

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

Факультет інформаційних технологій

Кафедра технологій управління

Спеціальність 122 «Комп'ютерні науки»
Освітньо-наукова програма «Управління проектами»

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

на тему:

«Дослідження процесів управління проектом створення інформаційної системи
прогнозування попиту»

Студента 2-го курсу групи УП-22м

Ілля ПЕКНЕВИЧ
(прізвище, ім'я, по батькові)

Науковий керівник:

кандидат технічних наук, професор
(науковий ступінь, вчене звання)

Віктор МОРОЗОВ
(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис студента)

(дата)

(підпис)

Попередній захист:

(Висновок: "До захисту в Екзаменаційній комісії")

Завідувач
кафедри технологій
управління

(підпис)

(прізвище, ініціали)

(дата)

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

Факультет інформаційних технологій

Кафедра технологій управління

Освітній рівень Магістр

Спеціальність 122 Комп'ютерні науки

Освітня програма Управління проектами

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
професор Віктор МОРОЗОВ

“ ___ ” _____ 20__ року

ЗАВДАННЯ

НА ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Студент: Пекневич Ілля Ігорович

Група: УП-22

1. Тема кваліфікаційної роботи: «Дослідження процесів управління проектом створення інформаційної системи прогнозування попиту».

Затверджена на засіданні кафедри технологій управління, протокол №6 від «06» жовтня 2023 р.

2. Строк подання студентом готової роботи – «05» травня 2024 р.

3. Цільова установка та вихідні дані до роботи: дослідження характеристик об'єкту управління, розробка концепції продукту проекту, планування виконання проекту (календарне планування, зміст, бюджет, ресурси).

4. Зміст роботи: аналіз предметної області, дослідження та формування проблематики, розробка концептуальних моделей системи, формалізація математичної задачі, розробка інформаційного забезпечення проекту, опис структури програмного забезпечення, розробка моделі прогнозування та інтерфейсів системи, розробка організаційної структури управління проектом, розробка ієрархічної структури робіт, календарне та вартісне планування.

5. Перелік графічного матеріалу (слайдів): титульний слайд, предметна область та проблематика, дерево причин та наслідків, переваги використання інформаційних систем прогнозування, об'єкт, предмет, мета та завдання роботи, бізнес-процеси системи та інформаційні потоки, структурна модель системи, постановка задачі у математичному вигляді, проектування інформаційного забезпечення системи, розробка та налаштування моделі прогнозування, інтерфейси системи, організаційна структура команди, WBS проекту, календарне планування та розрахунок вартості, висновки.

6. Календарний план виконання роботи:

№ п/п	Назва частини роботи	План виконання роботи
1.	Вивчення літературних джерел з предмету дослідження	15.11.23 – 04.12.23
2.	Збір і вивчення матеріалів досліджуваної теми	05.12.23 – 18.12.23
3.	Складання розгорнутого плану кваліфікаційної роботи	19.12.23 – 25.12.23
4.	Ознайомлення наукового керівника з розгорнутим планом кваліфікаційної роботи. Внесення змін.	25.12.23
5.	Підготовка розділу 1 «Дослідження та обґрунтування доцільності та життєздатності проекту»	08.01.24 – 18.02.24
6.	Підготовка розділу 2 «Математична постановка задачі дослідження»	18.02.24 – 30.03.24
7.	Підготовка розділу 3 «Розробка інформаційного та програмного забезпечення проекту»	01.04.24 – 14.04.24
8.	Підготовка розділу 4 «Планування елементів управління проектом»	15.04.24 – 19.04.24
9.	Оформлення кваліфікаційної роботи	20.04.24 – 30.04.24
10.	Передача кваліфікаційної роботи рецензенту для рецензування	05.05.24

11.	Передача кваліфікаційної роботи науковому керівникові	05.05.24
12.	Попередній захист кваліфікаційної роботи	07.05.24 – 10.05.24
13.	Захист роботи	21.05.24 – 23.05.24

Дата видачі завдання «09» листопада 2023 р.

Керівник роботи:

кандидат техн. наук, професор

Віктор МОРОЗОВ

(підпис)

Завдання прийняв до виконання:

студент групи УП-22

Ілля ПЕКНЕВИЧ

(підпис)

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ.....	7
ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1. ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОБГРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ТА ЖИТТЄЗДАТНОСТІ ПРОЄКТУ	12
1.1 Аналіз актуального стану предметної області.....	12
1.2 Формування проблемної області.....	15
1.3 Проведення аналізу літературних та інформаційних джерел щодо вирішення виявлених проблем	19
1.4 Формулювання наукової новизни та інноваційності проєкту.....	25
1.5 Постановка задачі дослідження.....	26
РОЗДІЛ 2. МАТЕМАТИЧНА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ	29
2.1 Розробка концептуальних моделей інформаційної системи.....	29
2.2 Формалізація задачі у математичному вигляді.....	33
2.3 Методи прийняття управлінських рішень в проєкті	36
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЄКТУ	40
3.1. Розробка концептуальної моделі бази даних проєкту	40
3.2 Побудова логічної моделі бази даних проєкту	44
3.3 Опис структури програмного забезпечення.....	45
3.4 Алгоритм прогнозування продажів на основі моделі ARIMA.....	49
3.5 Розробка програмного забезпечення реалізації ІТ проєкту.....	55
3.6 Розробка інтерфейсів інформаційної системи	66
РОЗДІЛ 4. ПЛАНУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ УПРАВЛІННЯ ПРОЄКТОМ.	71

4.1 Розробка організаційної структури управління проектом. Формування команди проекту	71
4.2 Визначення ієрархічної структури та переліку робіт проекту	79
4.3 Розробка календарного плану. Планування термінів проекту	87
4.4 Визначення та планування ресурсів.....	93
4.5 Визначення вартості проекту. Базовий графік вартості	97
ВИСНОВКИ	101
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ.....	103
ДОДАТОК А.....	109
ДОДАТОК Б	111
ДОДАТОК В.....	112

АНОТАЦІЯ

кваліфікаційної роботи магістра на тему:

«Дослідження процесів управління проектом створення інформаційної системи прогнозування попиту»

Студента: Пекневич Ілля Ігорович.

Науковий керівник: Морозов Віктор Володимирович.

Рік захисту – 2024.

Темою роботи було обрано «Дослідження процесів управління проектом створення інформаційної системи прогнозування попиту», предметною областю якої є сфера роздрібно́ї торгівлі.

Метою підготовки даної кваліфікаційної роботи є дослідження процесів управління проектом з розробки програмного забезпечення прогнозування продажів та його впровадження на основі аналітичних досліджень, оцінки доцільності проекту та його оточення. У тому числі виконується створення концепції проекту, обґрунтування наукової новизни, аналіз та підготовка процесів управління проектом, проектування та огляд програмного забезпечення.

Ціль проекту - забезпечення можливості бізнесу ефективно прогнозувати та управляти запасами шляхом розробки проекту створення інформаційної системи прогнозування попиту на основі історичних даних.

Наукова новизна полягає у розробці механізму аналізу впливу зовнішніх факторів на попит, що дозволяє комплексно оцінювати ринкові умови та прогнозувати майбутній попит із вищим ступенем достовірності. Дослідження пропонує впровадження механізму адаптивного навчання, здатного динамічно адаптуватися до змін у поведінці споживачів та ринкових умов шляхом налаштування гіперпараметрів тренування моделі.

Кваліфікаційна робота складається з анотації, вступу, основної частини, яка включає чотири розділи, висновків, списку джерел та додатків.

У *першому* розділі виконуються аналітичні дослідження спрямовані на оцінку доцільності та життєздатності проєкту, виконується детальний аналіз предметної області та останніх досліджень. В ході огляду формується проблематика домену та можливі шляхи вирішення. В даному розділі визначено наукову новизну, що пропонує проєкт, та завдання, які мають бути вирішені у процесі подальшого дослідження та виконання робіт.

У *другому* розділі відбувається формалізація ідеї та задуму проєкту шляхом розробки концептуальних моделей цільової інформаційної системи. Визначається математична постановка задачі прогнозування. Додатково розглядається питання методів прийняття управлінських рішень.

У *третьому* розділі увага сфокусована на аспектах розробки програмного забезпечення інформаційної системи, зокрема на описі його структури, технологій, архітектури компонентів та підходів до імплементації. Значна увага приділяється опису інформаційного забезпечення проєкту та побудові моделі прогнозування на основі часових рядів.

У *четвертому* розділі наведені елементи управління проєктом, зокрема створена структура декомпозиції робіт та запропонована організаційна структура і склад команди проєкту. Окрім цього, виконано календарне і ресурсне планування, на основі якого сформована оцінка вартості і термінів проєкту.

За результатами проведених досліджень та виконаної роботи зроблено висновки щодо доцільності та перспективності реалізації розглянутого проєкту, виходячи з актуальності пропонованих інструментів для ринку роздрібною торгівлі.

Робота містить 108 сторінок без додатків, 47 рисунків, 5 таблиць, 50 джерел. Додатки складають 4 сторінки.

Ключові слова: *роздрібна торгівля, модель прогнозування, продажі, часовий ряд, машинне навчання, інформаційна система, календарно-ресурсне планування, концептуальна та математична модель, управлінські рішення, аналіз якості та ризиків.*

ВСТУП

У поточному конкурентному середовищі та умовах мінливості попиту, мережі роздрібної торгівлі все більше залежать від розуміння подальшого рівня продажів їх продукції задля планування бюджету, розробки цінової стратегії та інших заходів з цінової оптимізації. Прогнозування має вирішальне значення в тому числі для контролю рівня запасів у торгівельних точках. В сучасних організаціях, що піддаються постійним змінам, що впливають навіть на найбільш усталені структури, і де всі вимоги бізнес-сектору потребують точного та практичного бачення майбутнього, прогнозування стає надзвичайно важливим.

Поточні системи планування роблять великі інвестиції в запаси, щоб уникнути їх вичерпання. Ще одна проблема полягає в тому, що попит на ряд позицій є періодичним або сезонним. Побудова операційного, середньострокового чи довгострокового прогнозу за допомогою стандартних ручних методів не є ефективним через високу складність та об'єми інформації, неможливість урахування усіх необхідних факторів та значний шанс людської помилки. Сучасні інформаційні системи прогнозування попиту можуть значно полегшити процеси планування. Вони дозволяють компаніям робити більш точні прогнози, ефективніше управляти запасами, планувати свої маркетингові кампанії, швидше реагувати на зміни в попиті та бути більш адаптивними до змін на ринку. Компанії, які використовують інформаційні системи прогнозування попиту, можуть отримати значну конкурентну перевагу, що допоможе їм збільшити свій прибуток та зберегти успішність на ринку. Це робить обрану тему дослідження **актуальною**.

Метою роботи є забезпечення можливості бізнесу ефективно прогнозувати та управляти запасами шляхом розробки проекту створення інформаційної системи прогнозування попиту на основі історичних даних.

Для досягнення мети були поставлені наступні **завдання**:

- Дослідження предметної області та існуючої проблематики.

- Аналіз шляхів вирішення та існуючих ІТ.
- Розробка концепції проєкту та функціональних вимог.
- Побудова концептуальних моделей проєкту інформаційної системи.
- Опис загальної структури програмного забезпечення.
- Розробка концептуальної та логічної моделей бази даних проєкту.
- Розробка схем алгоритмів та інтерфейсів інформаційної системи.

Об'єктом дослідження є процеси прогнозування попиту у сфері роздрібно́ї торгівлі. **Предметом** дослідження є використання основ системного підходу до розробки концептуальних, математичних та інформаційних моделей проєкту створення інформаційної системи прогнозування попиту.

Основою **методів дослідження** став кількісний аналіз, зокрема статистичні методи обробки та аналізу даних, які забезпечили можливість об'єктивного вивчення питання прогнозування попиту. В свою чергу методи системного аналізу допомогли виявити ключові зв'язки між елементами системи та визначити найбільш ефективні шляхи оптимізації закладених бізнес-процесів.

Застосування математичного моделювання дало можливість розробити точні та надійні моделі прогнозування, засновані на аналізі часових рядів та історичних даних. Ефективність цих моделей підкріплювалася застосуванням алгоритмічних методів, зокрема машинного навчання, для автоматизації процесів аналізу та прогнозування. Аналітичні роботи базувалися на вивченні наукової літератури, аналітичних звітів та статей, що забезпечило глибоке розуміння теоретичних основ проєкту та актуальної практики у галузі.

Новизною роботи є впровадження інноваційного механізму аналізу впливу зовнішніх факторів на попит, що дозволяє комплексно оцінювати ринкові умови та прогнозувати майбутній попит із вищим ступенем достовірності. Дослідження пропонує впровадження механізму адаптивного навчання, здатного динамічно адаптуватися до змін у поведінці споживачів та ринкових умов шляхом налаштування гіперпараметрів тренування моделі.

Окрім цього запропоновано новаторський прототип інформаційної системи прогнозування попиту на основі простих у підтримці та ефективних моделей аналізу часових рядів, що має розширені інтерфейси по імпорту даних, налаштуванню прогнозу та подальшого його аналізу.

Практичне значення отриманих результатів полягає у розробленій концепції проєкту прогнозування попиту, що є ефективним інструментом побудови прогнозу з метою подальшого його використання для цілей бізнесу. Застосування запропонованої системи та розроблених адаптивних моделей може покращити розуміння попиту споживачів, а також допоможе в ідентифікації нових тенденцій та змін у споживацьких перевагах, що є критично важливим для адаптації асортименту та маркетингових стратегій.

Важливою перевагою запропонованої моделі прогнозування є можливість її легкої адаптації до інших прикладних сфер, в тому числі для використання в задачах управління проєктами.

