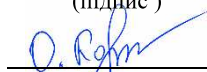
№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз предметної галузі	02.02.2026	
2	Постановка задачі	16.02.2026	
3	Розробка концепції	23.02.2026	
4	Розробка проекту ІС	23.03.2026	
5	Реалізація проекту	27.04.2026	
6	Розробка питань з охорони праці	01.06.2026	
7	Розробка графічних матеріалів	05.06.2026	
8	Подання роботи на перевірку на плагіат	08.06.2026	
9	Подання роботи рецензенту	15.06.2026	
10	Подання роботи на захист	22.06.2026	

Студент

  
 \_\_\_\_\_  
 (підпис)

Смирнов Є.С.  
 (ПІБ)

Керівник роботи

  
 \_\_\_\_\_  
 (підпис)

Гайдаєнко О.В.  
 (ПІБ)

## АНОТАЦІЯ

У даній бакалаврській роботі розглянуто задачу розробки інформаційної інтелектуальної підсистеми прогнозування попиту на логістичні послуги. Проведено аналіз предметної області, визначено основні проблеми та недоліки існуючих підходів до прогнозування попиту в логістичних компаніях. Досліджено сучасні методи прогнозування, зокрема статистичні методи та методи машинного навчання, і обґрунтовано доцільність їх використання.

Запропоновано концепцію інформаційної підсистеми, що включає модулі збору, обробки та аналізу даних, побудови прогнозних моделей, оцінки їх точності та візуалізації результатів. Особливу увагу приділено питанням інтеграції підсистеми з існуючими інформаційними системами підприємства та автоматизації процесів прийняття рішень.

У роботі сформульовано постановку задачі, визначено вхідні та вихідні дані, а також критерії оцінки ефективності функціонування системи. Реалізація запропонованої підсистеми дозволяє підвищити точність прогнозування попиту, оптимізувати використання ресурсів та покращити якість обслуговування клієнтів.

Робота складається з 66 сторінок, 9 малюнків, 12 рисунків, 10 літературних джерел та 3 додатків

**Ключові слова:** логістика, прогнозування попиту, інформаційна система, інтелектуальна підсистема, машинне навчання, аналіз даних, часові ряди, оптимізація, логістичні послуги, підтримка прийняття рішень.

## **ABSTRACT**

This bachelor's thesis addresses the problem of developing an information intelligent subsystem for forecasting demand for logistics services. The subject area is analyzed, and the main problems and shortcomings of existing approaches to demand forecasting in logistics companies are identified. Modern forecasting methods, including statistical approaches and machine learning techniques, are studied and their applicability is justified.

A concept of an information subsystem is proposed, which includes modules for data collection, processing, and analysis, building predictive models, evaluating their accuracy, and visualizing results. Special attention is paid to the integration of the subsystem with existing enterprise information systems and the automation of decision-making processes.

The thesis formulates the problem statement, defines input and output data, and establishes criteria for evaluating system performance. The implementation of the proposed subsystem makes it possible to improve forecast accuracy, optimize resource utilization, and enhance the quality of customer service.

The work consists of 66 pages, 9 figures, 12 drawings, 10 literary sources and 3 appendices.

**Keywords:** logistics, demand forecasting, information system, intelligent subsystem, machine learning, data analysis, time series, optimization, logistics services, decision support.

## ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ .....	4
ABSTRACT .....	5
ВСТУП .....	8
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ПСТАНВКА ЗАДАЧІ .....	10
1.1 Аналіз предметної області.....	10
1.2 Організаційна структура логістичного підприємства .....	13
1.3 Концепція системи .....	15
1.4 Постановка задачі.....	18
Висновки до розділу 1 .....	19
РОЗДІЛ 2. ПРОЄКТУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ПІДСИСТЕМИ ПРОГНОЗУВАННЯ ПОПИТУ НА ЛОГІСТИЧНІ ПОСЛУГИ .....	21
2.1 Загальносистемні рішення .....	21
2.1.1 Взаємодія користувачів із системою .....	24
2.2 Діаграма послідовності функціонування підсистеми прогнозування попиту .....	27
2.3 Діаграма станів системи .....	29
2.4 Концептуальна модель системи .....	32
2.5 Логічна модель даних .....	35
Висновки до розділу 2 .....	40
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНОЇ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ПІДСИСТЕМИ ПРОГНОЗУВАННЯ ПОПИТУ НА ЛОГІСТИЧНІ ПОСЛУГИ .....	42
3.1 Вимоги до програмного забезпечення .....	42
3.2 Вимоги до апаратного забезпечення .....	45
3.3 Фізична архітектура системи .....	48
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ .....	52
4.1 Загальні положення.....	52

4.2 Аналіз потенційно небезпечних та шкідливих виробничих факторів.....	52
4.3 Вимоги до організації робочого місця .....	52
4.4 Вимоги до мікроклімату та освітлення .....	53
4.5 Електробезпека .....	53
4.6 Пожежна безпека .....	53
4.7 Режим праці та відпочинку .....	54
Висновки до розділу 4 .....	54
ВИСНОВКИ.....	55
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	57
ДОДАТОК А. ІНСТРУКЦІЯ КОРИСТУВАЧА.....	58
ДОДАТОК Б. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ НА РОЗРОБКУ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ПІДСИСТЕМИ ПРОГНОЗУВАННЯ ПОПИТУ НА ЛОГІСТИЧНІ ПОСЛУГИ.....	62
ДОДАТОК В. ЕКРАННІ ФОРМИ РОЗРОБКИ.....	66

## ВСТУП

У сучасних умовах розвитку цифрової економіки та глобалізації ринків логістика відіграє ключову роль у забезпеченні ефективного функціонування підприємств. Зростання обсягів перевезень, ускладнення ланцюгів постачання та підвищення вимог до якості обслуговування клієнтів обумовлюють необхідність впровадження сучасних інформаційних технологій у діяльність логістичних компаній. Однією з найважливіших задач у цій сфері є прогнозування попиту на логістичні послуги, що безпосередньо впливає на оптимізацію ресурсів, зниження витрат та підвищення конкурентоспроможності підприємства.

Традиційні методи прогнозування, які базуються переважно на статистичних підходах, не завжди здатні забезпечити необхідний рівень точності в умовах високої динамічності та невизначеності зовнішнього середовища. Це зумовлює актуальність використання інтелектуальних методів аналізу даних, зокрема методів машинного навчання, які дозволяють враховувати складні нелінійні залежності та обробляти великі обсяги різномірної інформації.

Актуальність теми дипломної роботи полягає у необхідності розробки інформаційної інтелектуальної підсистеми прогнозування попиту на логістичні послуги, яка забезпечить підвищення точності прогнозування та ефективності управління логістичними процесами. Використання такої підсистеми дозволить підприємствам своєчасно реагувати на зміни попиту, оптимізувати завантаження ресурсів та покращити рівень обслуговування клієнтів.

Метою даної роботи є підвищення ефективності роботи прогнозування за рахунок розробки інформаційної інтелектуальної підсистеми прогнозування попиту на логістичні послуги із застосуванням сучасних методів аналізу даних.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

1. провести аналіз предметної області та визначити основні проблеми прогнозування попиту;
2. дослідити існуючі методи прогнозування та обґрунтувати вибір підходів;
3. розробити концепцію інформаційної підсистеми;
4. сформулювати постановку задачі;
5. реалізувати модель прогнозування попиту;
6. оцінити ефективність запропонованого рішення.

Об'єктом дослідження є процеси прогнозування попиту на логістичні послуги.

Предметом дослідження є методи та засоби побудови інформаційної інтелектуальної підсистеми прогнозування попиту.

Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості використання розробленої підсистеми в діяльності логістичних підприємств для підвищення ефективності управління ресурсами та покращення якості прийняття управлінських рішень.

Дана робота спрямована на вирішення актуальної науково-прикладної задачі, що має важливе значення для розвитку сучасних логістичних систем та інформаційних технологій у сфері комп'ютерних наук.

## **РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ПСТАНВКА ЗАДАЧІ**

### **1.1 Аналіз предметної області**

Сучасний розвиток логістики характеризується високим рівнем динамічності, зростанням обсягів перевезень та ускладненням ланцюгів постачання. У цих умовах ефективне управління попитом на логістичні послуги стає критично важливим фактором конкурентоспроможності підприємств. Попит на логістичні послуги залежить від багатьох факторів, серед яких економічна ситуація, сезонність, поведінка клієнтів, зміни у транспортній інфраструктурі та зовнішні ризики.

Логістичні послуги охоплюють широкий спектр операцій, зокрема транспортування, складування, управління запасами, обробку замовлень та інформаційне забезпечення. Прогнозування попиту на такі послуги дозволяє підприємствам оптимізувати використання ресурсів, зменшити витрати, підвищити якість обслуговування клієнтів і своєчасно реагувати на зміни ринку.

Традиційні методи прогнозування, такі як експертні оцінки та статистичні підходи (наприклад, регресійний аналіз або аналіз часових рядів), мають обмеження у врахуванні великої кількості змінних та нелінійних залежностей. У зв'язку з цим дедалі більшого поширення набувають інтелектуальні методи, що базуються на технологіях штучного інтелекту та машинного навчання. Вони дозволяють обробляти великі обсяги даних, виявляти приховані закономірності та будувати більш точні прогнози.

Предметна область даного дослідження включає процеси збору, зберігання, обробки та аналізу даних, пов'язаних із попитом на логістичні послуги. Основними джерелами даних є історичні записи про замовлення, інформація про клієнтів, маршрути перевезень, часові характеристики, а також зовнішні фактори (економічні показники, погодні умови, сезонні коливання тощо).

Особливу увагу слід приділити інтеграції інформаційних систем у логістичних компаніях. Інформаційна інтелектуальна підсистема прогнозування попиту повинна бути складовою частиною загальної інформаційної системи підприємства, забезпечуючи автоматизацію процесів аналізу та підтримку прийняття управлінських рішень. Така підсистема має включати модулі збору даних, їх попередньої обробки, моделювання, оцінювання точності прогнозів і візуалізації результатів.

Крім того, важливим аспектом є забезпечення якості даних, оскільки некоректні або неповні дані можуть суттєво вплинути на результати прогнозування. Необхідно враховувати питання очищення даних, їх нормалізації та обробки пропущених значень.

Отже, аналіз предметної області показує, що прогнозування попиту на логістичні послуги є складною багатofакторною задачею, яка потребує застосування сучасних інформаційних технологій та інтелектуальних методів аналізу даних. Розробка відповідної інформаційної підсистеми дозволить підвищити ефективність управління логістичними процесами та забезпечити більш обґрунтоване прийняття рішень у сфері логістики.

У практиці логістичних компаній прогнозування попиту на послуги супроводжується рядом системних проблем, які безпосередньо впливають на точність планування та ефективність бізнес-процесів.

Основними недоліками та проблемами прогнозування попиту по-перше, ключовою проблемою є низька якість даних. Дані можуть бути неповними, зашумленими або несинхронізованими між різними інформаційними системами ERP, CRM, TMS. Це ускладнює побудову достовірних моделей.

По-друге, спостерігається висока волатильність попиту. Попит на логістичні послуги суттєво змінюється під впливом сезонності, економічних криз, змін у ланцюгах постачання та форс-мажорних обставин (наприклад, війна чи пандемія).

Третя проблема — складність урахування зовнішніх факторів. Багато факторів (погодні умови, ціни на паливо, політична ситуація) важко формалізувати та інтегрувати в модель.

Четверта — відсутність гнучких інструментів прогнозування. У багатьох компаніях використовуються застарілі підходи, що не враховують нелінійні залежності.

Також варто відзначити затримки в обробці даних та прийнятті рішень, що знижує актуальність прогнозів, та дефіцит кваліфікованих спеціалістів у сфері аналітики даних.

У логістиці найчастіше застосовують два базові підходи: статистичні методи та методи машинного навчання.

#### 1. Статистичні методи аналіз часових рядів

До цієї групи належать методи ковзного середнього, експоненціального згладжування, ARIMA тощо. Вони базуються на аналізі історичних даних і виявленні закономірностей у часі.

Перевагами є простота реалізації та інтерпретації, низькі обчислювальні витрати, добре працюють при стабільних і регулярних даних, не потребують великого обсягу даних.

Недоліками є погано враховують нелінійні залежності, обмежені у роботі з багатьма факторами, чутливі до різких змін кризи, аномалії, не враховують зовнішні фактори без ускладнення моделі.

#### 2. Методи машинного навчання

До цієї категорії входять алгоритми, такі як дерева рішень, випадковий ліс, градієнтний бустинг, нейронні мережі.

Переваги в здатності виявляти складні та нелінійні залежності, в можливості врахування великої кількості факторів, в високій точності прогнозування при наявності якісних даних, в гнучкості і адаптивності до змін.

Недоліки полягаю в потребі великого обсягу даних, високих обчислювальних витрат, в складності налаштування та інтерпретації результатів, в необхідності кваліфікованих спеціалістів.