Крім цього, отримані результати складають значне теоретичне підґрунтя для використання в якості початкової проєктної документації.

Апробація результатів кваліфікаційної роботи. Результати досліджень були представлені статтею «Elaboration of Forecasting Models of Resource Reserves in Projects Based on Historical Data» на міжнародній конференції «2023 IEEE 18th International Conference on Computer Science and Information Technologies (CSIT)» (DOI: 10.1109/CSIT61576.2023.10324102).

РОЗДІЛ 1. ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОБГРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ТА ЖИТТЄЗДАТНОСТІ ПРОЄКТУ

1.1 Аналіз актуального стану предметної області

1.1.1 Огляд ринку роздрібно́ї торгівлі та актуальних трендів

Згідно з даними eMarketer, глобальний ринок роздрібно́ї торгівлі оцінювався приблизно в \$25 трильйонів у 2019 році і за прогнозами має досягнути понад \$30 трильйонів до 2024 року, що підкреслює стійкий ріст [1]. Однак пандемія COVID-19 значно змінила ці прогнози (рис. 1.1), змусивши бізнес швидко адаптуватися до нових ринкових реалій.

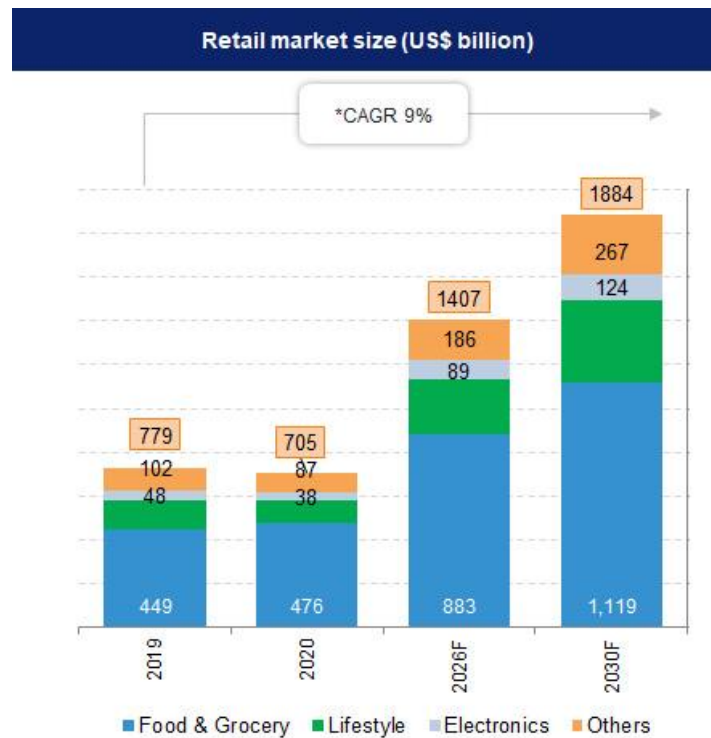


Рис. 1.1. Тенденція зростання ринку роздрібно́ї торгівлі

Одним з найвпливовіших трендів у роздрібно́му секторі є поява електронної комерції. Цифрова революція зробила покупки більш зручними для споживачів, що призвело до поступової зміни купівельних звичок на користь онлайн-каналів. До 2021 року електронна комерція становила приблизно 19,5% роздрібних продажів в усьому світі, і цей відсоток продовжує рости [2]. Ця зміна парадигми спричинила появу роздрібно́ї торгівлі в режимі omni-channel,

де роздрібні продавці прагнуть надати безшовний досвід покупок через магазини, онлайн-платформи та мобільні додатки.

У міру переходу роздрібної торгівлі до все більш цифрового майбутнього, технологія відіграє важливу роль у формуванні ринкових трендів. Інновації, такі як штучний інтелект (AI), доповнена реальність (AR) та віртуальна реальність (VR), перетворюють спосіб, яким споживачі роблять покупки. Алгоритми AI надають персоналізований досвід покупок шляхом аналізу вподобань клієнтів, тоді як AR і VR поліпшують візуалізацію продуктів, пропонуючи споживачам занурюючий досвід покупок. Ці тенденції підтверджуються розміром інвестицій у використання технологій штучного інтелекту в сфері роздрібної торгівлі, що зростає у понад 10 разів протягом поточних 8 років (рис. 1.2).



Рис. 1.2. Перспективи інвестицій в використання штучного інтелекту

1.1.2 Конкуренція у сфері роздрібної торгівлі та її причини

Конкуренція у сфері роздрібної торгівлі є жорсткою та багатоаспектною, і її спричиняє комбінація факторів. Основним драйвером є низькі бар'єри входу, особливо у сфері електронної комерції. Ця легкість входу спонукала притік нових підприємств, кожне з яких намагається вибитися на передову за

допомогою унікальних товарних пропозицій, виняткового обслуговування клієнтів та конкурентоспроможних цін [3].

Глобалізація розширила межі конкуренції, зіштовхнувши місцеві підприємства та міжнародні бренди. Здатність продавати та доставляти товари в усьому світі знищила географічні межі, тим самим експоненціально збільшивши масив конкурентів [4].

Власні торговельні марки та бренди, що продаються безпосередньо споживачеві, порушили традиційні відносини між роздрібним продавцем та виробником, що посилює конкуренцію. Ці бренди, як правило, пропонують продукцію схожої якості за нижчими цінами, надаючи споживачам широкий вибір варіантів, тим самим перебудовуючи ринкову динаміку.

Роль даних стала визначальним аспектом конкуренції у роздрібній торгівлі. Підприємства, які можуть передбачати потреби споживачів, оптимізувати ціноутворення, ефективно керувати запасами та персоналізувати досвід покупок знаходяться у вигоді. Здатність використовувати дані як стратегічний актив стала відмінною рисою, надаючи конкурентну перевагу тим, хто її оволодіває [5].

1.1.3 Важливість та переваги прогнозування попиту

Прогнозування попиту стало важливим інструментом для виживання та росту на висококонкурентному ринку роздрібною торгівлі. Ця практика полягає у прогнозуванні майбутніх продажів на основі історичних даних і ринкових трендів та становить основу стратегічного прийняття рішень [6].

Ефективне прогнозування попиту приносить кілька переваг, включаючи оптимальне управління запасами. Перезапас і недостатній запас обоє становлять значні ризики для роздрібних продавців; перший зв'язує капітал і підвищує ризик втрати через застарілість товарів, тоді як останній може призвести до втрати продажів та невдоволеність клієнтів. Прогнозування попиту дозволяє підприємствам підтримувати оптимальний рівень запасів, що скорочує витрати та попереджає ці ризики [7].

Більше того, прогнозування попиту відіграє важливу роль у управлінні грошовими потоками. Прогнозуючи майбутні продажі, підприємства можуть передбачати надходження доходів та планувати свої витрати відповідно, забезпечуючи фінансову стабільність та стратегічний ріст.

Інша значна перевага полягає у покращенні задоволеності клієнтів. Забезпечуючи наявність потрібних товарів, коли і де хочуть клієнти, роздрібні продавці можуть задовольнити очікування клієнтів та підвищити лояльність. Точне прогнозування попиту означає краще обслуговування, яке сприяє збереженню клієнтів та залученню нових покупців.

Більше того, прогнозування попиту може надати стратегічні уявлення про ринкові тренди та динаміку. Розбираючи тенденції продажів, підприємства можуть виявити перспективні можливості, такі як товари з високим попитом або прогресуючі ринкові сегменти [8].

Таким чином, прогнозування попиту служить ключовим інструментом для успішного навігації на цьому складному ринку, надаючи підприємствам стратегічне бачення та дозволяючи їм реагувати на ринкові тренди з гнучкістю та передбачуваністю.

1.2 Формування проблемної області

1.2.1 Загальний аналіз існуючої проблематики

Як було визначено у ході аналізу предметної області, активне прогнозування майбутнього попиту важливе для стратегічного планування, особливо в роздрібній торгівлі. Однак це є великим викликом через ряд фундаментальних проблем:

- Волатильність попиту. Попит в роздрібному секторі піддається швидким змінам під впливом численних факторів. Сезонні зміни, наприклад, збільшений попит під час святкових періодів, можуть створити значні піки та провали в купівельній поведінці. Крім того, споживчі тренди постійно еволюціонують, з новими продуктами і послугами, що

зростають і падають у популярності. Прогнозування цих коливань є великим викликом і робить процес складним і часто схильним до помилок [9].

- Проблеми з управлінням даними. У зростаючу цифрову епоху роздрібні продавці мають доступ до величезних обсягів даних, які можна використати для більш точного прогнозування попиту. Це включає не тільки дані про продажі, але й інформацію про поведінку покупців під час перегляду, їхню реакцію на маркетингові кампанії та більш широкі демографічні дані. Однак збір, очищення та аналіз таких великих обсягів даних - не просте завдання. Багато роздрібних продавців стикаються з проблемами, такими як якість даних, при цьому відсутність або невідповідність даних робить прогнози менш надійними. Крім того, злиття різних джерел даних може бути складним, особливо коли використовуються різні системи для відстеження продажів, управління відносинами з клієнтами та інших аспектів роздрібногo бізнесу. Внаслідок цього, погане управління даними може значно перешкоджати ефективності прогнозування попиту [10].
- Ефект зовнішніх факторів. Зміни на ринку, включаючи дії конкурентів або зміни в споживчих уподобаннях, можуть мати значний вплив на попит. Однак ці фактори часто важко кількісно оцінити та включити в моделі прогнозування. Пандемія COVID-19 - це приклад несподіваної зовнішньої події, яка різко зрушила моделі попиту в майже всіх секторах роздрібної торгівлі. Політичні події, кліматичні умови або зміни в законодавстві (наприклад, зміни в оподаткуванні) - це інші приклади зовнішніх факторів, які можуть вплинути на попит. Хоча роздрібні продавці можуть і повинні намагатися розуміти та передбачати ці фактори наскільки це можливо, непередбачуваний характер таких зовнішніх впливів додає значного рівня невизначеності до будь-яких зусиль з прогнозування попиту [11].

Таким чином, завдання прогнозування попиту в роздрібному секторі переповнене складнощами через волатильний характер попиту, складні процеси управління даними та непередбачуваність зовнішніх факторів. Хоча це може здатися непереборним завданням, визнання цих викликів та розуміння їх складнощів відкриває шлях до побудови ефективних стратегій. Концентруючись на поліпшенні якості даних, використанні передових аналітичних інструментів та прийнятті більш гнучкого та реагуючого підходу до зовнішніх ринкових подій, роздрібні продавці можуть підвищити точність своїх прогнозів попиту. Це, в свою чергу, може привести до більш ефективного управління запасами, покращення задоволеності клієнтів і, в кінцевому рахунку, до більш прибуткового бізнесу [12].

1.2.2 Формалізація у вигляді дерева причин та наслідків

Для більш якісного розуміння існуючої проблематики, формалізуємо аналіз шляхом побудови дерева причин (рис. 1.3) та наслідків (рис. 1.4). Таким чином можна відслідкувати логічний зв'язок «причина-проблема-наслідок».



Рис. 1.3. Дерево причин ускладненого процесу прогнозування

Розроблене дерево причин наочно демонструє, що першочерговими факторами, які впливають на складнощі в прогнозуванні продажів є волатильність попиту, проблеми з якістю даних та невідповідність методів прогнозування. Варіабельність попиту посилюється за рахунок ринкової конкуренції, сезонних змін, коливань у споживацькому настрої та ефективності маркетингу. Щодо даних, то ключовими проблемами є їх застарілість, розрізненість і труднощі з обробкою, що підриває якість аналітичних висновків. Використання застарілих моделей та неадаптованих методів до унікальних характеристик ринку призводить до неефективних прогнозів.



Рис. 1.4. Дерево наслідків ускладненого процесу прогнозування

У свою чергу дерево наслідків дозволяє зрозуміти, що проблеми у прогнозуванні продажів можуть призвести до цілого ряду викликів для бізнесу. З одного боку, ситуативний надлишок запасів може виникати через надмірні операційні витрати та збитки, пов'язані з нереалізованими запасами. З іншого боку, ситуативна нестача запасів може призвести до зменшення лояльності клієнтів та втрати можливостей через несвоєчасну реалізацію продукції. Окрім того, нееластичність при стратегічному плануванні може призвести до

зниження репутації бренду, недоотримання інвестицій, та втрату конкурентних позицій. Ці збої в процесах прогнозування також можуть призвести до неефективності планування акційних кампаній, відтак погіршуючи загальну ефективність маркетингових заходів.

1.3 Проведення аналізу літературних та інформаційних джерел щодо вирішення виявлених проблем

1.3.1 Переваги використання інформаційних систем прогнозування

Інформаційні системи прогнозування попиту, що базуються на статистичних моделях та алгоритмах машинного навчання, пропонують майбутні рішення для визначених викликів прогнозування попиту:

- Покращення точності прогнозування. Системи прогнозування, які використовують складні статистичні та машинні моделі навчання, можуть обробляти великі обсяги даних для ідентифікації складних шаблонів та трендів, які часто пропускаються традиційними методами прогнозування. Ці моделі можуть обробляти високі рівні волатильності та випадковості у попиті, тим самим збільшуючи точність прогнозів.
- Покращення управління даними. Інформаційні системи надають інструменти управління та обробки великих обсягів даних з різних джерел. Вони сприяють очищенню даних, інтеграції та аналізу, долаючи проблеми управління даними та покращуючи якість даних, які використовуються у прогнозуванні.
- Інтеграція зовнішніх факторів. Алгоритми машинного навчання можуть включати широкий спектр зовнішніх факторів, включаючи ринкові тренди, економічні показники та навіть настроїв в соціальних медіа, в моделі прогнозування попиту. Ці системи також здатні оновлювати прогнози в реальному часі на основі змінних умов, що робить їх більш стійкими до раптових ринкових шоків.