Існуючі проблеми прогнозування попиту в логістиці обумовлюють необхідність впровадження інтелектуальних підсистем, які поєднують переваги різних підходів. Статистичні методи доцільно використовувати для базового аналізу, тоді як методи машинного навчання — для побудови більш точних і адаптивних моделей у складних умовах.

## 1.2 Організаційна структура логістичного підприємства

Організаційна структура логістичного підприємства, рисунок 1.1. визначає розподіл функцій, відповідальності та інформаційних потоків між підрозділами з метою забезпечення ефективного управління логістичними процесами. Як правило, така структура є ієрархічною або матричною та включає як операційні, так і аналітичні підрозділи.



Рисунок 1.1 – Організаційна структура підприємства

До основних структурних елементів логістичного підприємства належать. Керівництво підприємства, яке здійснює стратегічне управління, визначає цілі та напрямки розвитку. Відділ транспортування, відповідальний за планування маршрутів, організацію перевезень та управління транспортними ресурсами. Складський відділ, що забезпечує зберігання, обробку та облік товарів. Відділ управління запасами, який контролює рівень запасів та їх оптимізацію. Відділ обслуговування клієнтів, що відповідає за прийом і супровід замовлень. IT-відділ, який підтримує функціонування інформаційних систем. Фінансово-економічний відділ, що здійснює бюджетування, облік і аналіз витрат. Аналітичний відділ або відділ прогнозування, який виконує задачі аналізу даних і прогнозування попиту.

У сучасних умовах цифровізації особливого значення набуває саме відділ прогнозування попиту на логістичні послуги, який може бути окремим підрозділом або входити до складу аналітичного чи IT-відділу.

Відділ прогнозування попиту виконує функцію інформаційної підтримки управлінських рішень. Його основне завдання полягає у формуванні достовірних прогнозів щодо обсягів і структури попиту на логістичні послуги на різних часових горизонтах коротко-, середньо- та довгострокових.

Збір і консолідацію даних з різних джерел історія замовлень, клієнтські дані, зовнішні фактори. Попередню обробку даних, включаючи очищення, нормалізацію та агрегування. Розробку та застосування моделей прогнозування, з використанням статистичних методів і методів машинного навчання. Оцінювання точності прогнозів та їх регулярне оновлення. Формування аналітичних звітів і візуалізацій для керівництва та інших підрозділів. Взаємодію з іншими відділами для узгодження планів і коригування прогнозів.

Відділ прогнозування попиту тісно взаємодіє з ключовими підрозділами підприємства. Зокрема з відділом транспортування — для планування завантаження транспорту та маршрутів. Зі складським відділом

— для оптимізації використання складських потужностей. З відділом управління запасами — для визначення необхідного рівня запасів. З фінансовим відділом — для планування витрат і доходів. З ІТ-відділом — для впровадження та підтримки аналітичних систем.

Наявність ефективного відділу прогнозування попиту дозволяє підприємству зменшити витрати за рахунок оптимізації ресурсів, підвищити рівень обслуговування клієнтів, своєчасно реагувати на зміни ринку, мінімізувати ризики перевантаження або недовантаження потужностей.

Отже, відділ прогнозування попиту є важливим елементом організаційної структури логістичного підприємства, який забезпечує аналітичну основу для прийняття управлінських рішень і підвищення ефективності діяльності компанії в цілому.

### 1.3 Концепція системи

На основі проведеного аналізу предметної області та виявлених проблем прогнозування попиту на логістичні послуги пропонується концепція інформаційної інтелектуальної підсистеми, яка забезпечує підвищення точності прогнозів, автоматизацію аналітичних процесів та інтеграцію з існуючою ІТ-інфраструктурою підприємства.

Запропонована система, рисунок 1.2, являє собою модульну інформаційно-аналітичну підсистему, яка функціонує в складі корпоративної інформаційної системи логістичного підприємства. Основною метою системи є формування точних і своєчасних прогнозів попиту на логістичні послуги з урахуванням внутрішніх та зовнішніх факторів.

## КОНЦЕПЦІЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ПІДСИСТЕМИ ПРОГНОЗУВАННЯ ПОПИТУ НА ЛОГІСТИЧНІ ПОСЛУГИ

**МЕТА:** формування точних і своєчасних прогнозів попиту для ефективного планування та прийняття управлінських рішень

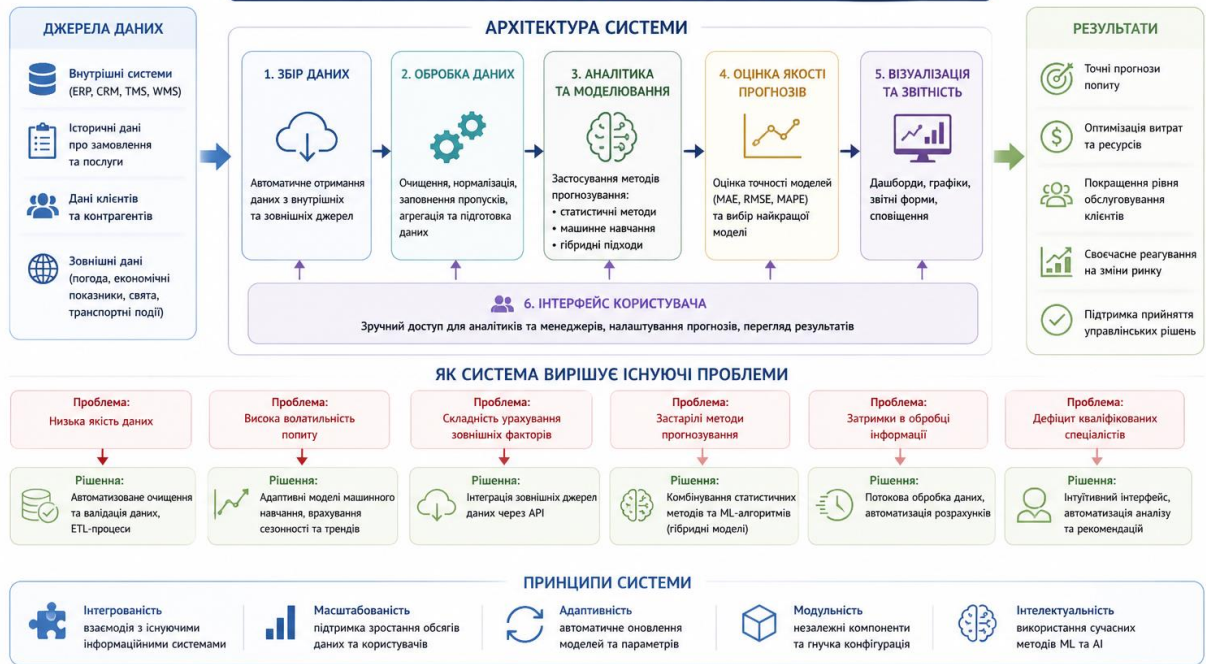


Рисунок 1.2 – Концепція системи

Система повинна реалізовувати такі принципи інтегрованість — взаємодія з ERP, CRM, TMS системами. Масштабованість — можливість обробки зростаючих обсягів даних. Адаптивність — автоматичне оновлення моделей при зміні умов. Модульність — розділення функціоналу на незалежні компоненти. Інтелектуальність — використання методів машинного навчання.

Модуль збору даних забезпечує автоматичне отримання даних з різних джерел внутрішні бази, API, зовнішні сервіси.

Модуль попередньої обробки даних виконує очищення, нормалізацію, заповнення пропусків та агрегацію даних.

Модуль аналітики та моделювання реалізує алгоритми прогнозування ARIMA, Random Forest, нейронні мережі.

Модуль оцінки якості прогнозів визначає точність моделей MAE, RMSE та виконує їх порівняння.

Модуль візуалізації та звітності надає результати у вигляді графіків, дашбордів та аналітичних звітів.

Інтерфейс користувача забезпечує доступ до системи для аналітиків і менеджерів.

Запропонована система дозволяє вирішити основні проблеми, характерні для логістичних компаній:

1. Проблема низької якості даних для цього буде впроваджено автоматизовану процедуру очищення та валідації даних, використання ETL-процесів.

2. Висока волатильність попиту для цього буде впроваджено застосування адаптивних моделей машинного навчання, які враховують сезонність та тренди.

3. Складність урахування зовнішніх факторів для цього буде впроваджено інтеграція зовнішніх джерел даних погода, економічні індикатори через API.

4. Використання застарілих методів прогнозування для цього буде впроваджено комбінування статистичних методів і сучасних алгоритмів гібридні моделі.

5. Затримки в обробці інформації для цього буде впроваджено використання потокової обробки даних stream processing та автоматизація розрахунків.

6. Дефіцит кваліфікованих спеціалістів для цього буде впроваджено розробка інтуїтивно зрозумілого інтерфейсу та часткова автоматизація процесів аналізу.

Реалізація запропонованої концепції дозволить підвищити точність прогнозування, зменшити операційні витрати, покращити планування ресурсів, підвищити рівень обслуговування клієнтів, забезпечити підтримку прийняття управлінських рішень.

Концепція інформаційної інтелектуальної підсистеми прогнозування попиту спрямована на комплексне вирішення існуючих проблем логістичних підприємств. Використання сучасних методів аналізу даних у поєднанні з

інтеграцією інформаційних систем створює основу для ефективного управління попитом та підвищення конкурентоспроможності підприємства.

#### 1.4 Постановка задачі

У межах даної дипломної роботи розглядається задача розробки інформаційної інтелектуальної підсистеми прогнозування попиту на логістичні послуги, яка забезпечує підвищення ефективності управління ресурсами підприємства та підтримку прийняття управлінських рішень.

Необхідно розробити програмно-інформаційну підсистему, яка на основі історичних даних та зовнішніх факторів дозволяє прогнозувати обсяги попиту на логістичні послуги на заданий період часу з необхідним рівнем точності.

До вхідних даних системи належать історичні дані про замовлення дата, обсяг, тип послуги, дані про клієнтів сегмент, географія, частота замовлень. Інформація про логістичні операції маршрути, час доставки, завантаженість. Зовнішні фактори сезонність, погодні умови, економічні показники. Довідкові дані класифікатори послуг, регіони тощо.

Результатом роботи підсистеми є прогнозні значення попиту на логістичні послуги на визначений період, оцінки точності прогнозу, аналітичні звіти та візуалізації, рекомендації щодо оптимізації використання ресурсів.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

1. Збір та інтеграція даних з різних джерел.
2. Попередня обробка даних очищення, нормалізація, усунення пропусків.
3. Аналіз даних та виявлення закономірностей.
4. Побудова моделей прогнозування статистичних та інтелектуальних.
5. Оцінка якості моделей та вибір оптимальної.
6. Реалізація механізму оновлення прогнозів.
7. Візуалізація результатів та формування звітів.

Система повинна відповідати таким вимогам як забезпечувати достатню точність прогнозування, працювати з великими обсягами даних, мати можливість інтеграції з існуючими інформаційними системами, забезпечувати зручний інтерфейс користувача, підтримувати масштабування та розширення функціоналу.

До обмежень задачі можна віднести можливу неповноту або неточність вхідних даних, обмеженість обчислювальних ресурсів, необхідність адаптації моделей до змін зовнішнього середовища.

Ефективність розробленої підсистеми оцінюється за такими критеріями точність прогнозування MAE, RMSE, MAPE, швидкість обробки даних, зниження витрат підприємства, підвищення рівня обслуговування клієнтів.

Таким чином, постановка задачі визначає основні вимоги до розроблюваної інформаційної інтелектуальної підсистеми та окреслює ключові аспекти її функціонування. Реалізація поставленої задачі дозволить створити ефективний інструмент прогнозування попиту, що сприятиме оптимізації логістичних процесів підприємства.

## Висновки до розділу 1

У першому розділі було проведено аналіз предметної області прогнозування попиту на логістичні послуги та досліджено особливості функціонування логістичних підприємств в умовах сучасної цифрової економіки. Встановлено, що ефективне прогнозування попиту є одним із ключових факторів забезпечення конкурентоспроможності підприємства, оскільки дозволяє оптимізувати використання транспортних, складських і трудових ресурсів, а також підвищити якість обслуговування клієнтів.

У результаті аналізу предметної області було виявлено основні проблеми, з якими стикаються логістичні компанії під час прогнозування попиту, а саме: низька якість вхідних даних, значний вплив сезонних та зовнішніх факторів, висока мінливість ринкового середовища, використання

застарілих методів прогнозування та недостатній рівень автоматизації аналітичних процесів.

Було розглянуто організаційну структуру логістичного підприємства та визначено роль відділу прогнозування попиту в системі управління підприємством. Встановлено, що результати прогнозування безпосередньо впливають на процеси планування перевезень, управління запасами, завантаження складських потужностей та прийняття стратегічних управлінських рішень.

Проведено аналіз сучасних методів прогнозування попиту, зокрема статистичних методів аналізу часових рядів та методів машинного навчання. Визначено їх переваги та недоліки, а також обґрунтовано доцільність використання інтелектуальних підходів для підвищення точності прогнозів в умовах багатофакторного середовища.