Таким чином, хоча прогнозування попиту в роздрібному секторі представляє декілька викликів, поява передових інформаційних систем прогнозування, що покладається на статистичні моделі та машинне навчання, надає цінні інструменти для роздрібних торговців. Ці технології дозволяють робити більш точні прогнози попиту, надаючи значні стратегічні переваги в інтенсивному конкурентному середовищі.

1.3.2 Аналіз проведених досліджень в сфері побудови математичних моделей прогнозування

Проведений аналіз інформаційних джерел [13-18] показує, що було проведено велику роботу в області прогнозування та запропоновано багато методів. Серед них можна виділити найбільш поширені: методи часових рядів та штучні нейронні мережі.

Проблемами прогнозування займалися українські вчені, такі як Бушуєв С.Д. [19], Колеснікова К.В. [20], Морозов В.В. [21,22], а також ряд закордонних вчених [26-29].

Слід зазначити, що в рамках поточного дослідження фокус зробиться саме на методах часових рядів: моделі авторегресійної інтегрованої ковзної середньої (ARIMA) [13-16], моделі на основі багатовимірної передавальної функції [13,17], умовно гетероскедастичні моделі (GARCH) [18]. Безумовно, моделі ARCH і GARCH використовуються все частіше і вважаються важливими інструментами в аналізі даних часових рядів, особливо у випадку фінансових додатків, але вони спеціально присвячені аналізу та прогнозуванню волатильності.

Для більш детального дослідження інструментів моделювання та прогнозування на основі методів часових рядів була обрана модель ARIMA, базована на наявних історичних даних продажів. В сучасних організаціях, що піддаються постійним різким та значним змінам, що впливають навіть на найбільш усталені структури, і де всі вимоги бізнес-сектору потребують точного та практичного бачення майбутнього, прогнозування стає надзвичайно

важливим [25-29]. Таким чином методи прогнозування на основі часових рядів є поширеним та затребуваним інструментом, що покриває потребу широкого спектру бізнесу у прогностичній інформації для подальшого операційного планування.

Протягом останніх кількох десятиліть дослідники зосереджувалися на лінійних моделях, оскільки вони довели їхню простоту у розумінні та застосуванні. Моделі прогнозування часових рядів найчастіше використовуються саме для прогнозування попиту.

Відповідно до гіпотези авторегресійного ковзного середнього, в [30] за допомогою моделі ARIMA було розраховано сезонні коливання попиту, використовуючи історичні дані. В рамках подальшого розвитку були більш детально розглянуті сезонні фактори, що розраховувалися за допомогою мультиплікативної моделі [31]. У той же час Р. Хайдманом, в [32] було застосовано різні співвідношення між тенденцією та сезонністю згідно сезонної гіпотези ARIMA, тим самим досягнувши кращих значень точності прогнозування.

В контексті порівняння ефективності ARIMA та штучних нейронних мереж (ANN), були проведені експерименти з прогнозуванням часових рядів з різних доменних областей: попиту на електроенергію [33], часу відмови обладнання життєзабезпечення [34] тощо. В ряді робіт досліджувалась можливість формування гібридних моделей ANN та ARIMA з подальшим порівнянням з класичними моделями [35].

Аналіз наявних робіт показує, що моделі аналізу часових рядів в цілому, та авторегресійні моделі зокрема, є конкурентними інструментами в задачах прогнозування часових рядів. Разом з тим, не дивлячись на довгий час існування подібних моделей, надалі відбуваються дослідження, оптимізація підходів та факторів з метою подальшого розвитку точності отриманого прогнозування.

1.3.3 Аналіз існуючих на ринку систем прогнозування

Для проведення аналізу конкурентів був сформований список найбільш поширених інформаційних систем управління для домену роздрібною торгівлі, що включають у себе функціонал прогнозування продажів або ж в цілому повністю присвячені цьому [36]. Для кожної з них були виявлені їх основні сильні та слабкі сторони з точки зору функціональних можливостей, процесу впровадження, вартості тощо.

1. Salesforce Sales Cloud [37].

Переваги:

- Функції колаборативного прогнозування: Salesforce Sales Cloud дозволяє командам продажу спільно створювати і узгоджувати прогнози продажів, використовуючи дані, які збираються з різних джерел і платформ у компанії. Це допомагає узгоджувати цілі продажів між різними відділами та підвищує точність прогнозів.
- Оновлення прогнозів у реальному часі: Платформа забезпечує можливість отримання даних про продажі і зміни на ринку в реальному часі, що дозволяє відділу продажів швидко реагувати на зміни в умовах ринку та коригувати свої стратегії.
- Підтримка різноманітних типів прогнозування: Платформа підтримує прогнозування не тільки за кількістю продажів і доходами, але й здатна адаптуватися до прогнозування за різними сімействами продуктів, що дає гнучкість у плануванні асортименту та стратегії продажів.

Недоліки:

- Складність налаштування та кастомізації: Salesforce Sales Cloud може бути складним у налаштуванні та кастомізації звітної аналітики, що потребує додаткових зусиль та часу з боку ІТ-спеціалістів компанії або залучення зовнішніх консультантів.

- Висока вартість: Ціна на платформу може бути надмірною для середнього та малого бізнесу, особливо коли потрібні додаткові функції, що збільшують вартість ліцензії та утримання.
- Відсутність моделювання сценаріїв продажу: На відміну від деяких інших платформ, Salesforce не надає інструментів для моделювання різних сценаріїв продажів, що може бути критично для планування та адаптації стратегій в умовах невизначеності або швидких змін на ринку.

2. Zoho CRM [38].

Переваги:

- Простота використання та налаштування: Zoho CRM вирізняється своєю інтуїтивно зрозумілою інтерфейсом та легкістю налаштування, що робить його доступним для бізнесів без великого технічного бекграунду. Це дозволяє швидше імплементувати систему і скорочує час навчання користувачів.
- Розширені опції фільтрації в прогнозуванні: Функція прогнозування у Zoho CRM дозволяє використовувати детальні фільтри для аналізу даних, такі як відбір за територіями, продуктами, агентами чи часовими періодами. Це забезпечує можливість глибокого занурення в деталі даних і більш точне планування продажів.
- Доступна вартість базової версії: Zoho CRM пропонує конкурентоспроможну цінову політику на базову версію, що робить його привабливим вибором для малих і середніх підприємств, які шукають ефективне рішення за розумну ціну.

Недоліки:

- Обмежений спектр моделей прогнозування: На відміну від деяких більш складних CRM систем, Zoho CRM має менший вибір моделей прогнозування, що може не відповідати потребам більш великих або спеціалізованих бізнесів, які потребують складніших аналітичних інструментів.

- Лімітована звітність щодо результатів прогнозування: Хоча Zoho CRM має хороші засоби для ведення базових звітів, можливості детальної звітності по результатам прогнозування можуть бути недостатніми для комплексного аналізу або для глибокого розуміння складних динамік продажів.

3. Pipedrive [39].

Переваги:

- Інтуїтивний інтерфейс та якісна візуалізація: Pipedrive відомий простим дизайном, який робить процес управління продажами зрозумілим. Його візуалізації, такі як канбан дошки для стадій продажів, дозволяють користувачам легко переглядати та управляти їхніми продажами на різних етапах.
- Аналіз продажів на основі активності: Система забезпечує аналіз продажів, що базується на відстеженні активності користувачів, таких як дзвінки, листування, та зустрічі. Це дає змогу визначити, які активності найбільше впливають на успіх угод, дозволяючи оптимізувати стратегії продажів і підвищити загальну ефективність.

Недоліки:

- Обмежені можливості по налаштуванню прогнозування: Хоча Pipedrive забезпечує базові інструменти для прогнозування продажів, його можливості налаштування є обмеженими порівняно з іншими CRM системами. Це може стати перешкодою для компаній, що мають складніші вимоги до аналізу та прогнозування.
- Порівняно низька деталізація прогнозової аналітики: Платформа не надає глибокого рівня деталізації в аналітиці прогнозів, що обмежує здатність до проведення комплексного аналізу або детального розуміння динаміки продажів. Це може бути недостатньо для великих корпорацій або бізнесів з складними процесами продажів.

Проаналізовані продукти є потужними інструментами управління відносинами з клієнтами, що мають вбудовані інструменти прогнозування

продажів. Як результат можна визначити наступні важливі характеристики такої системи: гнучкість у налаштуванні, простота використання, широка візуалізація даних, інтеграційні можливості та адаптивне ціноутворення.

1.4 Формулювання наукової новизни та інноваційності проєкту

Проведений аналіз надав важливі уявлення про існуючі рішення, їх переваги та виявлені області для поліпшення, що допомогло сформуванню унікальних особливостей інформаційної системи, що пропонується в рамках поточного дослідження. Конкурентний ландшафт висвітлює необхідність продукту, який поєднує передові моделі прогнозування, гнучкі параметри, ефективне оброблення даних і зручні інструменти візуалізації.

Використовуючи модель SARIMAX (сезонна авторегресивна інтегрована модель з ковзним середнім з екзогенними регресорами), система буде синтезувати історичні дані і використовувати передові статистичні методи моделювання для надання точних і надійних прогнозів. Цей підхід унікальний за своєю включеністю ряду інноваційних особливостей, кожна з яких розроблена як відповідь на прогалини, виявлені в аналізі конкурентів.

Основні новаторські та інноваційні елементи, які вводить цей проєкт, включають:

- Застосування моделі SARIMAX: Система унікально використовує цю передову модель прогнозування для врахування сезонних коливань і екзогенних змінних, покращуючи точність прогнозування [40].
- Імпорт даних та обробка аномалій: Здатність системи імпортувати та обробляти аномалії в історичних даних демонструє інноваційний підхід до інтеграції даних і контролю якості, що покращує надійність прогнозів.
- Адаптивні параметри прогнозування: Ця особливість дозволяє користувачам налаштовувати параметри прогнозування згідно з унікальними бізнес-умовами, роблячи прогнози більш індивідуалізованими і точними, що є значною інновацією в відповідь на обмеження, спостережені в продуктах конкурентів.

- Передові інструменти візуалізації: Широкий спектр інструментів візуалізації і фільтрації має на меті зробити складні результати прогнозування легко зрозумілими та виділяється як значний крок у доступності передової аналітики.
- Інтеграція всіх етапів прогнозування в одній системі: Цілісний підхід системи, що об'єднує всі етапи прогнозування на одній платформі, представляє собою прогрес у спрощенні процесу прогнозування.

В основі наукової новизни та інноваційності цього проєкту лежить його реакція на прогалини, виявлені при аналізі конкурентів. Надаючи передові, зручні для користувача функціональні рішення, що охоплюють процес від завантаження даних до отриманих прогнозних значень, система розширює межі передбачувальної аналітики, пропонуючи критично важливий інструмент для прогнозування попиту та отримання стратегічних переваг у конкурентному середовищі.

1.5 Постановка задачі дослідження

1.5.1 Визначення завдань дослідження

Розробка концепції інформаційної системи прогнозування попиту на основі історичних даних – багатодисциплінарна діяльність, що поєднує області науки про дані, архітектурне та концептуальне проектування, аналіз потреб та бізнес-стратегії. Метою є створення інноваційного рішення, яке гармонійно поєднує передові статистичні методи моделювання, орієнтацію на простоту використання та повноцінність охоплених бізнес-процесів.

Для повної розробки концепції необхідно виконати наступні завдання:

1. Визначення вимог до системи виходячи з бізнес-процесу, що автоматизується, та функціональних потреб кінцевих користувачів базуючись на аналізі ринку, конкурентів та існуючих проблем до вирішення.

2. Розробка концептуальних моделей, формалізація процесів, опис структурної архітектури та підсистем інформаційної системи.
3. Інфологічне та даталогічне проєктування інформаційного забезпечення системи, шляхом ітеративного виділення основних сутностей доменної області та формування концептуальних та логічних діаграм сховища даних.
4. Розробка архітектури інформаційної системи з точки зору фізичних компонентів системи та їх взаємодії.
5. Проєктування інформаційного забезпечення системи.
6. Дослідження потенціалу статистичної моделі прогнозування, що включає регулювання параметрів, поведінку в різних сценаріях та оптимізацію продуктивності.
7. Створення інтерактивного та інтуїтивно зрозумілого інтерфейсу користувача з повноцінними можливостями візуалізації даних, що покриває всі аспекти бізнес-процесу.

1.5.2 Визначення базових характеристик проєкту

Опис проєкту:

Проєкт має на меті розробку системи прогнозування попиту на основі історичних даних з використанням статистичних моделей аналізу часових рядів. Система має автоматизувати повний бізнес-процес трансформації сирих історичних даних клієнта у прогностну аналітику, що дозволить приймати обґрунтовані стратегічні рішення щодо управління запасами, планування виробництва та поставок.

Цілі проєкту:

1. Розробити модель, що здатна надавати прогностні значення рівня продажів для пар (товар-магазин) з точністю не менше 80% за умови наявності історії продажів не менше 3 років для пари.

2. Забезпечити клієнтів зі сторони роздрібної торгівлі зручним веб-інтерфейсом для роботи з продажами та прогнозами, сформувавши комплексний програмний продукт, що покриває увесь бізнес-процес.
3. Забезпечити можливість клієнтських організацій, використовуючи розроблений продукт, підвищити загальний дохід за рахунок ефективного розподілу ресурсів та зменшення операційних витрат на транспортування.