На основі виявлених недоліків існуючих рішень запропоновано концепцію інформаційної інтелектуальної підсистеми прогнозування попиту на логістичні послуги. Запропонована система передбачає автоматизований збір і обробку даних, застосування сучасних алгоритмів аналізу та прогнозування, оцінювання якості прогнозів і візуалізацію результатів для підтримки прийняття управлінських рішень.

У результаті виконаного дослідження сформульовано постановку задачі розробки інформаційної інтелектуальної підсистеми прогнозування попиту на логістичні послуги, визначено її функціональні вимоги, вхідні та вихідні дані, а також критерії оцінювання ефективності. Отримані результати є теоретичною та методологічною основою для подальшого проєктування, реалізації та дослідження розробленої системи в наступних розділах дипломної роботи.

## **РОЗДІЛ 2. ПРОЄКТУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ПІДСИСТЕМИ ПРОГНОЗУВАННЯ ПОПИТУ НА ЛОГІСТИЧНІ ПОСЛУГИ**

### **2.1 Загальносистемні рішення**

Розробка інформаційної інтелектуальної підсистеми прогнозування попиту на логістичні послуги потребує визначення загальносистемних рішень, які забезпечують ефективне функціонування системи, її інтеграцію з існуючою інформаційною інфраструктурою підприємства та можливість подальшого розвитку. Загальносистемні рішення охоплюють вибір архітектури системи, принципів організації даних, програмних засобів, технологій обробки інформації та механізмів взаємодії користувачів із системою.

Для реалізації підсистеми пропонується використання трирівневої архітектури, яка включає, рисунок 2.1.

- рівень представлення – забезпечує взаємодію користувача із системою через вебінтерфейс;
- рівень бізнес-логіки – реалізує алгоритми обробки даних, аналізу та прогнозування попиту;
- рівень даних – забезпечує зберігання, оновлення та доступ до інформації.

Така архітектура дозволяє розділити функціональні компоненти системи, спрощує її супровід та забезпечує можливість масштабування.

Архітектура інформаційної інтелектуальної підсистеми прогнозування попиту на логістичні послуги

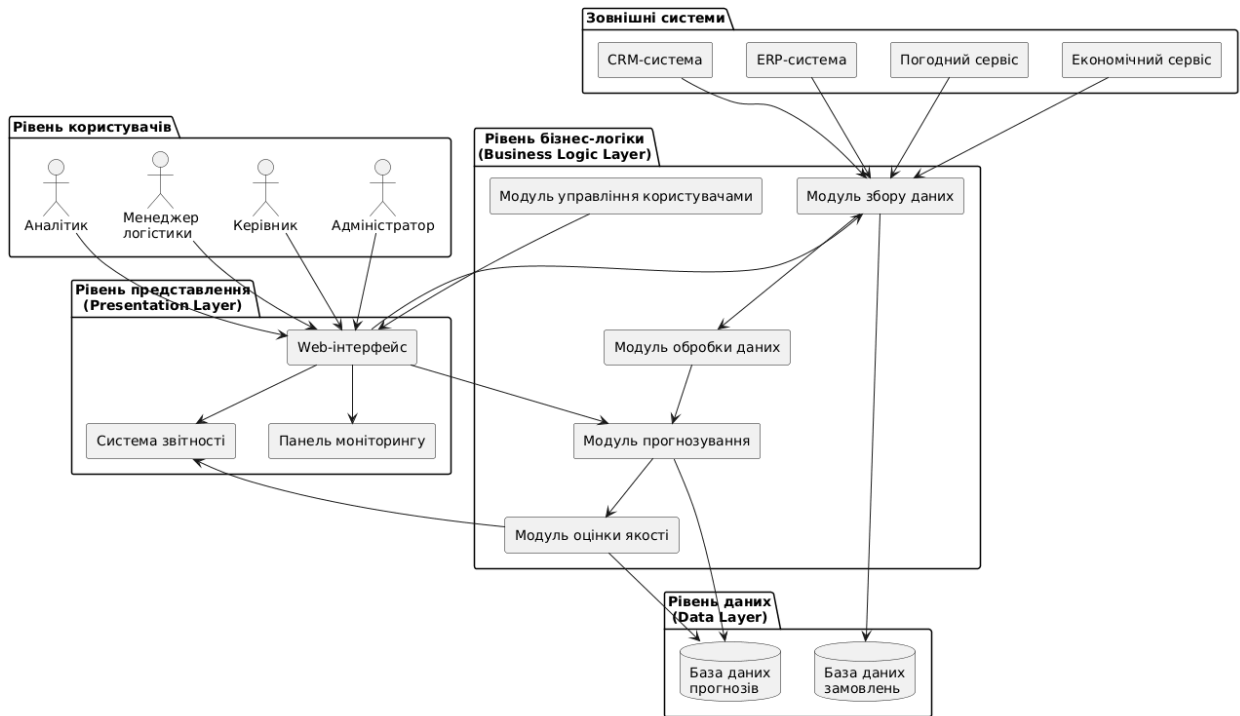


Рисунок 2.1 – Архітектура системи

Інформаційне забезпечення підсистеми формується на основі внутрішніх та зовнішніх джерел даних.

До внутрішніх джерел належать база замовлень підприємства, саме дані про клієнтів, інформація про перевезення, статистика використання транспортних засобів, фінансові показники логістичних операцій.

До зовнішніх джерел належать погодні сервіси, економічні індикатори, ринкові статистичні дані, календарні та сезонні фактори.

Для забезпечення актуальності інформації передбачається автоматизоване завантаження даних із зовнішніх джерел через API.

Підсистема реалізується як веборієнтований програмний продукт, що забезпечує доступ через браузер без необхідності встановлення додаткового програмного забезпечення на робочих місцях користувачів.

Для реалізації програмного забезпечення можуть бути використані мова програмування Python. Фреймворк Django або Flask для серверної частини. Бібліотеки аналізу даних Pandas, NumPy. Бібліотеки машинного навчання Scikit-learn, TensorFlow. Система керування базами даних PostgreSQL. Засоби візуалізації Plotly, Matplotlib або Chart.js.

Вибір зазначених технологій обумовлений їх широким застосуванням у сфері аналізу даних та розробки інтелектуальних інформаційних систем.

Основу математичного забезпечення становлять методи аналізу часових рядів та алгоритми машинного навчання.

Для прогнозування попиту передбачається використання методів ковзного середнього, експоненціального згладжування, моделей ARIMA, алгоритмів Random Forest, алгоритмів Gradient Boosting, штучних нейронних мереж.

Для оцінювання точності прогнозів використовуються показники MAE, RMSE, MAPE.

Функціонування системи передбачає використання серверного обладнання для обробки даних та клієнтських робочих станцій для доступу до вебінтерфейсу.

Мінімальна конфігурація серверної частини включає процесор не нижче Intel Core i5 або аналогічний. Оперативна пам'ять від 8 ГБ. SSD-накопичувач від 256 ГБ. Операційна система Linux або Windows Server.

Клієнтська частина потребує лише сучасного веббраузера та доступу до локальної мережі або мережі Інтернет.

Для забезпечення захисту інформації передбачаються автентифікація користувачів, розмежування прав доступу, шифрування мережевого трафіку за протоколом HTTPS, резервне копіювання бази даних, журналювання дій користувачів.

Застосування зазначених механізмів дозволяє забезпечити конфіденційність, цілісність та доступність інформації.

Запропоновані загальносистемні рішення визначають архітектурні, інформаційні, програмні, математичні та технічні основи функціонування інформаційної інтелектуальної підсистеми прогнозування попиту на логістичні послуги. Обрані підходи забезпечують модульність, масштабованість, надійність та можливість інтеграції системи з

інформаційною інфраструктурою логістичного підприємства, що створює передумови для ефективної реалізації поставлених у роботі завдань.

### 2.1.1 Взаємодія користувачів із системою

Ефективність функціонування інформаційної інтелектуальної підсистеми прогнозування попиту на логістичні послуги значною мірою залежить від зручності взаємодії користувачів із системою. Тому під час проєктування підсистеми особлива увага приділяється створенню інтуїтивно зрозумілого інтерфейсу, який забезпечує швидкий доступ до функціональних можливостей системи та результатів прогнозування.

У межах розроблюваної системи передбачається використання рольової моделі доступу, відповідно до якої кожен користувач отримує доступ лише до тих функцій, які необхідні для виконання його посадових обов'язків.

Основними категоріями користувачів системи рисунок 2.2 є *Аналітик* – здійснює аналіз даних, налаштування параметрів прогнозування, запуск процесів навчання моделей та оцінку якості отриманих прогнозів. *Менеджер логістичного відділу* – використовує результати прогнозування для планування перевезень, розподілу транспортних ресурсів та контролю завантаженості підприємства. *Керівник підприємства* – отримує узагальнену аналітичну інформацію та звіти для підтримки стратегічного планування і прийняття управлінських рішень. *Адміністратор системи* – відповідає за налаштування програмного забезпечення, управління користувачами, контроль безпеки та підтримку працездатності системи.

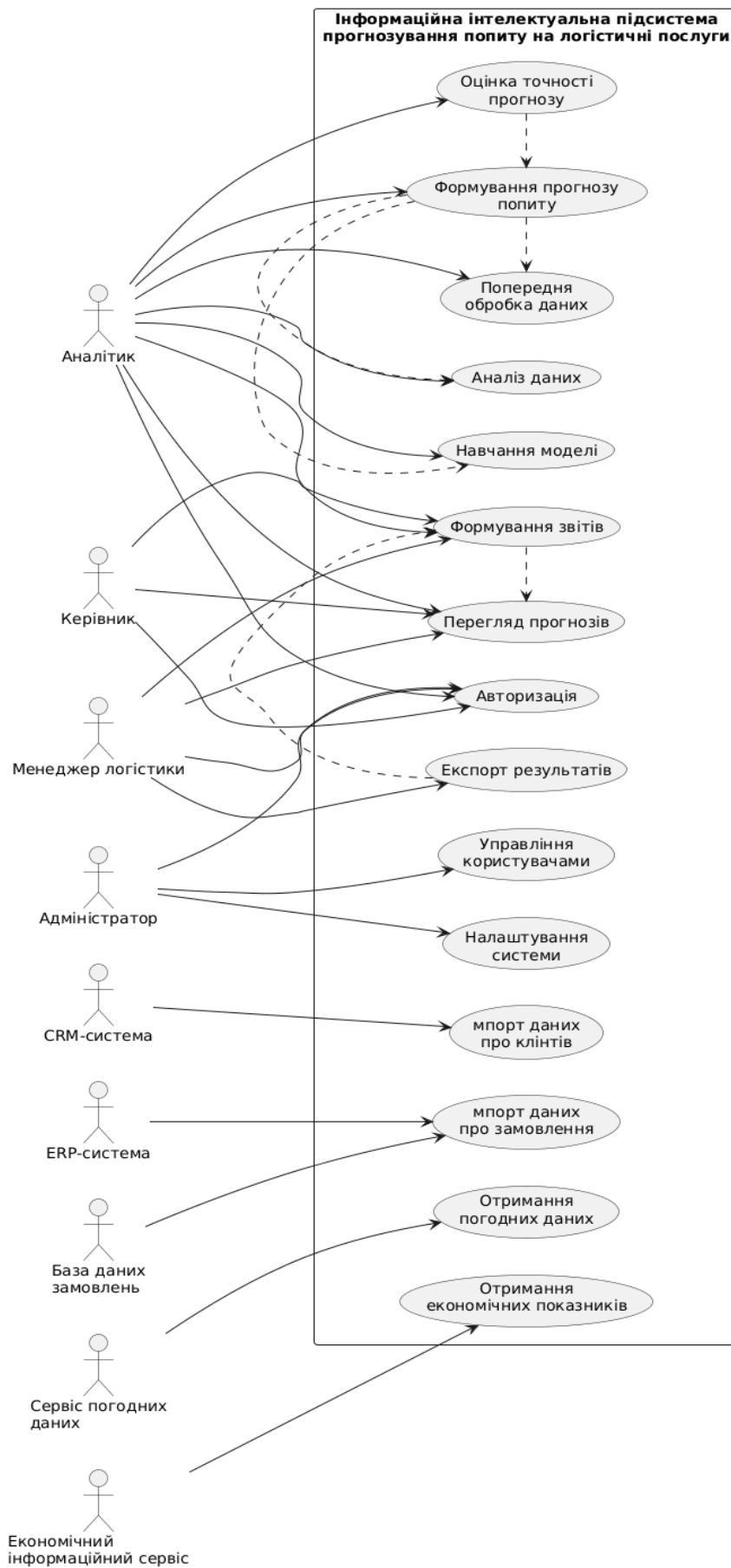


Рисунок 2.2 – Діаграма варіантів використання

Взаємодія користувачів із системою здійснюється через вебінтерфейс, який забезпечує доступ до основних функціональних модулів підсистеми. Після проходження процедури автентифікації користувач отримує доступ до персоналізованого робочого середовища відповідно до своєї ролі.