Продукт проєкту:

Цільова аудиторія. Ритейлери, які прагнуть вдосконалити свої процеси з метою зменшення операційних витрат. Це бізнес, для якого є пріоритетним ефективність управління запасами та точне планування поставок, щоб мінімізувати витрати на зберігання та знизити ризики пов'язані з надлишком або нестачею товарів. Цільова аудиторія зацікавлена у використанні інструментів аналітики та прогнозування, щоб підвищити рівень задоволеності клієнтів через своєчасність та достатність запасів, а також у підтриманні конкурентоспроможності на ринку. Ця група шукає рішення, що допоможуть оптимізувати поточні процеси, забезпечуючи при цьому гнучкість у відповідь на змінні умови ринку та споживацькі тренди.

Потреби. Комплексний інструмент автоматизації, що дозволяє управляти даними та прогнозувати продажі окремих товарів чи послуг з високою точністю для окремо взятих торгових точок з метою прийняття бізнес-рішень на основі просунутої візуальної аналітики.

Програмний продукт. Конкурентна веб-система, що покриває процес від завантаження та підготовки сирих даних до прийняття бізнес-рішень на основі візуальної аналітики результатів прогнозування.

Опис цінності. Система дозволяє оптимізувати та прискорити процеси за рахунок ефективного розподілу ресурсів, обґрунтованого планування ланцюгів поставок та зменшення операційних витрат.

РОЗДІЛ 2. МАТЕМАТИЧНА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Розробка концептуальних моделей інформаційної системи

2.1.1 Опис цільового бізнес-процесу системи

В основі інформаційної системи лежить бізнес-процес прогнозування продажів, що починається на етапі завантаження клієнтських даних у систему та закінчується аналізом отриманих результатів та прийняттям відповідних операційних рішень. Загальна схема бізнес-процесу може бути деталізована наступними кроками:

1. Інтеграція даних: Перший крок полягає у зборі й об'єднанні даних з клієнтської системи. Це можуть бути дані про попередні продажі, дані про клієнтів, дані про продукти та інші важливі бізнес-індикатори. Дані можуть бути зібрані з різних систем, таких як CRM, ERP або бухгалтерські системи.
2. Попередня обробка даних: Наступним кроком є очищення й підготовка даних для аналізу. Це може включати видалення або коригування викидів, заповнення пропущених значень, конвертацію даних до відповідного формату та інші операції.
3. Ініціалізація та налаштування моделі: За допомогою статистичних методів або машинного навчання, створюється модель, яка може використовувати історичні дані для прогнозування майбутніх продажів.
4. Тренування моделі: Модель навчається на основі історичних даних. Це процес, під час якого модель намагається знайти закономірності в даних, які можна використовувати для прогнозування майбутнього.
5. Реалізація прогнозування: Якщо модель визнана достатньо точною, вона використовується для прогнозування продажів на майбутнє.
6. Аналіз прогнозних значень: Прогнозовані значення аналізуються й використовуються для бізнес-планування. Це може включати планування запасів, бюджетування, встановлення цільових показників та інше.

Враховуючи описані кроки, загальна схема бізнес-процесу з трансформацією цільових даних наведена на рис. 2.1.

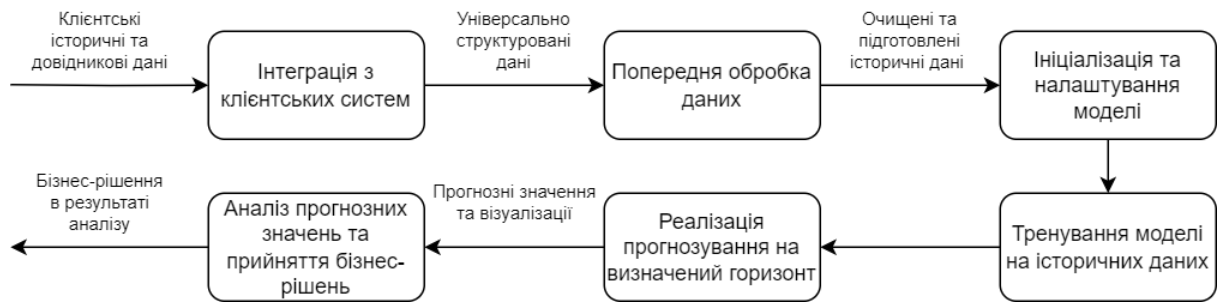


Рис. 2.1. Цільовий бізнес-процес інформаційної системи

2.1.2 Структурна модель інформаційної системи

Аналіз системи з фізичної точки зору.

Надсистема: Відділ продажів та планування мережі роздрібною торгівлі.

Визначає загальну мету інформаційної системи та її стратегічне значення для компанії. Вона включає в себе відділи, які займаються аналізом ринку, плануванням асортименту, ціноутворенням та просуванням продукції. Ця система відповідає за встановлення цілей та вимог до інформаційної системи прогнозування продажів.

Підсистеми:

- Штат підтримки/розробки сервісу. Включає в себе ІТ-спеціалістів, програмістів, інженерів з даними, які розробляють, підтримують і оновлюють інформаційну систему. Відповідає за технічне забезпечення системи, її безперервну роботу та впровадження нових функцій.
- Відділ прогнозування (користувачі системи). Аналітики та спеціалісти з прогнозування, які використовують інформаційну систему для генерації прогнозів продажів на основі історичних даних. Вони аналізують отримані прогнози та використовують для прийняття рішень.
- Веб-додаток. Інтерфейс системи, через який користувачі взаємодіють з інформаційною системою. Веб-додаток дозволяє завантажувати дані, налаштовувати параметри прогнозування, переглядати результати аналізу та прогнози.

- Підсистема завантаження та підготовки даних. Відповідає за збір, очищення та підготовку даних, які використовуються для прогнозування. Ця підсистема забезпечує актуальність, повноту та якість даних, які лягають в основу прогнозних моделей.
- Прогнозна модель. Центральний елемент інформаційної системи, що включає алгоритми машинного навчання та статистичні методи для аналізу історичних даних та генерації прогнозів продажів. Модель постійно оновлюється та адаптується до змін у даних та ринкових умовах.
- Підсистема аналізу прогнозних значень. Дозволяє аналізувати та інтерпретувати результати прогнозів, визначати рівень їх відповідності фактичним продажам, ідентифікувати можливі відхилення та їх причини
- Хмарна інфраструктура розгортання. Забезпечує масштабованість, високу доступність та безпеку інформаційної системи. Хмарна інфраструктура дозволяє ефективно розподіляти ресурси, необхідні для обробки великих обсягів даних та забезпечення безперебійної роботи системи.

Зв'язки системи з зовнішнім середовищем:

- Підрозділ продажів. Надає системі історичні дані про продажі, які є основою для навчання прогнозної моделі. Якість та повнота цих даних безпосередньо впливають на точність прогнозів. Співпраця з підрозділом продажів також допомагає уточнити потреби бізнесу та адаптувати прогнозну модель для вирішення конкретних завдань.
- Підрозділ планування. Оптимізує процеси закупівлі та транспортування на основі результуючих прогнозних значень.
- Хмарний провайдер. Надає необхідні хмарні ресурси та інфраструктуру для розміщення та експлуатації інформаційної системи. Забезпечення високої доступності, масштабованості та безпеки даних є критично важливим для надійної роботи системи. Вибір хмарного провайдера та конфігурація хмарної інфраструктури мають значний вплив на вартість та ефективність рішення.
- Конкурентні мережі роздрібною торгівлі. Активності конкурентів та їхні стратегії ціноутворення, просування та асортименту можуть значно впливати на

продажі. Система повинна враховувати ці фактори при прогнозуванні, що може вимагати аналізу зовнішніх даних та трендів ринку.

- Економічні та демографічні коливання. Зміни в економіці, демографічні зрушення, сезонні та святкові коливання також впливають на попит та продажі. Інтеграція цих даних у модель прогнозування допомагає підвищити її точність та адаптивність до зовнішніх умов.

- Закони про конфіденційність та безпеку даних. Регулювання у сфері захисту даних та конфіденційності, такі як GDPR у Європейському Союзі, впливають на обробку та зберігання даних. Система має бути розроблена та сконфігурована таким чином, щоб відповідати цим вимогам, що забезпечує захист особистих даних та уникає юридичних ризиків.

Процес функціонування системи в рамках зовнішньої надсистеми та взаємодії з нею зображений на рис. 2.2.

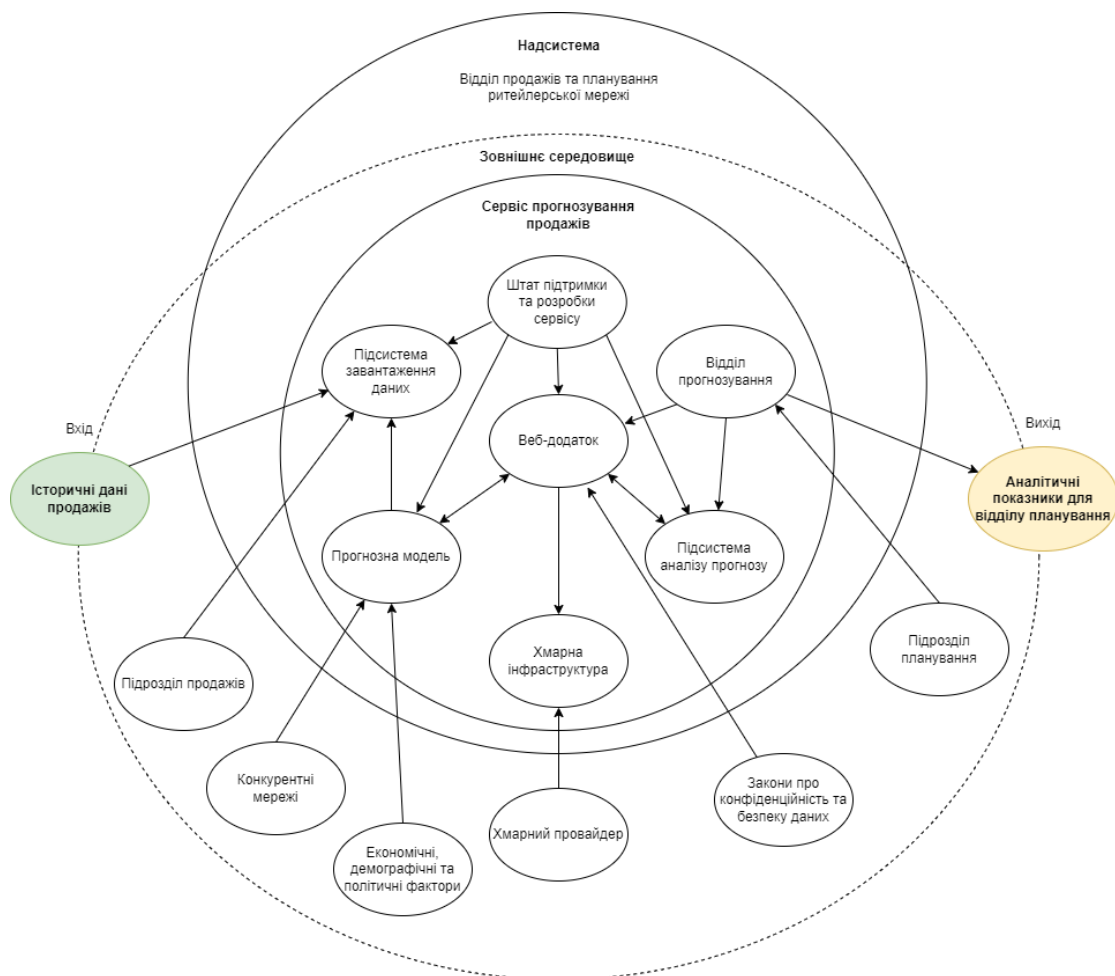


Рис. 2.2. Процес функціонування системи в рамках надсистеми

При цьому результуючий процес в розрізі елементів системи виглядає наступним чином:

1. Відділ продажів надає історичні дані.
2. Підсистема завантаження даних робить необхідну передобробку даних.
3. Модель навчається та надає прогнозні значення.
4. Підсистема аналізу агрегує результати прогнозу.
5. Відділ прогнозування аналізує дані та формує аналітичні звіти.
6. На базі наданих аналітичних звітів, відділ планування розробляє плани закупівель та реалізації.

2.2 Формалізація задачі у математичному вигляді

Прогнозування продажів через аналіз часових рядів є фундаментальною задачею в бізнес-аналітиці, яка дозволяє компаніям планувати свою діяльність більш ефективно, адаптуватися до майбутніх умов ринку та мінімізувати ризики. Процес прогнозування вимагає глибокого розуміння того, як збирати, обробляти та аналізувати дані часових рядів для виявлення значущих шаблонів і тенденцій.

Прогнозування продажів може розглядатися як задача прогнозування часового ряду [41]. Часовий ряд представляє собою послідовність точок даних, вимірених через сталі інтервали часу. У контексті прогнозування продажів, кожна точка даних може відображати обсяги продажів за день, тиждень, місяць або будь-який інший період. Важливими характеристиками часових рядів є тренди (довготермінові зміни в середньому рівні), сезонність (регулярні коливання в даних, що повторюються з певною періодичністю), та циклічність (флуктуації без чіткого періоду, які можуть бути викликані економічними умовами) [42].

Математична задача аналізу часового ряду в контексті прогнозування продажів – багатоетапний процес, що включає у себе збір та підготовку даних, навчання та адаптацію обраної моделі а також її валідацію на даних поза навчальним набором.