Основний сценарій роботи користувача включає такі етапи:

1. Авторизація в системі.
2. Завантаження або автоматичне отримання актуальних даних.
3. Перегляд наявної статистичної інформації.
4. Формування прогнозу на обраний період.
5. Аналіз результатів прогнозування.
6. Перегляд графіків, діаграм та звітів.
7. Експорт результатів у формати PDF, Excel або CSV.
8. Використання отриманих прогнозів для планування діяльності підприємства.

Для підвищення зручності роботи користувачів інтерфейс системи повинен забезпечувати швидкий пошук необхідної інформації, візуалізацію прогнозів у вигляді графіків та діаграм, відображення показників точності прогнозування, можливість порівняння прогнозних і фактичних значень, формування аналітичних звітів у реальному часі, адаптивне відображення на різних пристроях.

Важливим аспектом взаємодії користувачів із системою є механізм сповіщень. У разі виявлення значних відхилень прогнозованих показників від фактичних значень або різких змін попиту система автоматично повідомляє відповідальних співробітників про необхідність коригування планів роботи.

Таким чином, запропонована організація взаємодії користувачів із системою забезпечує ефективне використання функціональних можливостей підсистеми, спрощує процес аналізу даних та сприяє прийняттю обґрунтованих управлінських рішень на основі результатів прогнозування попиту на логістичні послуги.

## 2.2 Діаграма послідовності функціонування підсистеми прогнозування попиту

Для деталізації процесу взаємодії між користувачем та компонентами інформаційної інтелектуальної підсистеми була розроблена діаграма послідовності. Дана діаграма, рисунок 2.3, відображає часову послідовність обміну повідомленнями між учасниками системи під час формування прогнозу попиту на логістичні послуги.

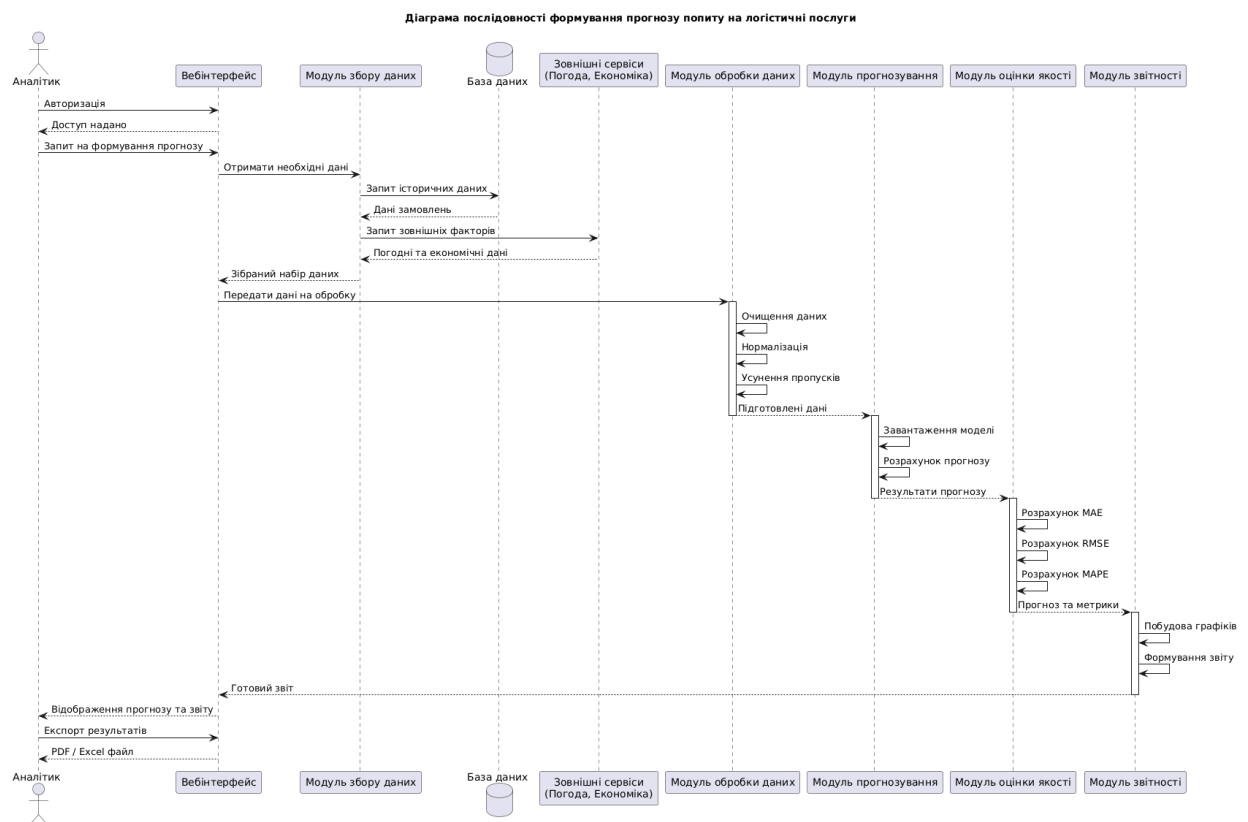


Рисунок 2.3 – Діаграма послідовності

Основною метою діаграми послідовності є демонстрація логіки роботи системи, порядку виконання операцій та взаємодії між окремими програмними модулями. На відміну від діаграми варіантів використання, яка показує функціональні можливості системи, діаграма послідовності дозволяє простежити процес виконання конкретного сценарію від моменту ініціювання користувачем до отримання результату прогнозування.

У розробленій підсистемі основними учасниками процесу є аналітик, вебінтерфейс системи, модуль обробки даних, модуль прогнозування, база даних та модуль формування звітів.

Процес роботи системи починається з авторизації користувача та вибору функції формування прогнозу. Після отримання відповідного запиту система звертається до бази даних для отримання історичних відомостей про замовлення, інформації про клієнтів та інших необхідних параметрів. Додатково можуть завантажуватися зовнішні дані з погодних або економічних сервісів.

Отримані дані передаються до модуля попередньої обробки, де виконуються операції очищення, нормалізації та перевірки коректності інформації. Після завершення підготовки даних вони надходять до модуля прогнозування, який використовує навчений алгоритм машинного навчання для формування прогнозних значень попиту.

Після виконання прогнозування система здійснює оцінку отриманих результатів та формує набір показників ефективності моделі. Далі результати передаються до модуля візуалізації та звітності, де будуються графіки, діаграми та аналітичні звіти.

На завершальному етапі сформований прогноз відображається користувачу через вебінтерфейс. За необхідності користувач може експортувати результати у зовнішні формати для подальшого використання в процесі планування логістичних операцій.

Таким чином, діаграма послідовності відображає повний цикл роботи інформаційної інтелектуальної підсистеми прогнозування попиту на логістичні послуги — від отримання запиту користувача до формування та відображення прогнозних результатів. Побудова такої діаграми дозволяє детально описати внутрішню логіку функціонування системи та є важливим етапом її проектування.

Для даної діаграми послідовності доцільно використовувати такі об'єкти:

- Аналітик
- Вебінтерфейс
- Модуль збору даних

- База даних
- Модуль обробки даних
- Модуль прогнозування
- Модуль оцінки якості
- Модуль звітності
- Зовнішні сервіси даних

Саме ці компоненти беруть участь у процесі формування прогнозу та забезпечують реалізацію основного функціоналу розроблюваної інформаційної інтелектуальної підсистеми.

### 2.3 Діаграма станів системи

Для опису динамічної поведінки інформаційної інтелектуальної підсистеми прогнозування попиту на логістичні послуги використовується діаграма станів. Даний тип UML-діаграм дозволяє відобразити можливі стани системи, а також переходи між ними під впливом подій або дій користувачів.

Діаграма станів, рисунок 2.4, є важливим інструментом проєктування програмних систем, оскільки дозволяє формалізувати логіку функціонування системи та визначити послідовність виконання основних процесів. У контексті розроблюваної підсистеми діаграма станів відображає життєвий цикл процесу прогнозування попиту, починаючи від запуску системи і завершуючи отриманням прогнозних результатів.

Діаграма станів інформаційної інтелектуальної підсистеми прогнозування попиту

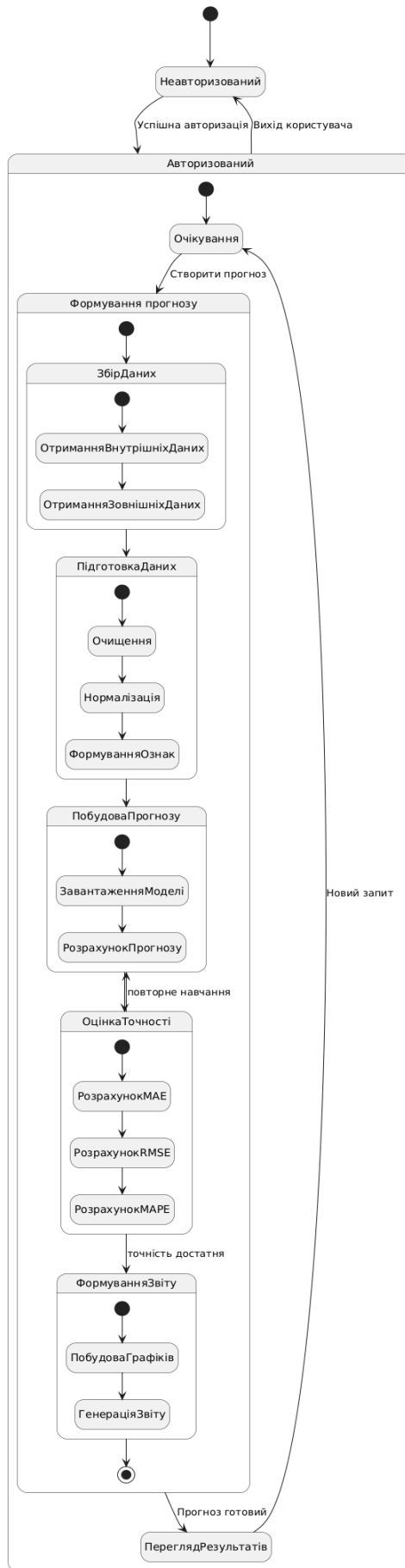


Рисунок 2.4 – Діаграма станів системи

Початковим станом є «Запуск системи», під час якого відбувається завантаження програмних модулів та встановлення з'єднання з базою даних. Після успішного запуску система переходить до стану «Очікування дій користувача», в якому вона готова приймати запити на виконання операцій.

Після авторизації користувач ініціює процес прогнозування, внаслідок чого система переходить до стану «Збір даних». На цьому етапі виконується отримання інформації з внутрішніх джерел підприємства та зовнішніх сервісів. Зокрема завантажуються історичні дані про замовлення, інформація про клієнтів, погодні умови та економічні показники.

Після завершення збору інформації система переходить до стану «Попередня обробка даних», де здійснюється очищення даних від помилок, усунення пропущених значень, нормалізація та підготовка набору даних для подальшого аналізу.

Наступним етапом є стан «Формування прогнозу», під час якого виконується запуск моделі машинного навчання або статистичного алгоритму прогнозування. На основі підготовлених даних система обчислює прогнозні значення попиту на логістичні послуги.

Після побудови прогнозу система переходить до стану «Оцінка якості прогнозу», де розраховуються показники ефективності моделі, зокрема MAE, RMSE та MAPE. У разі незадовільної точності система може повернутися до етапу налаштування або повторного навчання моделі.

Якщо результати прогнозування відповідають встановленим критеріям якості, система переходить до стану «Формування звітів та візуалізація». На даному етапі створюються графіки, діаграми та аналітичні звіти, які містять результати прогнозування та статистичні показники.

Після формування звітів користувач отримує доступ до результатів через вебінтерфейс системи. Система переходить у стан «Відображення результатів», де забезпечується перегляд прогнозів, їх аналіз та можливість експорту даних у зовнішні формати.

Після завершення роботи користувача система повертається до стану «Очікування дій користувача» або переходить до кінцевого стану «Завершення роботи».

Основними станами системи є:

- запуск системи;
- очікування дій користувача;
- збір даних;
- попередня обробка даних;
- формування прогнозу;
- оцінка якості прогнозу;
- формування звітів та візуалізація;
- відображення результатів;
- завершення роботи.

Розроблена діаграма станів дозволяє наочно представити логіку функціонування інформаційної інтелектуальної підсистеми прогнозування попиту на логістичні послуги та визначити послідовність переходів між основними етапами обробки даних. Отримані результати є основою для подальшої реалізації програмного забезпечення та забезпечують цілісне розуміння життєвого циклу системи.

#### 2.4 Концептуальна модель системи

Концептуальна модель є одним із ключових етапів проєктування інформаційної системи та призначена для формалізованого представлення структури, основних компонентів та взаємозв'язків між ними. Концептуальна модель інформаційної інтелектуальної підсистеми прогнозування попиту на логістичні послуги відображає логічну організацію системи без прив'язки до конкретних програмних або технічних засобів реалізації.