Для початку визначимо основні складові задачі прогнозування попиту на основі авторегресійної моделі:

- Історичні дані - це послідовність часових даних, яку позначаємо як $\{X_t\}$, де t вказує на час, а X_t вказує на значення змінної в момент часу t .
- Авторегресійна модель - це модель, в якій значення змінної прогнозується на основі її попередніх значень. Авторегресійна модель порядку p записується як $X_t = c + \sum_{i=1}^p (\varphi_i * X_{t-i}) + \varepsilon_t$, де c - константа, φ_i - коефіцієнти авторегресії, ε_t - помилка прогнозу в момент часу t .
- Прогнозні значення - це значення, які необхідно передбачити на основі моделі. Ми позначимо їх як $\{Y_t\}$, де $Y_t = X_t$ для всіх t , для яких наявні історичні дані, і $Y_t = c + \sum_{i=1}^p (\varphi_i * Y_{t-i}) + \varepsilon_t$ для t , які більше ніж останній відомий час.

Процес прогнозування попиту за допомогою авторегресійної моделі можна розбити на такі кроки [43]:

1. Збір історичних даних $\{X_t\}$.
2. Розподіл даних на навчальну вибірку для визначення параметрів моделі (c , φ_i) і тестову вибірку для перевірки якості прогнозу. Якщо q – це частка навчальної вибірки від загальної кількості спостережень, то:
 - a. Навчальна вибірка: $\{X_t\}, t = 1, 2, \dots, qN$, де N – загальна кількість спостережень.
 - b. Тестова вибірка: $\{X_t\}, t = qN + 1, qN + 2, \dots, N$.
3. Визначення параметрів моделі на основі навчальної вибірки.

Оцінка параметрів зазвичай здійснюється за допомогою методу найменших квадратів, де мета полягає в мінімізації суми квадратів помилок:

$$\sum_{t=1}^{qN} (X_t - c - \varphi_1 * X_{t-1} - \dots - \varphi_p * X_{t-p})^2 \rightarrow \min. \quad (2.1)$$

4. Перевірка якості моделі на тестовій вибірці.

Після того, як параметри моделі оцінено, вона може бути використана для прогнозування на тестовій вибірці, де прогнозовані значення порівнюються

з реальними. Зазвичай використовуються такі метрики якості, як середня абсолютна помилка (MAE) та середньоквадратична помилка (MSE):

$$MAE = (\sum_{t=qN+1}^N |X_t - Y_t|)/n; MSE = (\sum_{t=qN+1}^N (X_t - Y_t)^2)/n, \quad (2.2)$$

де n - кількість спостережень у тестовій вибірці, Y_t - прогнозовані значення, а X_t - реальні значення.

5. Побудова прогнозу на основі визначеної моделі.

На основі визначених параметрів прогноз для всіх точок, що більші за t будується як:

$$Y_{t+n} = c + \varphi_1 * Y_{t+h-1} - \dots - \varphi_p * X_{t+h-p} \quad (2.3)$$

Приклад моделювання продажів, що демонструє специфіку розділення наявних історичних даних на тренувальну та тестову вибірки, наведено на рис.

2.3. Окрім безпосередньо тренду прогнозних значень моделювання надає інформацію про довірчий інтервал - це статистичний інструмент, який використовується для оцінки невизначеності навколо прогнозованого значення [44]. Цей інтервал дає можливість оцінити діапазон, у якому фактичні продажі ймовірно знаходитимуться з певною ступенем впевненості, зазвичай 95% або 99%.

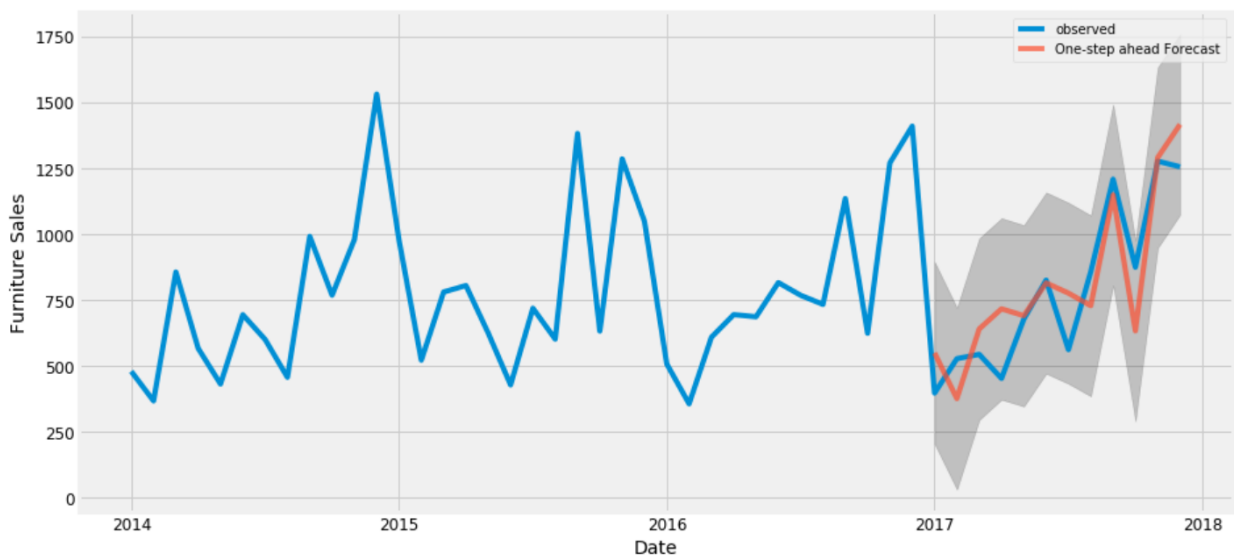


Рис. 2.3. Графічне відображення процесу моделювання прогнозу

2.3 Методи прийняття управлінських рішень в проєкті

Для прийняття обґрунтованих управлінських рішень був виконаний PEST аналіз, що надав комплексний огляд зовнішнього середовища, яке впливає на проєкт.

Використання цього інструмента може суттєво покращити стратегічне планування, дозволяючи управлінській команді передбачати можливі зміни в зовнішньому середовищі та адаптуватися до них ефективніше [45]. Крім того, глибоке розуміння ризиків і можливостей, що випливають з PEST аналізу, значно покращує управління ризиками, оскільки компанія стає більш освіченою щодо потенційних загроз і може розробити стратегії їх мінімізації або уникнення. Деталі експертної оцінки наведені у Додатку А.

Таблиця 2.1.

Зовнішні фактори впливу на проєкт

Політичні	Економічні
<ul style="list-style-type: none"> - Законодавство про захист даних - Торгівельні відносини - Політична стабільність 	<ul style="list-style-type: none"> - Економічні цикли - Курси валют - Інфляція
Соціальні	Технологічні
<ul style="list-style-type: none"> - Зміни споживацьких трендів - Стиль життя та культура 	<ul style="list-style-type: none"> - Інновації у сфері аналітики - Цифровізація торгівлі - Безпека даних

Політичні фактори:

- Законодавство про захист даних: Нові та існуючі закони про захист даних, такі як GDPR у Європі, можуть впливати на збір та обробку історичних даних продажів.

- Торгівельні відносини: Зміни у торговельних відносинах між країнами можуть вплинути на ціни на сировину, вартість транспортування та доступність товарів, що, в свою чергу, вплине на продажі.

- Політична стабільність: Політична стабільність у ключових ринках може впливати на попит та цінову політику.

Економічні фактори:

- Економічні цикли: Рецесії, економічні буми та інші циклічні коливання можуть впливати на загальний попит.

- Курси валют: Коливання курсів валют можуть впливати на вартість імпортованих товарів і ціни для споживачів у різних країнах.

- Інфляція: Інфляція може вплинути на вартість товарів та послуг, а також на купівельну спроможність споживачів.

Соціальні фактори:

- Зміни в споживацьких трендах: Зміна уподобань споживачів, зростання екологічної свідомості або зміни в демографії можуть вплинути на продажі певних товарів.

- Стиль життя та культура: Культурні зміни та зміни у способі життя населення можуть змінювати попит на товари та послуги.

Технологічні фактори:

- Інновації у сфері аналітики даних: Розвиток нових технологій обробки великих даних може покращити точність та швидкість прогнозування.

- Цифровізація торгівлі: Зростання електронної комерції та використання мобільних додатків для покупок можуть змінювати моделі продажів та підходи до прогнозування.

- Безпека даних: Розвиток технологій безпеки є ключовим для захисту історичних даних продажів від несанкціонованого доступу.

Окрім цього, для формування верхньорівневого розуміння робіт, що закладаються в проєкт з точки зору результуючого продукту, була розроблена діаграма Work Breakdown Structure (рис. 2.4) за найбільш значимими компонентами результуючої комплексної інформаційної системи, кожний з яких представляє собою бізнесову цінність у тому числі у якості самостійного елементу.

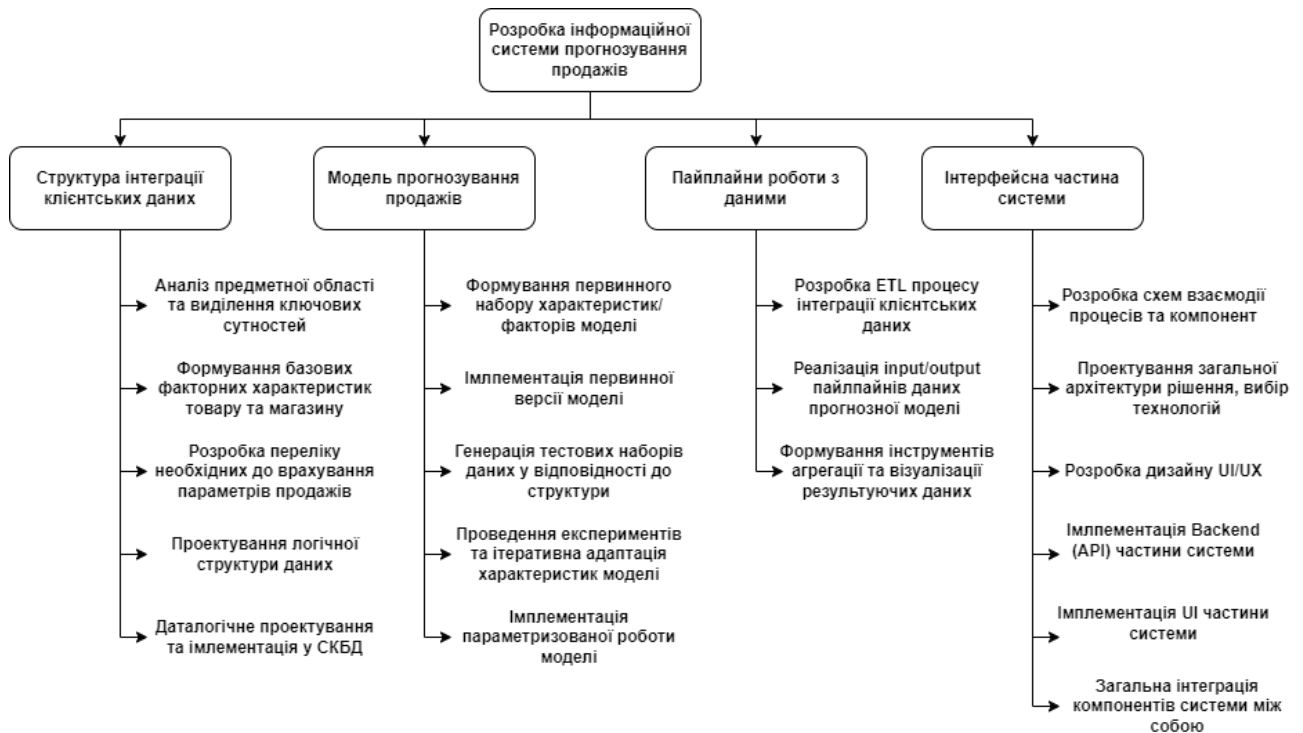


Рис. 2.4. WBS діаграма за функціональними продуктами

В ході декомпозиції робіт було виділено 4 основних блоки:

1. Структура інтеграції клієнтських даних. Цей компонент відповідає за збір та організацію інформації про клієнтів, товари та продажі. Він починається з аналізу бізнес-середовища для визначення ключових сутностей, які повинні бути відображені у системі. Основна мета полягає у створенні структурованої та оптимізованої бази даних, що включає всі критично важливі параметри, необхідні для аналізу продажів. Розробка логічної структури даних передбачає проектування схем, які визначають, як дані будуть зв'язуватися та використовуватися в системі. Після логічного проектування настає даталогічне проектування, що включає визначення таблиць, відношень, індексів та інших технічних аспектів, які реалізуються у конкретній СУБД.

2. Модель прогнозування продажів. Розробка цієї моделі вимагає визначення та відбору відповідних характеристик продажів, які стануть основою для прогнозу. Первинна версія моделі будується на основі цих характеристик і піддається ітераційному процесу тестування та налаштування, щоб забезпечити точність прогнозів. Цей процес включає генерацію тестових наборів даних, що імітують реальні сценарії, і проведення експериментів для

адаптації та поліпшення моделі. В результаті, модель стає здатною автоматично адаптуватися до нових даних і умов через параметризацію, що забезпечує гнучкість і масштабованість.

3. Пайплайни роботи з даними. Ефективна робота з даними вимагає створення пайплайнів, які включають процеси ETL для інтеграції, перетворення та завантаження даних. Це дозволяє систематизувати вхідні та вихідні потоки даних для прогнозної моделі. Важливим аспектом є розробка інструментів для агрегації результатів і візуалізації, які допомагають користувачам інтерпретувати результати аналізу даних та приймати обґрунтовані рішення.