Основною метою розроблюваної підсистеми є автоматизація процесів збору, обробки та аналізу даних з подальшим формуванням прогнозів попиту на логістичні послуги для підтримки прийняття управлінських рішень.

Концептуальна модель, рисунок 2.5, включає сукупність взаємопов'язаних компонентів, які забезпечують повний цикл обробки інформації від моменту отримання вихідних даних до формування прогнозних результатів.

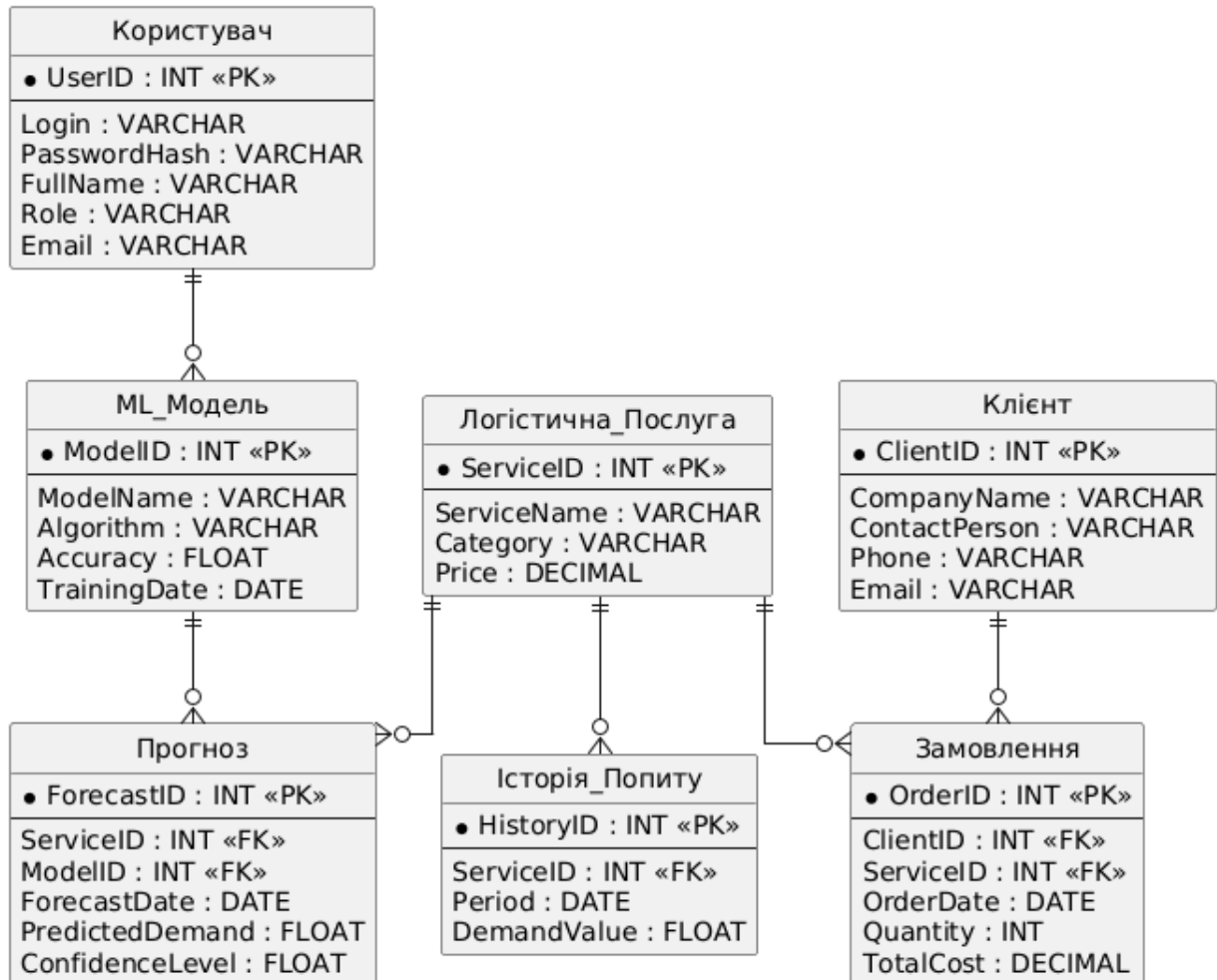


Рисунок 2.5 – ER – діаграма БД

До складу концептуальної моделі входять такі основні підсистеми:

Підсистема збору даних відповідає за отримання інформації з внутрішніх та зовнішніх джерел. Внутрішні джерела представлені корпоративними інформаційними системами підприємства, зокрема CRM-системою, ERP-системою та базою даних замовлень. Зовнішні джерела включають погодні сервіси, економічні інформаційні ресурси та інші фактори, що можуть впливати на попит.

Основним завданням даної підсистеми є консолідація інформації в єдиному форматі для подальшої обробки.

Після надходження інформації здійснюється її попередня обробка. На цьому етапі виконуються процедури очищення даних від помилок, усунення пропущених значень, нормалізації та перетворення показників у формат, придатний для подальшого аналізу.

Якість підготовки даних безпосередньо впливає на точність прогнозування, тому даний етап є одним із найважливіших у роботі системи.

Підсистема прогнозування є центральним елементом концептуальної моделі. Вона реалізує алгоритми статистичного аналізу та машинного навчання для виявлення закономірностей у даних та побудови прогнозів попиту.

У межах підсистеми можуть використовуватись:

- методи аналізу часових рядів;
- регресійні моделі;
- алгоритми Random Forest;
- Gradient Boosting;
- штучні нейронні мережі.

Результатом роботи підсистеми є прогнозовані значення попиту на визначений часовий період.

Підсистема оцінювання якості прогнозу

Після формування прогнозу здійснюється оцінювання його точності. Для цього використовуються спеціальні метрики якості, зокрема MAE, RMSE, MAPE.

Отримані результати дозволяють оцінити ефективність використаної моделі та прийняти рішення щодо її подальшого застосування або переналаштування.

Для представлення результатів прогнозування користувачам передбачено модуль візуалізації та звітності. Даний модуль забезпечує побудову графіків, діаграм, аналітичних панелей та звітів.

Використання засобів візуалізації дозволяє спростити аналіз прогнозних даних та прискорити процес прийняття управлінських рішень.

Підсистема забезпечує автентифікацію, авторизацію та розмежування прав доступу користувачів відповідно до їх функціональних обов'язків.

Основними категоріями користувачів є аналітик, менеджер логістичного відділу, керівник підприємства, адміністратор системи.

Концептуальна модель передбачає послідовну взаємодію між усіма компонентами системи. Дані надходять із зовнішніх та внутрішніх джерел до підсистеми збору даних, після чого передаються на обробку та аналіз. Підготовлені дані використовуються алгоритмами прогнозування для формування прогнозів. Результати прогнозування оцінюються за допомогою метрик якості та відображаються користувачам через засоби візуалізації.

Таким чином, інформаційні потоки в системі мають такий вигляд:

Джерела даних → Збір даних → Обробка даних → Прогнозування → Оцінка якості → Візуалізація результатів → Користувач.

Розроблена концептуальна модель визначає основні структурні компоненти інформаційної інтелектуальної підсистеми прогнозування попиту на логістичні послуги та описує взаємозв'язки між ними. Запропонована модель забезпечує комплексну обробку інформації, підтримку процесів прогнозування та прийняття управлінських рішень, що створює основу для подальшого проектування бази даних, програмної архітектури та реалізації системи.

## 2.5 Логічна модель даних

Логічна модель даних є проміжним етапом між концептуальним проектуванням системи та фізичною реалізацією бази даних. Вона визначає структуру інформації, яка буде використовуватися в інформаційній інтелектуальній підсистемі прогнозування попиту на логістичні послуги, а також взаємозв'язки між окремими сутностями предметної області.

Основним призначенням логічної моделі, рисунок 2.6 є забезпечення ефективного зберігання, обробки та аналізу даних, необхідних для побудови прогнозів попиту та підтримки процесу прийняття управлінських рішень.



Рисунок 2.6 – Логічна модель даних

На основі проведеного аналізу предметної області було виділено такі основні сутності:

Користувач. Сутність призначена для зберігання інформації про користувачів системи.

Основні атрибути:

- UserID — унікальний ідентифікатор користувача;
- Login — логін користувача;
- PasswordHash — хеш пароля;
- FullName — прізвище та ім'я;
- Email — електронна адреса;
- RoleID — роль користувача;
- CreatedAt — дата створення облікового запису.

Роль. Визначає права доступу користувачів.

Основні атрибути:

- RoleID;
- RoleName;
- Description.

Між сутностями «Користувач» та «Роль» існує зв'язок типу один-до-багатьох (1:M).

Клієнт. Містить інформацію про замовників логістичних послуг.

Основні атрибути:

- ClientID;
- CompanyName;
- ContactPerson;
- Phone;
- Email;
- Region.

Один клієнт може створювати багато замовлень.

Замовлення. Зберігає інформацію про надані логістичні послуги.

Основні атрибути:

- OrderID;
- ClientID;
- ServiceID;
- OrderDate;
- DeliveryDate;
- CargoVolume;
- Cost;
- Status.

Між сутностями «Клієнт» та «Замовлення» існує зв'язок 1:М.

Логістична послуга. Містить перелік логістичних послуг підприємства.

Основні атрибути:

- ServiceID;
- ServiceName;
- Description;
- BasePrice.

Одна послуга може бути присутня у багатьох замовленнях.

Зовнішній фактор. Містить дані, які можуть впливати на попит.

Основні атрибути:

- FactorID;
- FactorType;
- FactorDate;

- Value;
- Source.

До зовнішніх факторів можуть належати погодні показники, економічні індикатори, сезонні коефіцієнти тощо.

Модель прогнозування. Містить інформацію про використовувані алгоритми прогнозування.

Основні атрибути:

- ModelID;
- ModelName;
- AlgorithmType;
- TrainingDate;
- Accuracy;
- Status.

Прогноз. Містить результати прогнозування.

Основні атрибути:

- ForecastID;
- ModelID;
- ServiceID;
- ForecastDate;
- PredictedDemand;
- MAE;
- RMSE;
- MAPE.

Одна модель прогнозування може формувати багато прогнозів.

Зв'язки між сутностями

У логічній моделі використовуються такі основні зв'язки:

Батьківська сутність	Дочірня сутність	Тип зв'язку
Role	User	1:M
Client	Order	1:M

Батьківська сутність	Дочірня сутність	Тип зв'язку
Service	Order	1:M
ForecastModel	Forecast	1:M
Service	Forecast	1:M

Для забезпечення цілісності даних та уникнення дублювання інформації логічна модель приведена до третьої нормальної форми (3NF). Це дозволяє:

- мінімізувати надлишковість даних;
- підвищити швидкість оновлення інформації;
- забезпечити узгодженість даних;
- спростити супровід бази даних.

Логіка обробки даних передбачає наступну послідовність:

1. Дані про замовлення надходять із CRM та ERP систем.
2. Дані зберігаються у базі даних замовлень.
3. Інформація про зовнішні фактори завантажується із зовнішніх сервісів.
4. Підготовлені дані передаються до модуля прогнозування.
5. Модель формує прогноз попиту.
6. Результати прогнозування зберігаються в базі даних прогнозів.
7. Користувачі отримують результати через інтерфейс системи.

Розроблена логічна модель даних визначає структуру інформаційного забезпечення інформаційної інтелектуальної підсистеми прогнозування попиту на логістичні послуги. Вона включає основні сутності предметної області, їх атрибути та взаємозв'язки, необхідні для реалізації процесів збору, зберігання, обробки та аналізу даних. Побудована модель є основою для подальшого проектування фізичної структури бази даних та реалізації програмного забезпечення системи.

Для дипломної бакалаврської роботи висновки до другого розділу доцільно сформулювати таким чином:

## Висновки до розділу 2

У другому розділі було виконано проєктування інформаційної інтелектуальної підсистеми прогнозування попиту на логістичні послуги та розроблено основні моделі, необхідні для її подальшої реалізації.

На початковому етапі було визначено загальносистемні рішення, які охоплюють архітектуру системи, принципи організації інформаційного забезпечення, програмних компонентів, математичного апарату та засобів взаємодії користувачів із системою. Запропонована багаторівнева архітектура забезпечує модульність, масштабованість та можливість інтеграції підсистеми з існуючими інформаційними ресурсами логістичного підприємства.

У процесі проєктування було визначено ролі користувачів та особливості їх взаємодії із системою. Виділено основні категорії користувачів: аналітик, менеджер логістичного відділу, керівник підприємства та адміністратор системи. Для кожної ролі визначено функціональні можливості та рівні доступу до інформаційних ресурсів підсистеми.

Для формалізації функціональних вимог побудовано діаграму варіантів використання, яка відображає взаємодію користувачів та зовнішніх інформаційних систем із підсистемою прогнозування попиту. Також розроблено діаграму послідовності, що описує порядок виконання основного сценарію формування прогнозу та обміну даними між компонентами системи.

У межах дослідження архітектури було сформовано структурну модель системи, яка відображає взаємозв'язки між модулями збору даних, обробки інформації, прогнозування, оцінювання якості прогнозів, візуалізації результатів та управління користувачами. Окрему увагу приділено інтеграції підсистеми із CRM-системою, ERP-системою, базою даних замовлень та зовнішніми інформаційними сервісами.

Для опису динамічної поведінки підсистеми побудовано діаграму станів, яка відображає життєвий цикл процесу прогнозування попиту від моменту авторизації користувача до отримання та аналізу результатів прогнозування.

Крім того, було розроблено концептуальну модель системи, яка визначає основні функціональні компоненти та інформаційні потоки між ними. На її основі сформовано логічну модель даних, що містить основні сутності предметної області, їх атрибути та взаємозв'язки. Побудована логічна модель забезпечує ефективне зберігання, обробку та використання даних, необхідних для функціонування інтелектуальної підсистеми прогнозування попиту.

Таким чином, у результаті виконання другого розділу сформовано повний комплекс проєктних рішень, що визначають структуру, функціональність та логіку роботи інформаційної інтелектуальної підсистеми прогнозування попиту на логістичні послуги. Отримані результати створюють необхідну основу для подальшої реалізації програмного забезпечення та дослідження ефективності запропонованого рішення в наступних розділах дипломної роботи.

## **РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНОЇ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ПІДСИСТЕМИ ПРОГНОЗУВАННЯ ПОПИТУ НА ЛОГІСТИЧНІ ПОСЛУГИ**

### **3.1 Вимоги до програмного забезпечення**

Одним із ключових етапів розробки інформаційної інтелектуальної підсистеми прогнозування попиту на логістичні послуги є визначення вимог до програмного забезпечення. Вимоги встановлюють функціональні та нефункціональні характеристики системи, які повинні бути реалізовані для забезпечення ефективного виконання поставлених завдань.

Розроблювана підсистема призначена для автоматизації процесів збору, обробки та аналізу даних, а також формування прогнозів попиту на логістичні послуги із застосуванням методів машинного навчання. Програмне забезпечення повинно забезпечувати високу точність прогнозування, зручність використання та можливість інтеграції з інформаційними системами підприємства.

До основних функціональних вимог програмного забезпечення належать:

1. Управління користувачами
  - реєстрація та авторизація користувачів;
  - розмежування прав доступу відповідно до ролей;
  - редагування профілів користувачів;
  - ведення журналу дій користувачів.
2. Збір та завантаження даних
  - імпорт історичних даних про замовлення;
  - отримання інформації з CRM та ERP систем;
  - завантаження даних із зовнішніх джерел;
  - підтримка форматів CSV, XLSX та JSON.
3. Попередня обробка даних
  - перевірка коректності даних;
  - усунення пропущених значень;

- видалення дублікатів;
- нормалізація та перетворення даних;
- формування ознак для моделей прогнозування.

#### 4. Формування прогнозів

- вибір алгоритму прогнозування;
- налаштування параметрів моделі;
- запуск процесу прогнозування;
- збереження результатів прогнозування.

#### 5. Оцінювання якості прогнозів

- розрахунок показників MAE;
- розрахунок показників RMSE;
- розрахунок показників MAPE;
- порівняння фактичних та прогнозованих значень.

#### 6. Формування звітів

- побудова графіків і діаграм;
- формування аналітичних звітів;
- експорт результатів у формати PDF та Excel;
- виведення статистичних показників.

Нефункціональні вимоги визначають якісні характеристики системи.

Система повинна забезпечувати обробку не менше 100 000 записів замовлень, формувати прогноз за час не більше 30 секунд, підтримувати одночасну роботу не менше 20 користувачів, забезпечувати швидке завантаження інтерфейсу користувача.

Програмне забезпечення повинно забезпечувати цілісність даних, автоматично обробляти помилки введення, виконувати резервне копіювання даних, забезпечувати відновлення після збоїв.

Система повинна реалізовувати автентифікацію користувачів, авторизацію на основі ролей, шифрування паролів, захищене з'єднання HTTPS, журналювання критичних операцій.

Підсистема повинна підтримувати збільшення обсягів даних, підключення нових джерел інформації, додавання нових моделей машинного навчання, розширення функціональних можливостей без зміни архітектури системи.

Вимоги до зручності використання це інтерфейс користувача повинен бути інтуїтивно зрозумілим, підтримувати адаптивний дизайн, забезпечувати швидкий доступ до основних функцій, надавати наочне відображення результатів прогнозування.

Для реалізації підсистеми пропонується використання таких програмних засобів:

- мова програмування Python 3.11+;
- фреймворк Django для серверної частини;
- система керування базами даних PostgreSQL;
- бібліотека Pandas для обробки даних;
- бібліотека NumPy для математичних обчислень;
- бібліотека Scikit-learn для реалізації алгоритмів машинного навчання;
- бібліотека Matplotlib або Plotly для візуалізації даних;
- вебтехнології HTML5, CSS3, JavaScript для створення інтерфейсу користувача.

Для функціонування системи рекомендуються такі характеристики обладнання:

Серверна частина це процесор Intel Core i5 або вище, оперативна пам'ять не менше 8 ГБ, SSD накопичувач від 256 ГБ, операційна система Linux або Windows Server.

Клієнтська частина це сучасний веббраузер Google Chrome, Mozilla Firefox, Microsoft Edge. Доступ до локальної мережі або мережі Інтернет. Екран з роздільною здатністю не менше 1366×768 пікселів.

Визначені вимоги до програмного забезпечення формують основу для реалізації інформаційної інтелектуальної підсистеми прогнозування попиту

на логістичні послуги. Запропонований набір функціональних та нефункціональних вимог забезпечує ефективне виконання процесів збору, обробки та аналізу даних, формування прогнозів і підтримки прийняття управлінських рішень. Дотримання зазначених вимог дозволить створити надійну, масштабовану та зручну у використанні систему, що відповідає потребам сучасних логістичних підприємств.

### 3.2 Вимоги до апаратного забезпечення

Ефективність функціонування інформаційної інтелектуальної підсистеми прогнозування попиту на логістичні послуги значною мірою залежить від характеристик апаратного забезпечення, на якому вона буде розгорнута та експлуатуватися. Враховуючи необхідність обробки значних обсягів даних, виконання алгоритмів машинного навчання та забезпечення одночасної роботи декількох користувачів, до апаратного забезпечення висуваються певні вимоги щодо продуктивності, надійності та масштабованості.

Апаратне забезпечення системи включає серверну частину, на якій розміщується база даних та програмні модулі підсистеми, а також клієнтські робочі станції, через які користувачі взаємодіють із системою.

Серверне обладнання повинно забезпечувати стабільну роботу програмного забезпечення, швидке виконання операцій обробки даних та зберігання інформації.

Мінімальна конфігурація сервера наведена в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Мінімальні характеристики серверного обладнання

Компонент	Характеристика
Процесор	Intel Core i5 (10-го покоління) або AMD Ryzen 5
Кількість ядер	не менше 4
Тактова частота	від 2,5 ГГц
Оперативна пам'ять	не менше 8 ГБ
Накопичувач	SSD від 256 ГБ
Мережевий адаптер	1 Гбіт/с

Компонент	Характеристика
Операційна система	Ubuntu Server 22.04 LTS або Windows Server 2022

Для експлуатації системи в умовах реального логістичного підприємства рекомендовано використовувати більш продуктивну конфігурацію сервера, представлену в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Рекомендовані характеристики серверного обладнання

Компонент	Характеристика
Процесор	Intel Xeon або AMD EPYC
Кількість ядер	від 8
Тактова частота	від 3,0 ГГц
Оперативна пам'ять	16–32 ГБ
Накопичувач	SSD NVMe від 512 ГБ
Резервне сховище	HDD від 1 ТБ
Мережевий адаптер	1–10 Гбіт/с

Використання SSD-накопичувачів дозволяє значно прискорити виконання запитів до бази даних та зменшити час обробки інформації.

Вимоги до клієнтських робочих станцій

Клієнтські робочі станції використовуються аналітиками, менеджерами логістичного відділу, керівниками та адміністраторами для роботи з вебінтерфейсом системи.

Мінімальні характеристики робочих станцій наведено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Мінімальні характеристики клієнтських пристроїв

Компонент	Характеристика
Процесор	Intel Core i3 або аналогічний
Оперативна пам'ять	від 4 ГБ
Накопичувач	від 128 ГБ
Монітор	від 1366×768 px
Браузер	Google Chrome, Mozilla Firefox, Microsoft Edge
Підключення до мережі	від 10 Мбіт/с

Для комфортної роботи з аналітичними панелями та графічними звітами рекомендовано використовувати монітори з роздільною здатністю Full HD (1920×1080 px) або вище.

Вимоги до мережевої інфраструктури

Для забезпечення стабільного функціонування системи необхідна надійна мережева інфраструктура, яка забезпечує обмін даними між клієнтськими пристроями, сервером та зовнішніми інформаційними сервісами.

Основні вимоги до мережі пропускна здатність локальної мережі не менше 100 Мбіт/с. Підтримка протоколів TCP/IP. Доступ до мережі Інтернет для отримання даних із зовнішніх сервісів. Підтримка захищених мережевих з'єднань HTTPS. Можливість організації резервних каналів зв'язку.

Підсистема повинна забезпечувати довготривале зберігання історичних даних про логістичні операції та результати прогнозування. Для цього рекомендується використовувати централізоване сховище даних із можливістю резервного копіювання.

Система зберігання даних повинна забезпечувати зберігання не менше 1 000 000 записів замовлень. Швидкий доступ до історичних даних. Автоматичне резервне копіювання. Захист від втрати інформації. Можливість масштабування обсягу сховища.

Оскільки система використовує інтелектуальні алгоритми прогнозування, для виконання процесів навчання моделей можуть висуватися додаткові вимоги до обчислювальних ресурсів.

Для прискорення навчання моделей рекомендується використовувати процесор із кількістю ядер від 8, оперативну пам'ять від 16 ГБ, графічний прискорювач NVIDIA з підтримкою CUDA, SSD NVMe накопичувач.

Наявність графічного процесора особливо актуальна у випадку використання нейронних мереж та великих наборів даних.

Апаратне забезпечення повинно забезпечувати високий рівень доступності системи та мінімізувати ризики втрати даних.

Для цього рекомендується використання джерел безперебійного живлення UPS, організація резервного копіювання даних, застосування RAID-масивів для зберігання інформації, використання систем моніторингу стану серверного обладнання.

Визначені вимоги до апаратного забезпечення забезпечують надійну та ефективну роботу інформаційної інтелектуальної підсистеми прогнозування попиту на логістичні послуги. Запропоновані характеристики серверного та клієнтського обладнання дозволяють реалізувати процеси збору, обробки та аналізу великих обсягів даних, виконання алгоритмів машинного навчання та формування прогнозів у режимі реального часу. Дотримання зазначених вимог створює необхідні умови для стабільного функціонування системи та її подальшого розвитку.

### 3.3 Фізична архітектура системи

Одним із важливих етапів проектування інформаційної інтелектуальної підсистеми прогнозування попиту на логістичні послуги є розробка діаграми розгортання. Дана UML-діаграма призначена для відображення фізичної архітектури системи та демонструє розміщення програмних компонентів на апаратних вузлах, а також взаємодію між ними через мережеву інфраструктуру.

Діаграма розгортання, рисунок 3.1, дозволяє визначити структуру технічного середовища функціонування системи, показати розподіл програмних модулів між серверними та клієнтськими пристроями, а також описати інтеграцію із зовнішніми інформаційними ресурсами.