4. Інтерфейсна частина системи. Інтерфейс є вітриною системи, яка забезпечує зручність взаємодії з користувачем. Розробка цього компоненту включає проектування зрозумілих схем взаємодії компонентів, архітектуру рішення та вибір технологій, що забезпечать не тільки ефективність, але й візуальну привабливість та інтуїтивність використання. UI/UX дизайн має на меті створити користувацький досвід, який є приємним і зрозумілим. Backend реалізує логіку обробки даних та взаємодії з фронтендом, а загальна інтеграція гарантує, що всі елементи системи працюють як єдине ціле, безшовно та ефективно.

Використання наведеної схеми WBS спрощує прийняття рішень у проєкті, надаючи чіткий орієнтир щодо структури запланованих робіт. Це забезпечує поглиблене розуміння вимог та процесів, що допомагає у координації зусиль, ефективному управлінні ризиками та гнучкості у внесенні змін [46].

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЄКТУ

3.1. Розробка концептуальної моделі бази даних проєкту

В ході проєктування бази даних інформаційної системи прогнозування попиту роздрібною торгівлі необхідно врахувати особливості предметної області. У роздрібній торгівлі товари продаються в невеликих кількостях в основному у фізичних торгових точках (магазинах). Можна виділити наступні особливості ринку:

- Категоризація товарів. У роздрібній торгівлі представлені різноманітні товари, що необхідно відповідним чином розбивати за ієрархічними категоріями.
- Географічне розташування. Попит на товари може залежати від регіону знаходження магазину, а також від культурних та економічних особливостей місцевого населення.
- Ціноутворення. Ціни на товари можуть впливати на попит і, відповідно, на їх продажі. Важливо враховувати знижки, акції та інші фактори впливу на ціни.
- Конкуренція. Ринок роздрібною торгівлі є дуже конкурентним. Дії конкурентних мереж мають значний вплив на показники попиту.
- Сезонність. Попит на деякі товари може змінюватися протягом року. Наприклад, залежно від сезону або свят.

Таким чином при проєктуванні бази даних варто врахувати наступні компоненти:

- Товари. Зберігати інформації про всі товари, їх категорії та основні характеристики.
- Магазины. Врахувати географічне розташування магазинів, їх типи та особливості.
- Ціни та акції. Зберігати інформацію про ціни, акційні пропозиції, знижки та інші фактори, що можуть вплинути на попит.

- Продажі. Є критично необхідними історичними даними для прогнозування майбутнього попиту. Необхідно зберігати максимальну кількість наявної інформації про транзакції та продажі для врахування усіх факторів.
- Сезонність та свята. Врахувати сезонні зміни та особливості попиту під час свят.
- Конкуренти. Зберігати доступну інформацію про конкурентів, їхні торгові точки, продукти та маркетингові активності.

Основні сутності бази даних, що були послідовно виділені в ході аналізу предметної області та необхідних до врахування факторів впливу на попит відображені у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1.

Основні сутності бази даних інформаційної системи

Сутність	Опис
Товар (Item)	Матеріальний або нематеріальний об'єкт, що реалізується кінцевому споживачу в рамках торгової точки.
Магазин (Store)	Комерційний об'єкт або простір, в якому здійснюється реалізація товарів кінцевим споживачам у невеликих кількостях.
Акція (Promotion)	Тимчасова маркетингова активність або захід, спрямований на стимулювання попиту шляхом спеціальних умов продажу та знижок.
Факт продажу (Sale)	Факт покупки товару кінцевим споживачем.

Для відображення концептуальної моделі бази даних була обрана модель «Сутність-зв'язок», що стала наразі фактичним стандартом в інфологічному моделюванні. Вибір аргументований тим, що цей тип моделей є наглядним, дозволяє проектувати БД з великою кількістю об'єктів та атрибутів, а також реалізований в багатьох системах автоматизованого проектування баз даних.

Така модель складається із сутностей, зв'язків між ними, атрибутів, їх доменів та ключів. Кожен об'єкт предметної області характеризується певними набором атрибутів, що відображає його властивості. Атрибути, у свою чергу, використовуються для визначення того, яка інформація повинна бути зібрана щодо того чи іншого об'єкту.

Результат інфологічного проектування наведений на рис. 3.1 у вигляді спрощеної ER-діаграми. Між наведеними сутностями існує один із можливих зв'язків: один до одного, один до багатьох, багато до одного або багато до багатьох. Опис деяких з них наведений у таблиці 3.2.

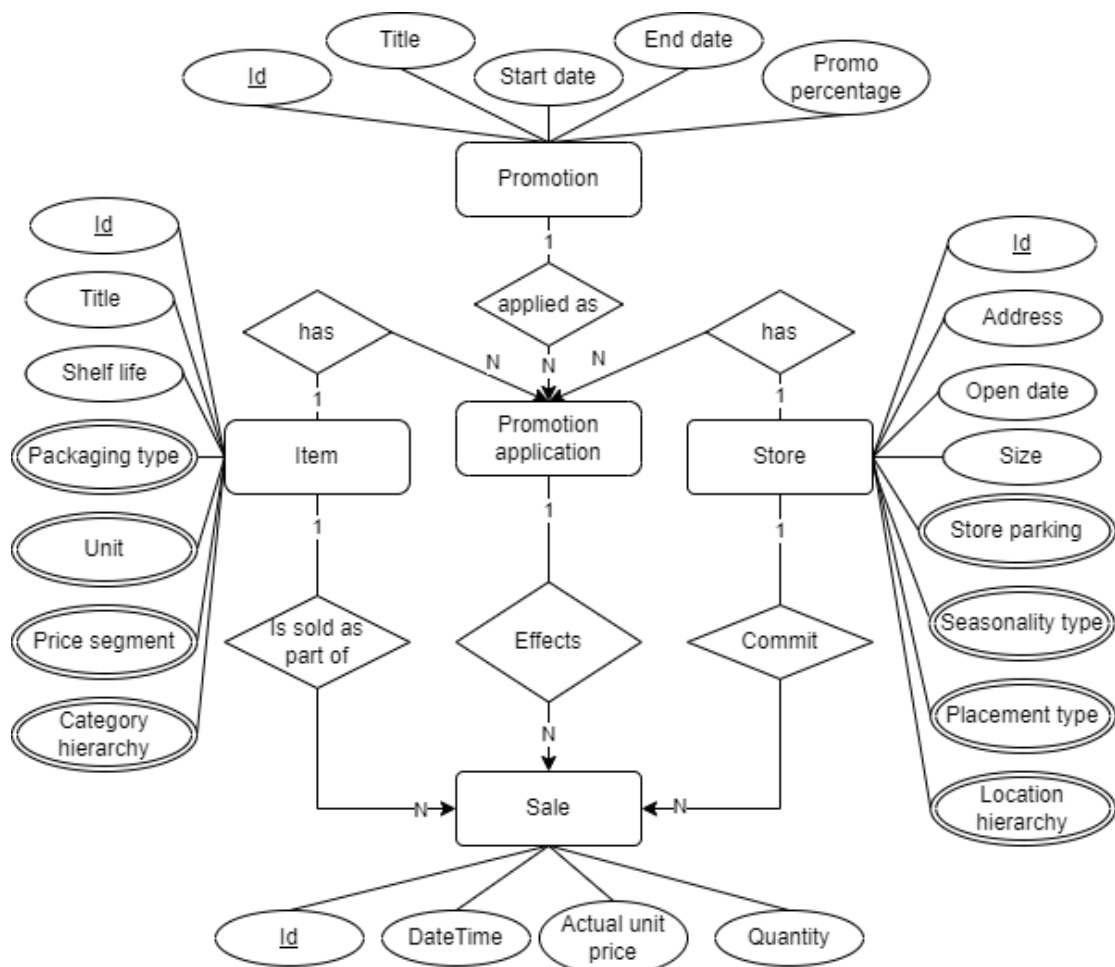


Рис. 3.1. Концептуальна модель бази даних інформаційної системи

Таблиця 3.2.

Опис зв'язків між сутностями

Сутності	Зв'язок	Пояснення
Товар – Факт продажу	1 до N	Товар може бути реалізований N разів.
Магазин – Факт продажу	1 до N	В магазині відбувається N фактів продажу.
Застосована акція – Факт продажу	1 до N	Застосована акція може вплинути на N фактів продажу.
Товар – Застосована акція	1 до N	До товару може бути застосовано N акцій в різних магазинах.
Товар – Застосована акція	1 до N	В рамках магазину може бути застосовано N акцій для різних товарів.
Акція – Застосована акція	1 до N	Конкретна акція (акційна кампанія) може бути реалізована у вигляді N застосованих акцій для різних товарів та магазинів.

Разом із цим деякі атрибути на приведеній ER діаграмі позначені як складні з метою компактності візуалізації. Розгорнутий зміст відносно кожного такого атрибуту приведений у табл. 3.3.

Таблиця 3.3.

Зміст складних атрибутів ER діаграми

Атрибут	Сутність	Зміст
Category hierarchy	Item	Визначає місцезнаходження товару в категоріальній ієрархії товарів. В базовому варіанті товар має 4 рівні ієрархії, де перша – найбільш загальна, а остання – найбільш конкретна: Галузева категорія, Категорія, Підкатегорія, Сегмент.
Location hierarchy	Store	Визначає місцезнаходження товару в локаційній ієрархії товарів. В базовому варіанті магазин має 2 рівня – місто та район. Де кожний з цих двох рівнів ієрархії містить додаткові макроекономічні властивості.
Store parking	Store	Визначає наявність паркінгу магазину та його місткість.

3.2 Побудова логічної моделі бази даних проєкту

На етапі логічного проєктування була створення схема бази даних на основі реляційної моделі шляхом виконання наступних кроків: перетворення концептуальної моделі у логічну модель даних, аналіз отриманої моделі на функціональну повноту, уточнення обмежень цілісності бази даних та графічного подання логічної моделі у вигляді її атрибутів, обраних первинних та зовнішнім ключів та зв'язків між таблицями (Рис. 3.2).

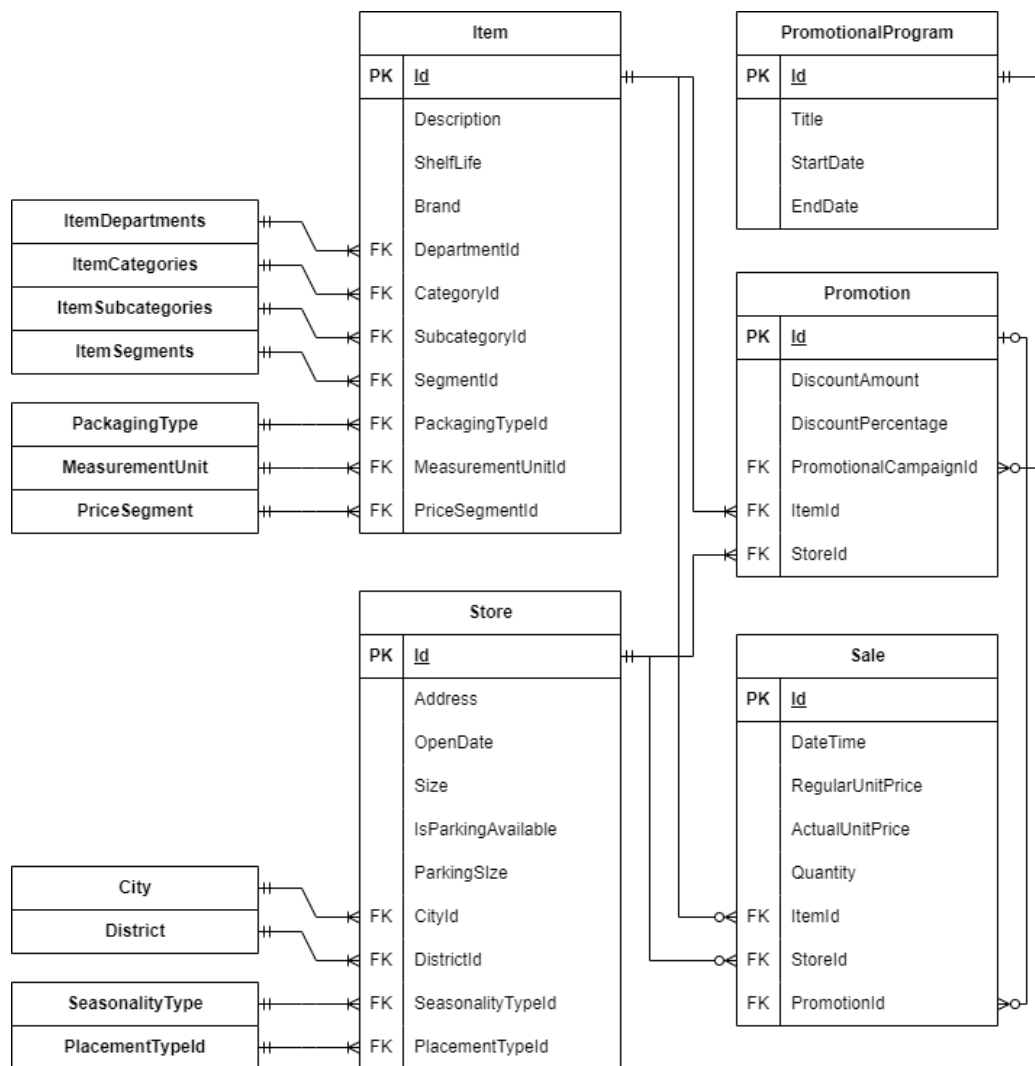


Рис. 3.2. Логічна модель бази даних інформаційної системи

Основні сутності та їх зв'язки були реалізовані згідно сформованої на інфологічному етапі схеми. Разом із тим складні атрибути у деяких випадках трансформувалися у одну пласку модель з більшою кількістю властивостей, а деякі – у ієрархічну структуру таблиць.