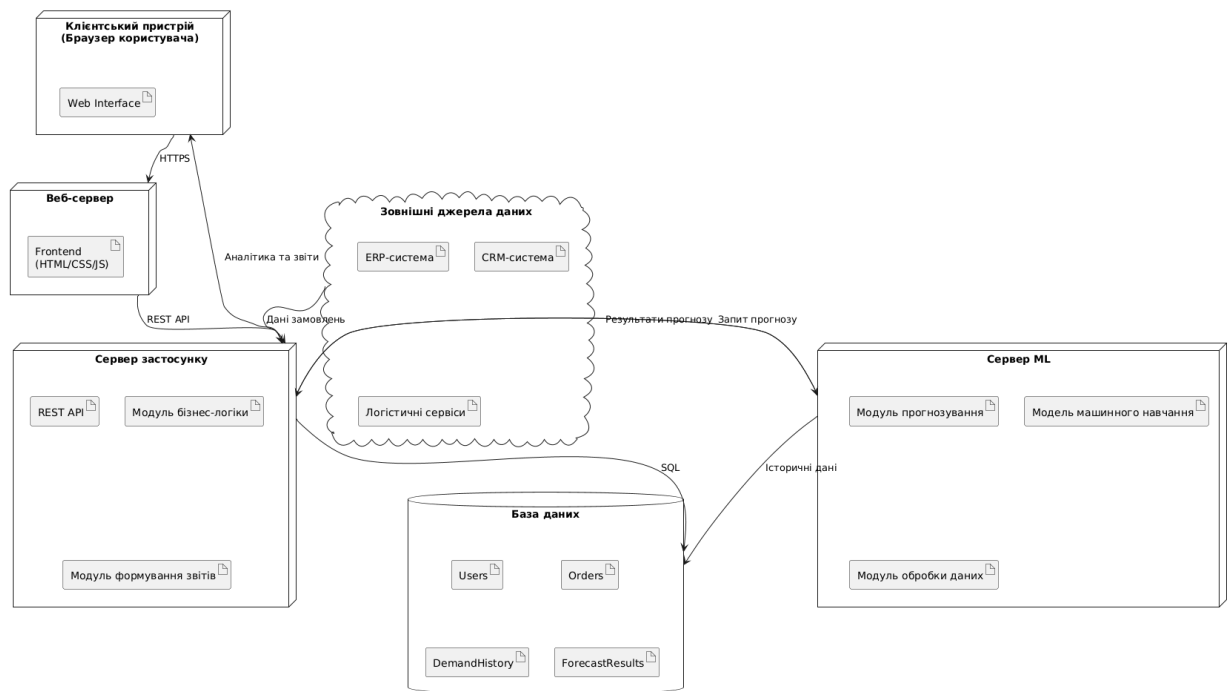


Рисунок 3.1 – Діаграма розгортання системи

Основною метою побудови діаграми розгортання є відображення фізичної конфігурації системи та визначення місця розміщення її компонентів. На діаграмі відображаються апаратні вузли, програмні модулі, бази даних та канали зв'язку між ними.

Для розроблюваної підсистеми діаграма розгортання повинна демонструвати взаємодію між користувачами, вебсервером, сервером баз даних та зовнішніми сервісами, які використовуються для отримання додаткових даних, необхідних для прогнозування.

Клієнтський вузол використовується користувачами для роботи з підсистемою через веббраузер. На даному вузлі не виконується обробка даних або прогнозування, а лише відображаються результати роботи системи.

Основними користувачами є аналітик, менеджер логістичного відділу, керівник підприємства, адміністратор системи.

На вебсервері розміщується серверна частина програмного забезпечення, яка реалізує бізнес-логіку системи.

До складу сервера входять модуль авторизації користувачів, модуль збору даних, модуль обробки даних, модуль прогнозування, модуль оцінювання якості прогнозів, модуль формування звітів.

Саме на цьому вузлі виконуються алгоритми машинного навчання та формуються прогнозні результати.

Окремий сервер баз даних забезпечує централізоване зберігання інформації.

У базі даних зберігаються дані користувачів, історичні замовлення, відомості про клієнтів, результати прогнозування, статистичні показники моделей.

Для реалізації бази даних пропонується використовувати PostgreSQL.

Для підвищення точності прогнозування система взаємодіє із зовнішніми джерелами даних CRM-системою підприємства, ERP-системою підприємства, погодними сервісами, економічними інформаційними сервісами.

Отримані дані використовуються під час побудови прогнозних моделей.

Процес взаємодії вузлів відбувається наступним чином:

1. Користувач через веббраузер надсилає запит до вебсервера.
2. Вебсервер обробляє запит та звертається до сервера баз даних.
3. За необхідності виконується отримання інформації із CRM, ERP або зовнішніх сервісів.
4. Модуль прогнозування виконує аналіз даних та формує прогноз.
5. Результати записуються до бази даних.
6. Вебсервер формує відповідь та відображає результати користувачу.

Обмін даними між компонентами здійснюється за допомогою мережевих протоколів HTTP/HTTPS та SQL-запитів до бази даних.

Для підвищення надійності функціонування підсистеми передбачено резервне копіювання бази даних, використання захищених HTTPS-з'єднань, журналювання подій системи, контроль доступу на основі ролей користувачів, можливість розгортання системи на окремих серверах.

Такий підхід дозволяє забезпечити стабільність роботи системи навіть при збільшенні обсягів оброблюваних даних.

Розроблена діаграма розгортання відображає фізичну архітектуру інформаційної інтелектуальної підсистеми прогнозування попиту на логістичні послуги та визначає розміщення її програмних компонентів на апаратних вузлах.

## **РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ**

### **4.1 Загальні положення**

Під час розробки інформаційної інтелектуальної підсистеми прогнозування попиту на логістичні послуги основним робочим місцем фахівця є персональний комп'ютер. Робота належить до категорії розумової праці та характеризується значним навантаженням на органи зору, нервову систему та опорно-руховий апарат. Тому особливого значення набуває забезпечення безпечних та комфортних умов праці відповідно до вимог чинного законодавства України у сфері охорони праці.

Метою охорони праці є створення безпечних умов роботи, запобігання професійним захворюванням та збереження працездатності працівників під час виконання службових обов'язків.

### **4.2 Аналіз потенційно небезпечних та шкідливих виробничих факторів**

Під час роботи з комп'ютерною технікою можуть виникати такі небезпечні та шкідливі фактори підвищене навантаження на органи зору, тривале статичне навантаження на опорно-руховий апарат, психоемоційне перевантаження, електромагнітне випромінювання від електронного обладнання, недостатня або надмірна освітленість робочого місця, ризик ураження електричним струмом, пожежна небезпека електрообладнання.

Для мінімізації впливу зазначених факторів необхідно дотримуватися встановлених норм організації робочого місця та режиму праці.

### **4.3 Вимоги до організації робочого місця**

Робоче місце розробника повинно відповідати ергономічним вимогам.

Рекомендовані параметри площа робочого місця не менше 6 м<sup>2</sup>, об'єм приміщення не менше 20 м<sup>3</sup> на одного працівника, відстань від очей до монітора 50–70 см, верхня межа екрана повинна знаходитися на рівні очей користувача, висота робочого столу 700–750 мм, висота сидіння стільця 400–500 мм, можливість регулювання висоти крісла та нахилу спинки.

Монітор слід розташовувати перпендикулярно до джерел природного освітлення для запобігання появі відблисків.

#### 4.4 Вимоги до мікроклімату та освітлення

Для забезпечення комфортних умов праці необхідно підтримувати оптимальні параметри мікроклімату температура повітря: 20–24 °С, відносна вологість: 40–60 %, швидкість руху повітря до 0,2 м/с.

Освітлення робочого місця повинно бути комбінованим і відповідати нормам ДБН.

#### 4.5 Електробезпека

Під час експлуатації комп'ютерної техніки необхідно дотримуватися правил електробезпеки використовувати справне обладнання, забезпечити наявність захисного заземлення, не допускати експлуатації пошкоджених кабелів живлення, виконувати технічне обслуговування обладнання лише після його відключення від електромережі, використовувати джерела безперебійного живлення для захисту обладнання від перепадів напруги.

#### 4.6 Пожежна безпека

Приміщення, у якому експлуатується комп'ютерна техніка, належить до категорії пожежної небезпеки, пов'язаної з використанням електрообладнання.

Для забезпечення пожежної безпеки необхідно використовувати сертифіковане електрообладнання, контролювати справність електропроводки, не перевантажувати електромережу, забезпечити наявність первинних засобів пожежогасіння, проводити регулярний інструктаж працівників.

У приміщенні рекомендується використовувати вуглекислотні або порошкові вогнегасники.

#### 4.7 Режим праці та відпочинку

Для зниження навантаження на організм користувача рекомендується дотримуватися режиму праці та відпочинку.

Під час роботи з персональним комп'ютером необхідно робити короткі перерви тривалістю 5–10 хвилин після кожної години роботи, виконувати вправи для очей, періодично змінювати положення тіла, проводити виробничу гімнастику.

Раціональна організація режиму праці дозволяє знизити втому та підвищити продуктивність роботи.

#### Висновки до розділу 4

У даному розділі було проведено аналіз умов праці під час розробки інформаційної інтелектуальної підсистеми прогнозування попиту на логістичні послуги. Визначено основні небезпечні та шкідливі фактори, що можуть впливати на працівника під час роботи з комп'ютерною технікою, а також розглянуто заходи щодо їх мінімізації. Запропоновані рекомендації з організації робочого місця, забезпечення електробезпеки, пожежної безпеки, належного мікроклімату та режиму праці сприяють створенню безпечних і комфортних умов роботи, підвищенню продуктивності праці та збереженню здоров'я персоналу.

## ВИСНОВКИ

У бакалаврській роботі розв'язано актуальну задачу розробки інформаційної інтелектуальної підсистеми прогнозування попиту на логістичні послуги із застосуванням методів аналізу даних та машинного навчання. Проведене дослідження підтвердило доцільність використання інтелектуальних підходів для підвищення якості прогнозування, оперативності управлінських рішень та ефективності використання ресурсів логістичної організації.

У процесі виконання роботи:

- проаналізовано предметну область прогнозування попиту на логістичні послуги та виявлено основні фактори, що впливають на формування попиту;
- досліджено сучасні методи прогнозування та підходи до побудови інформаційних систем підтримки прийняття рішень у логістиці;
- обґрунтовано вибір методів машинного навчання для задачі прогнозування попиту та сформульовано вимоги до інформаційної підсистеми;
- розроблено загальносистемні рішення, архітектуру програмного забезпечення та моделі взаємодії компонентів системи;
- побудовано UML-діаграми варіантів використання, послідовності та розгортання, що формалізують функціонування підсистеми;
- спроектовано концептуальну, логічну та фізичну моделі бази даних, визначено структуру таблиць, ключів та зв'язків між сутностями;
- сформовано математичне забезпечення задачі прогнозування, яке включає моделі оцінювання точності прогнозу та обробки часових рядів;
- визначено вимоги до програмного й апаратного забезпечення, а також розроблено рекомендації щодо безпечної експлуатації робочого місця користувача.

Запропонована інформаційна інтелектуальна підсистема забезпечує централізований збір історичних даних, їх аналітичну обробку, побудову прогнозів попиту та надання результатів користувачам у зручному вигляді. Реалізація підсистеми дозволяє зменшити вплив суб'єктивних оцінок під час планування логістичних операцій, підвищити обґрунтованість рішень щодо

ресурсного забезпечення та оптимізувати завантаження транспортної інфраструктури.

Практична значущість роботи полягає у можливості інтеграції підсистеми з корпоративними ERP-, CRM- та BI-рішеннями логістичних компаній. Результати дослідження можуть бути використані для автоматизації процесів прогнозування попиту, планування перевезень, розподілу транспортних засобів і формування аналітичної звітності.

Отримані результати створюють основу для подальшого розвитку системи, зокрема шляхом впровадження потокової обробки даних у реальному часі, використання ансамблевих моделей машинного навчання, автоматичного перенавчання моделей та інтеграції зовнішніх факторів економічних показників, погодних умов, сезонності, маркетингових кампаній тощо для підвищення точності прогнозування.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Chopra, S., & Meindl, P. (2019). *Supply chain management: Strategy, planning, and operation* (7th ed.). Pearson.
2. Christopher, M. (2022). *Logistics and supply chain management* (6th ed.). Pearson.
3. Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep learning*. MIT Press.
4. Han, J., Kamber, M., & Pei, J. (2022). *Data mining: Concepts and techniques* (4th ed.). Morgan Kaufmann.
5. Hastie, T., Tibshirani, R., & Friedman, J. (2021). *The elements of statistical learning: Data mining, inference, and prediction* (2nd ed.). Springer.
6. Ivanov, D., Tsipoulanidis, A., & Schönberger, J. (2021). *Global supply chain and operations management: A decision-oriented introduction to the creation of value* (3rd ed.). Springer.
7. Kelleher, J. D., Mac Namee, B., & D'Arcy, A. (2020). *Fundamentals of machine learning for predictive data analytics* (2nd ed.). MIT Press.
8. Provost, F., & Fawcett, T. (2023). *Data science for business: What you need to know about data mining and data-analytic thinking* (2nd ed.). O'Reilly Media.
9. Shmueli, G., Bruce, P. C., Yahav, I., Patel, N. R., & Lichtendahl, K. C. (2020). *Data mining for business analytics: Concepts, techniques, and applications in Python*. Wiley.
10. Waller, M. A., & Fawcett, S. E. (2013). Data science, predictive analytics, and big data: A revolution that will transform supply chain design and management. *Journal of Business Logistics*, 34(2), 77–84. <https://doi.org/10.1111/jbl.12010>

## **ДОДАТОК А. ІНСТРУКЦІЯ КОРИСТУВАЧА**

### **А.1 Призначення системи**

Інформаційна інтелектуальна підсистема прогнозування попиту на логістичні послуги призначена для автоматизації процесів аналізу історичних даних, прогнозування попиту на логістичні послуги та підтримки прийняття управлінських рішень у логістичних компаніях.