3.3 Опис структури програмного забезпечення

Для формування коректної архітектури інформаційної системи прогнозування попиту, необхідно визначити кроки бізнес-процесу, що є значущими з точки зору компонентів системи:

1. Збір історичних даних та супутньої інформації. Це включає збір даних про товари, магазини, продажі, ціни, акції та інші ринкові фактори. Дані можуть бути зібрані з систем управління відносинами з клієнтами (CRM), систем планування ресурсів підприємства (ERP) тощо.
2. Очищення та підготовка даних. Дані мають бути структуровані, провалідовані та очищені від шуму та помилок. Це може включати видалення або виправлення некоректних значень, заповнення пропущених значень та обробку викидів.
3. Створення моделі прогнозування. Використовуючи цільові алгоритми, створюється модель прогнозування. Це може включати регресійні моделі, часові ряди, дерева рішень, випадковий ліс, градієнтний бустінг, нейронні мережі тощо.
4. Тренування та тестування моделі. Модель тренується на основі історичних даних, а потім тестується, щоб перевірити її точність та надійність.
5. Використання моделі для прогнозування. Отримана модель використовується для створення прогнозів попиту на майбутні продажі.
6. Візуалізація та звітність: Результати прогнозування відображаються у вигляді звітів та графіків, що допомагають керівництву підприємства приймати обґрунтовані рішення.

Базуючись на описаному бізнес процесі була розроблена схема потоків інформаційної системи, що в подальшому буде конвертована в логічні та фізичні компоненти системи (рис. 3.3).

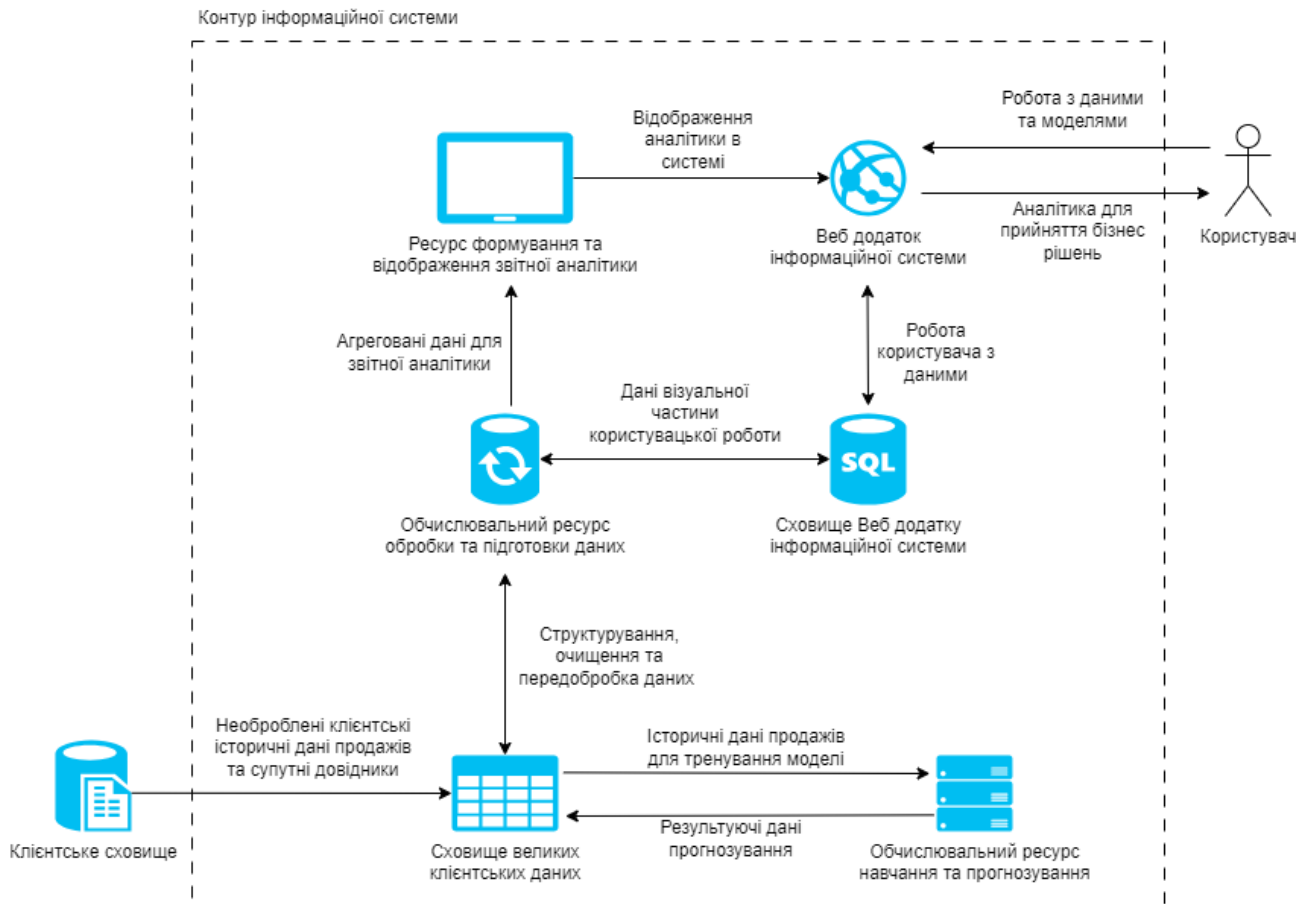


Рис. 3.3. Схема потоків інформаційної системи

Таким чином процес потоку інформації виглядає наступним чином:

1. На вхід до контуру інформаційної системи надходять необроблені клієнтські історичні дані продажів. Окрім цього йде завантаження супутніх довідників, що можуть мати інформацію про додаткові фактори впливу на прогнозні значення (конкуренти, макроекономічні показники тощо).
2. Дані у сирому вигляді завантажуються в сховище великих клієнтських даних, що є точкою входу в контур системи.
3. Після успішної інтеграції дані передаються у обчислювальний ресурс обробки та підготовки даних, що виконує процеси структурування, очищення та передобробки даних для більш ефективного використання та зберігання в рамках подальших процесів системи. Оброблені дані повертаються в сховище великих даних.

4. Частина даних, що приймає участь у візуальній частині користувацької обробки (тобто має відображення безпосередньо в інтерфейсі інформаційної системи), транслюється в базу даних веб-частини системи. Ця ж база даних обслуговує допоміжні процеси системи (управління користувачами, профілем тощо), що не є частиною основного бізнес-процесу.
5. Через веб додаток користувач оперує даними на етапі підготовки набору даних для навчання, з подальшою передачею змін до сховища великих даних.
6. Під час процесів тренування та прогнозування історичні дані продажів та супутні фактори передаються в обчислювальний блок тренування та прогнозування для навчання моделі. Після успішного тренування моделі, ресурс проводить прогнозування та повертає результуючі дані в сховище.
7. Після проведеного прогнозування дані завантажуються в ресурс відображення та формування звітної аналітики. Сформовані звіти користувач може переглядати через веб-частину системи та приймати необхідні бізнес-рішення.

Результуюча схема потоків була трансльована на набір фізичних інфраструктурних компонентів (рис. 3.4). У якості цільової платформи розгортання був обраний Azure, адже є хмарним провайдером з необхідним набором інструментів, технологій та ресурсів виходячи з поставлених задач:

1. Аналітичні та машинно-навчальні можливості: Azure забезпечує доступ до інтегрованих аналітичних сервісів, таких як Azure Synapse Analytics, які дозволяють обробляти великі об'єми даних. Також Azure Machine Learning підтримує розробку та впровадження моделей прогнозування, що є ключовим для точних та ефективних прогнозів продажів.

2. Масштабованість та гнучкість: Платформа дозволяє легко адаптувати використання ресурсів до потреб системи, забезпечуючи необхідну масштабованість під час пікових навантажень або в періоди зниження активності.

3. Інтеграція з Microsoft екосистемою: Легка інтеграція з іншими продуктами Microsoft, такими як Office 365 і Power BI, дозволяє створювати комплексні бізнес-рішення та використовувати існуючі інструменти для додаткової аналітики та звітності.

4. Надійність та безпека: Azure пропонує передові можливості захисту даних і додатків, забезпечуючи безпеку корпоративної інформації та відповідність вимогам регуляторів.

5. Висока доступність та стратегії відновлення: Системи на Azure користуються високим рівнем доступності та ефективними засобами відновлення після збоїв, що є критично важливим для бізнесу, залежного від постійного доступу до даних для прогнозування продажів.

Ці переваги роблять Azure оптимальним вибором для систем, що вимагають надійного, безпечного та масштабованого хмарного рішення з великим потенціалом інтеграції та аналітики.

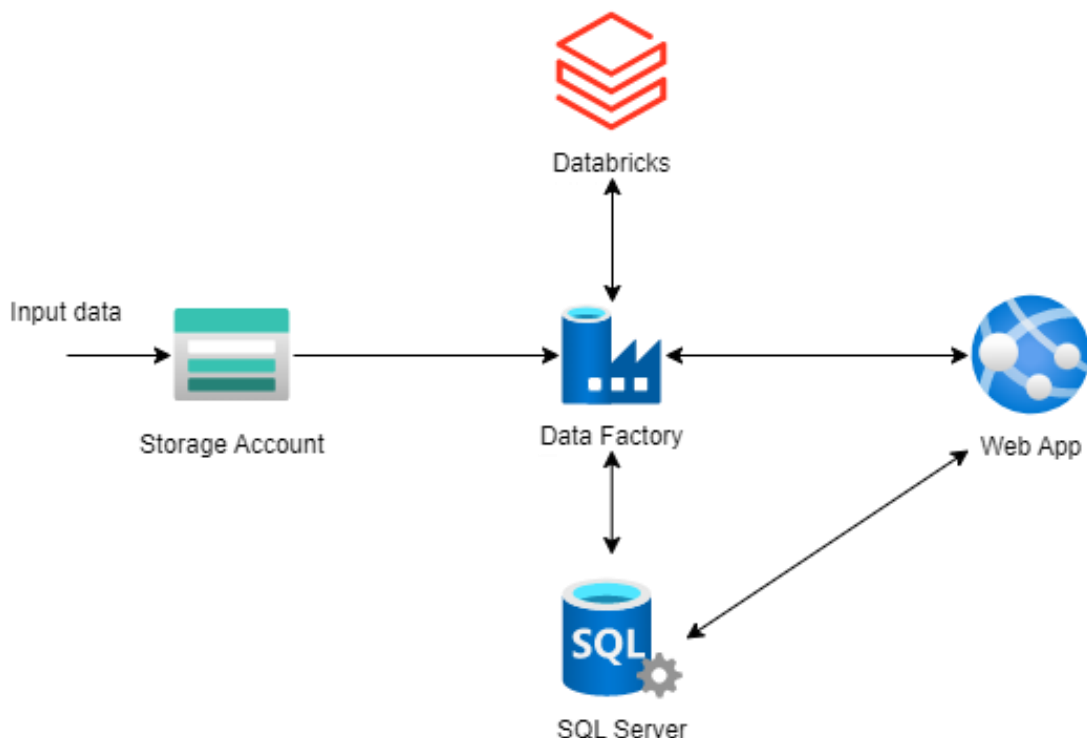


Рис. 3.4. Схема хмарних компонентів інформаційної системи

В рамках визначених ресурсів структура роботи системи виглядає наступним чином:

1. Клієнтські сирі дані імпортуються в Azure Storage Account, що є початковою точкою входу даних у контур системи.
2. За рахунок Azure Data Factory реалізуються основні ETL процеси по валідації, обробці та завантаженню даних.
3. Azure SQL Server є основним сховищем даних системи.
4. На базі Azure Databricks кластерів виконуються процеси створення та тренування моделі, а також її використання для цілей прогнозування.
5. Користувач взаємодіє з системою у вигляді веб-додатку на базі Azure Web App. Dodatok є інструментом управління моделями, а також основним інтерфейсом для відображення та опрацювання отриманих прогнозних значень. Для цього Web App взаємодія з пайплайнами Data Factory, що викликають відповідні процеси на Databricks.

3.4 Алгоритм прогнозування продажів на основі моделі ARIMA

Прогнозування – це наука про оцінку майбутнього рівня певних змінних. Це може бути попит, пропозиція, ціна тощо. Це процес формування припущень щодо майбутніх значень досліджуваних змінних. Продажі можна інтерпретувати як часовий ряд - не що інше, як спостереження відповідно до хронологічного порядку часу. Моделі прогнозування часових рядів використовують математичні методи, які базуються на історичних даних. Вони засновані на гіпотезі, що майбутнє є розширенням минулого.

У якості цільової моделі для прогнозування попиту інформаційної системи була обрана модель авторегресії ковзного середнього ARIMA, що призначена для аналізу стаціонарних часових рядів на основі оцінки лінійної залежності прогнозних значень від історичних [47].

Модель задається трьома послідовними параметрами (p, d, q) , де:

- p – Порядок авторегресії. Відповідає на питання – Чи буде елемент ряду близький до значення X , якщо до нього були близькі попередні p значень.
- d – Порядок диференціювання. Показує, наскільки елемент ряду близький по значенню до d попередніх значень, якщо різниця між ними мінімальна.