Основними функціями системи є збір та зберігання інформації про замовлення, аналіз історичних даних, формування прогнозів попиту, візуалізація результатів прогнозування, формування звітів, підтримка прийняття управлінських рішень.

### **А.2 Системні вимоги**

Для роботи з підсистемою користувачеві необхідно мати:

Апаратне забезпечення:

- процесор Intel Core i3 або аналогічний;
- оперативна пам'ять не менше 4 ГБ;
- вільне місце на диску не менше 1 ГБ;
- стабільне підключення до мережі Інтернет.

Програмне забезпечення:

- операційна система Windows 10/11, Linux або macOS;
- сучасний веб-браузер:
  - Google Chrome;
  - Mozilla Firefox;
  - Microsoft Edge;
  - Opera.

### **А.3 Вхід до системи**

Для початку роботи необхідно:

1. Відкрити веб-браузер.
2. Перейти за адресою системи.
3. Ввести логін та пароль.
4. Натиснути кнопку «Увійти».

Після успішної авторизації відкривається головна сторінка системи.

У разі неправильного введення облікових даних система виводить повідомлення про помилку.

#### А.4 Головне меню системи

Головне меню містить такі розділи:

- Головна сторінка;
- Дані замовлень;
- Прогнозування;
- Аналітика;
- Звіти;
- Налаштування;
- Вихід із системи.

Навігація між розділами здійснюється за допомогою меню, розташованого у верхній або бічній частині інтерфейсу.

#### А.5 Завантаження даних

Для формування прогнозу необхідно завантажити історичні дані.

Послідовність дій:

1. Відкрити розділ «Дані замовлень».
2. Натиснути кнопку «Імпорт даних».
3. Вибрати файл формату CSV або XLSX.
4. Натиснути кнопку «Завантажити».
5. Дочекатися завершення перевірки даних.

Після успішного завантаження інформація буде збережена у базі даних.

#### А.6 Формування прогнозу

Для побудови прогнозу необхідно:

1. Перейти до розділу «Прогнозування».
2. Вибрати період прогнозування.
3. Вказати необхідні параметри аналізу.
4. Натиснути кнопку «Сформувати прогноз».

Система автоматично:

- виконує підготовку даних;
- запускає модель машинного навчання;
- обчислює прогностні значення;
- формує результати аналізу.

Тривалість розрахунку залежить від обсягу даних.

#### А.7 Перегляд результатів прогнозування

Після завершення обчислень результати відображаються у вигляді:

- таблиці прогностних значень;
- графіків зміни попиту;
- діаграм завантаження логістичних ресурсів;
- статистичних показників.

Користувач може змінювати масштаб графіків та обирати часовий інтервал для аналізу.

#### А.8 Формування звітів

Для створення звіту необхідно:

1. Відкрити розділ «Звіти».
2. Вибрати тип звіту.
3. Вказати часовий період.
4. Натиснути кнопку «Сформувати звіт».

Система підтримує експорт результатів у формати PDF, XLSX, CSV.

Сформовані звіти можуть бути використані для подальшого аналізу та прийняття управлінських рішень.

#### А.9 Налаштування системи

У розділі «Налаштування» користувач може змінити пароль доступу, налаштувати параметри прогнозування, обрати формат відображення графіків, налаштувати сповіщення, керувати правами доступу (для адміністратора).

Усі зміни зберігаються після натискання кнопки «Зберегти».

#### А.10 Завершення роботи

Для безпечного завершення роботи необхідно:

1. Натиснути кнопку «Вихід».
2. Дочекатися завершення сеансу користувача.
3. Закрити веб-браузер.

Коректне завершення роботи забезпечує захист даних та запобігає несанкціонованому доступу до системи.

#### А.11 Можливі помилки та способи їх усунення

Повідомлення	Причина	Спосіб усунення
Невірний логін або пароль	Помилка авторизації	Перевірити правильність введення даних
Не вдалося завантажити файл	Непідтримуваний формат	Використати CSV або XLSX
Відсутні дані для прогнозу	База даних порожня	Завантажити історичні дані
Помилка підключення до сервера	Відсутній доступ до мережі	Перевірити підключення до Інтернету
Помилка формування прогнозу	Некоректні вхідні дані	Перевірити повноту та правильність даних

Розроблена інформаційна інтелектуальна підсистема прогнозування попиту на логістичні послуги забезпечує зручний інтерфейс користувача, автоматизує процес аналізу історичних даних та дозволяє формувати прогнози попиту з використанням сучасних методів машинного навчання. Дотримання наведених рекомендацій забезпечує ефективне та безпечне використання програмного продукту.

## **ДОДАТОК Б. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ НА РОЗРОБКУ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ПІДСИСТЕМИ ПРОГНОЗУВАННЯ ПОПИТУ НА ЛОГІСТИЧНІ ПОСЛУГИ**

### **Б.1 Загальні відомості**

Найменування розробки «Інформаційна інтелектуальна підсистема прогнозування попиту на логістичні послуги.

Підставою для розробки є тема бакалаврської кваліфікаційної роботи за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки».

Розробник здобувач спеціальності 122 «Комп'ютерні науки»,  
**Смирнов Є.С.**

### **Б.2 Призначення системи**

Підсистема призначена для автоматизації процесів аналізу історичних даних про логістичні операції та прогнозування майбутнього попиту на логістичні послуги з використанням методів машинного навчання.

Система повинна забезпечувати збір та зберігання даних, аналітичну обробку інформації, прогнозування попиту, візуалізацію результатів, формування звітів, підтримку прийняття управлінських рішень.

### **Б.3 Мета розробки**

Метою розробки є підвищення ефективності планування логістичних процесів шляхом створення інтелектуальної підсистеми прогнозування попиту на основі аналізу історичних даних та сучасних алгоритмів машинного навчання.

### **Б.4 Функціональні вимоги**

Підсистема повинна забезпечувати виконання таких функцій:

Для користувача авторизація та аутентифікація, перегляд інформації про попит, запуск процедури прогнозування, перегляд графіків та аналітичних панелей, формування звітів, експорт результатів.

Для адміністратора керування користувачами, налаштування параметрів прогнозування, керування довідниками, контроль стану системи., резервне копіювання даних.

## Б.5 Вимоги до інформаційного забезпечення

Вхідними даними є історія замовлень, дані про перевезення, інформація про клієнтів, дані про завантаженість транспортних засобів. сезонні та статистичні показники.

Вихідними даними є прогноз попиту, аналітичні звіти, графіки тенденцій, рекомендації щодо планування ресурсів.

## Б.6 Вимоги до програмного забезпечення

Для функціонування системи рекомендується використовувати:

Серверна частина:

- Python 3.11;
- Flask або Django;
- REST API;
- PostgreSQL.

Клієнтська частина:

- HTML5;
- CSS3;
- JavaScript;
- Bootstrap.

Засоби аналізу даних:

- Pandas;
- NumPy;
- Scikit-learn;
- Matplotlib.

## Б.7 Вимоги до апаратного забезпечення

Сервер:

- процесор не нижче Intel Core i5;
- оперативна пам'ять не менше 16 ГБ;
- SSD-диск від 256 ГБ;
- мережеве підключення 100 Мбіт/с і вище.

Клієнтський комп'ютер:

- процесор Intel Core i3 або аналогічний;
- оперативна пам'ять від 4 ГБ;
- сучасний веб-браузер;
- доступ до мережі Інтернет.

#### Б.8 Вимоги до надійності

Система повинна забезпечувати збереження цілісності даних, резервне копіювання інформації, відновлення після збоїв, контроль доступу користувачів, журналювання дій користувачів.

#### Б.9 Вимоги до безпеки

Підсистема повинна забезпечувати захист персональних даних, аутентифікацію користувачів, розмежування прав доступу, шифрування паролів, захист від несанкціонованого доступу.

#### Б.10 Вимоги до інтерфейсу користувача

Інтерфейс повинен бути інтуїтивно зрозумілим, україномовним, адаптивним для різних пристроїв, зручним для роботи з аналітичними даними, придатним для відображення графіків та звітів.

#### Б.11 Етапи розробки

1. Аналіз предметної області.
2. Формування вимог до системи.
3. Проектування архітектури.
4. Розробка бази даних.
5. Реалізація програмних модулів.
6. Розробка модуля прогнозування.
7. Тестування системи.
8. Підготовка документації.
9. Впровадження та дослідна експлуатація.

#### Б.12 Критерії приймання системи

Підсистема вважається готовою до експлуатації за умови коректного виконання всіх функцій, успішного проходження тестування, забезпечення

необхідної точності прогнозування, відповідності вимогам технічного завдання, наявності повного комплексу документації.

У результаті виконання проекту має бути створена інформаційна інтелектуальна підсистема, яка забезпечить автоматизоване прогнозування попиту на логістичні послуги, підвищить якість планування ресурсів, зменшить ризики прийняття помилкових рішень та сприятиме підвищенню ефективності діяльності логістичних підприємств.

## ДОДАТОК В. ЕКРАННІ ФОРМИ РОЗРОБКИ

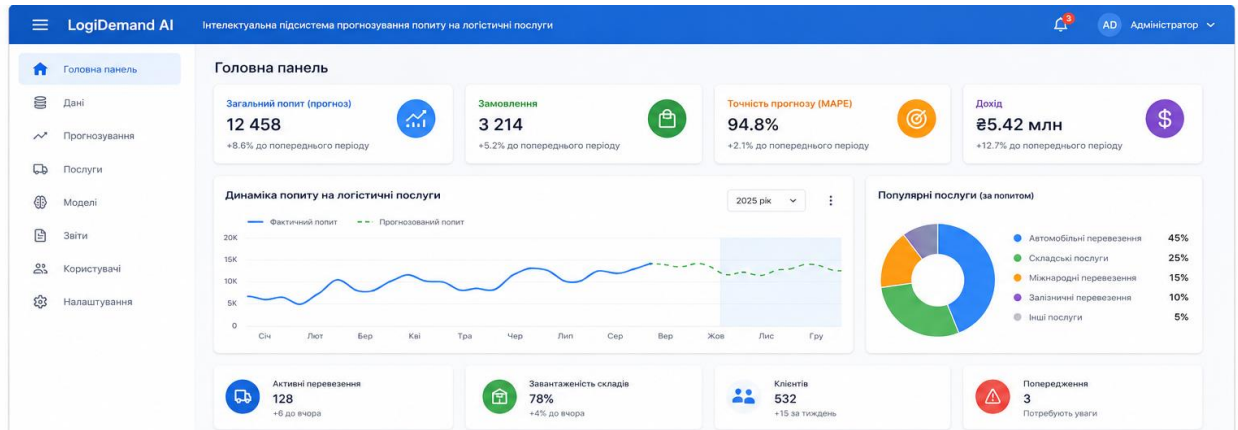


Рисунок В.1 - Моніторинг ключових показників

На рисунку В.1 представлено форму, яка забезпечує моніторинг ключових показників діяльності, перегляд прогнозів попиту, контроль ефективності моделей машинного навчання, аналіз завантаження транспортних ресурсів.

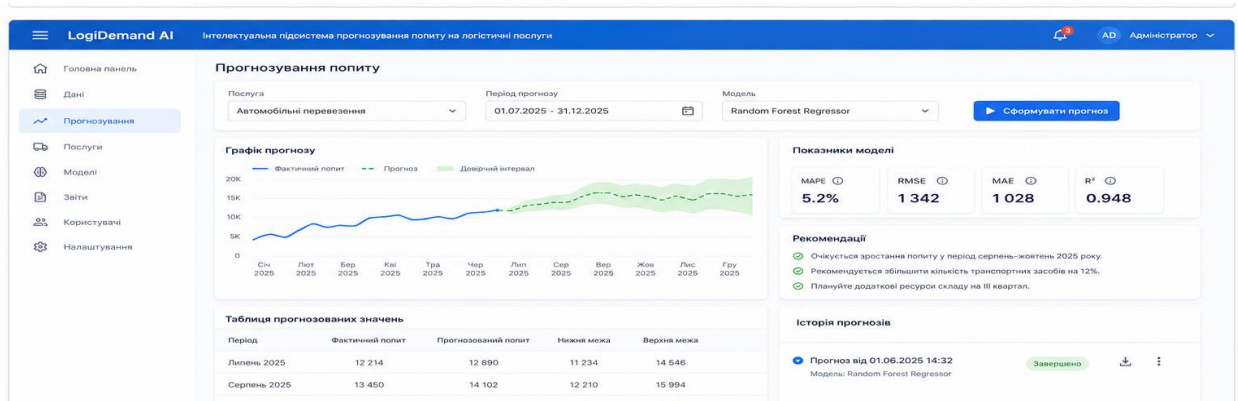


Рисунок В.2 - Рекомендаційна система

На рисунку В.2 показано рекомендації системи, такі як збільшити кількість транспортних засобів на 12 %, підготувати додатковий персонал у піковий сезон, очікуване зростання попиту у IV кварталі — 18 %.