- q – Порядок ковзного середнього. Дозволяє встановити похибку моделі як лінійної комбінації помилок, що спостерігалися раніше.

Далі наданий покроковий алгоритм налаштування та перевірки моделі, що в рамках інформаційної системи буде імплементований та автоматизований у якості Azure Databricks пайплайнів. В ході описаного процесу за основу були взяті симуляційні дані роздрібних продаж.

Першим етапом є знаходження порядку диференціювання d . Метою диференціювання є стаціонарність часового ряду. Важливим є визначення коректного та мінімально необхідного значення диференціювання для отримання майже стаціонарного ряду, який знаходиться навколо визначеного середнього значення, і графік автокореляційної функції швидко досягає нуля. Оскільки диференціювання необхідне лише для нестационарного ряду, спершу перевіряємо стаціонарність ряду з використанням тесту Фуллера. В нашому випадку значення тесту більше рівня значущості, а отже необхідне диференціювання (рис. 3.5).

```
from statsmodels.tsa.stattools import adfuller
from numpy import log
result = adfuller(df.value.dropna())
print('ADF Statistic: %f' % result[0])
print('p-value: %f' % result[1])
```

```
ADF Statistic: 3.145186
p-value: 1.000000
```

Рис. 3.5. Визначення стаціонарності ряду на основі тесту Фуллера

Аналізуючи графіки автокореляції бачимо, що повністю стаціонарним ряд стає на другому рівні диференціювання (рис. 3.6), а отже визначаємо $d=1$.

```

# 1st Differencing
axes[1, 0].plot(df.value.diff()); axes[1, 0].set_title('1st Order Differencing')
plot_acf(df.value.diff().dropna(), ax=axes[1, 1])

# 2nd Differencing
axes[2, 0].plot(df.value.diff().diff()); axes[2, 0].set_title('2nd Order Differencing')
plot_acf(df.value.diff().diff().dropna(), ax=axes[2, 1])

plt.show()

```

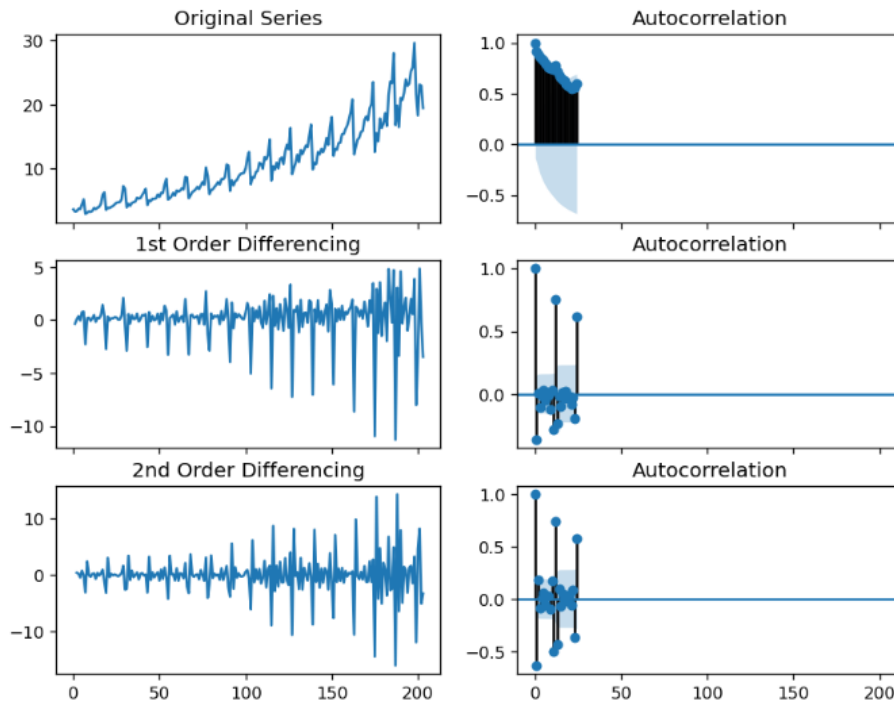


Рис. 3.6. Визначення порядку диференціації

Наступним кроком є визначення необхідності членів авторегресії та їх кількості з використанням графіку часткової автокореляції. Компонент відповідає за використання минулих значень у рівнянні регресії для часового ряду. В ньому значення Y_t залежить виключно від власних лагів та визначається рівнянням (3.1). Тут зазначене p відповідає за кількість лагів Y_t , що використовуються для обрахування значення.

$$Y_t = \alpha + \beta_1 Y_{t-1} + \beta_2 Y_{t-2} + \dots + \beta_p Y_{t-p} + \epsilon_t \quad (3.1)$$

Часткову автокореляцію можна описати як кореляцію між рядом та його лагом після виключення внесків від проміжних лагів. Будь-яка автокореляція в стаціонарних рядах може бути виправлена шляхом додавання достатньої кількості членів авторегресії. Тобто порядок авторегресії визначаємо рівним кількості лагів, що перетинають межу значущості. З графіку (рис. 3.7) видно,

що перший лаг є досить значним та вище рівня значущості, таким чином фіксуємо $p=1$.

```
fig, axes = plt.subplots(1, 2, sharex=True)
axes[0].plot(df.value.diff()); axes[0].set_title('1st Differencing')
axes[1].set_ylim=(0,5)
plot_pacf(df.value.diff().dropna(), ax=axes[1])

plt.show()
```

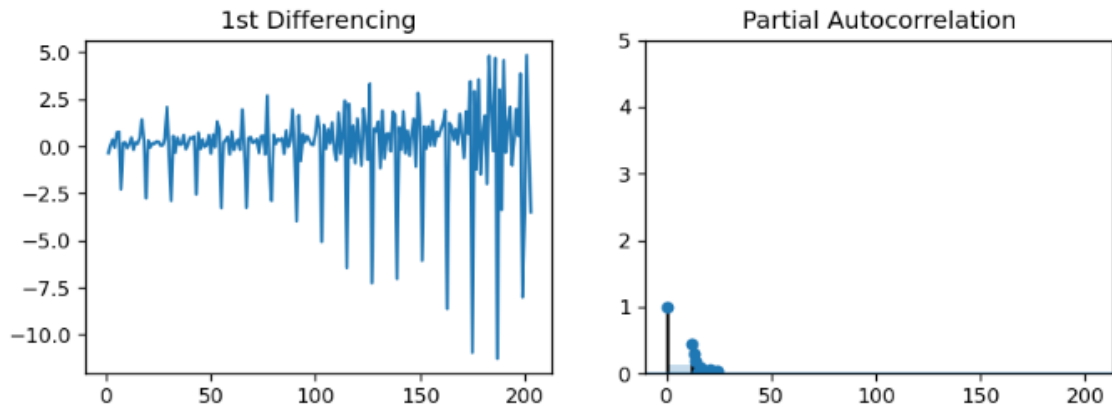


Рис. 3.7. Визначення порядку авторегресії

У свою чергу ковзні середні технічно є лаговими помилками прогнозу, де Y_t залежить лише від лагових помилок та визначається рівнянням (3.2). Тут зазначене q визначає кількість лагових помилок, що використовуються в рамках моделі.

$$Y_t = \alpha + \epsilon_t + \varphi_1 \epsilon_{t-1} + \varphi_2 \epsilon_{t-2} + \dots + \varphi_q \epsilon_{t-q} \quad (3.2)$$

При цьому зазначені лагові помилки прогнозування для t та $t-1$ визначаються як помилки авторегресійної моделі відповідних лагів (3.3, 3.4).

$$Y_t = \beta_1 Y_{t-1} + \beta_2 Y_{t-2} + \dots + \beta_0 Y_0 + \epsilon_t \quad (3.3)$$

$$Y_{t-1} = \beta_1 Y_{t-2} + \beta_2 Y_{t-3} + \dots + \beta_0 Y_0 + \epsilon_{t-1} \quad (3.4)$$

Графік автокореляції (рис. 3.8) допомагає визначити скільки членів ковзних середніх необхідно для вилучення автокореляції у стаціонарних рядах. З графіку видно, що кілька лагів знаходяться значно вище рівня значущості. Таким чином на цьому етапі можна зафіксувати $q=2$.

```
fig, axes = plt.subplots(1, 2, sharex=True)
axes[0].plot(df.value.diff()); axes[0].set_title('1st Differencing')
axes[1].set_ylim=(0,1.2)
plot_acf(df.value.diff().dropna(), ax=axes[1])

plt.show()
```

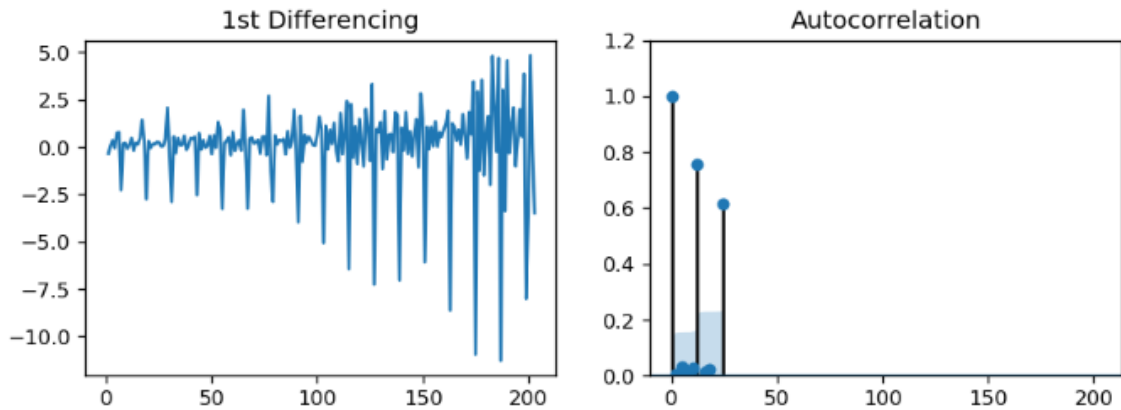


Рис. 3.8. Визначення порядку ковзних середніх

Після визначення характеристик, будемо першу $(1, 1, 2)$ версію моделі на основі історичних даних та отримати характеристики складових членів (рис. 3.9).

Можна бачити, що коефіцієнт другого члену ковзного середнього є близьким до нуля, а p -значення є дуже незначущим. Перебудуємо модель без другого члену ковзного середнього та порівнявши фактичні значення зі значеннями натренованої моделі можна бачити, що вона успішно визначає наступне значення на основі попередніх (рис. 3.10).

```
from statsmodels.tsa.arima_model import ARIMA

# 1,1,2 ARIMA Model
model = ARIMA(df.value, order=(1,1,2))
model_fit = model.fit(dis=0)
print(model_fit.summary())
```

```
ARIMA Model Results
=====
Dep. Variable:          D.value      No. Observations:      203
Model:                 ARIMA(1, 1, 2)  Log Likelihood         -417.781
Method:                css-mle       S.D. of innovations    1.889
Date:                  Fri, 23 Oct 2020  AIC                      845.561
Time:                  14:26:27      BIC                      862.127
Sample:                1              HQIC                     852.263
=====
                    coef    std err          z      P>|z|    [0.025    0.975]
-----
const              0.0964    0.017      5.655    0.000     0.063     0.130
ar.L1.D.value      0.4019    0.173     2.319    0.020     0.062     0.742
ma.L1.D.value     -1.0114    0.178    -5.676    0.000    -1.361    -0.662
ma.L2.D.value      0.0840    0.157     0.536    0.592    -0.223     0.391
```

Рис. 3.9. Статистичні показники $ARIMA(1,1,2)$ моделі

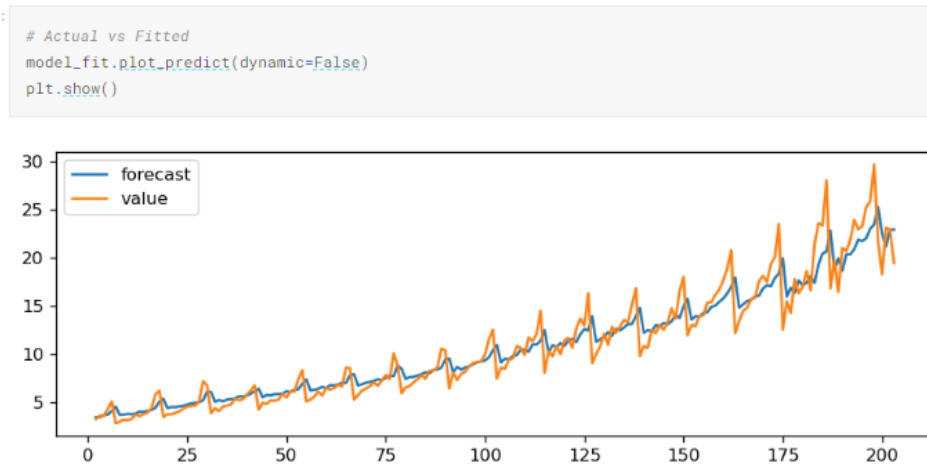


Рис. 3.10. Результати тренування $ARIMA(1,1,1)$ моделі

Останнім кроком є перевірка можливості моделі прогнозувати майбутні значення за рахунок крос-валідації. Для цього був створений набір даних для навчання та тестування, шляхом поділу часового ряду на 2 суміжні частини. На першому з них модель була натренована, другий був тим, що необхідно прогнозувати. Версія $(1,1,1)$ моделі надає коректний прогноз, проте прогнозовані значення константно нижче за фактичні. Збільшивши рівень диференціації до двох та ітеративно збільшуючи значення p та q в результаті отримуємо фінальну оптимальну модель з достатніми на поточному етапі показниками точності (рис. 3.11).

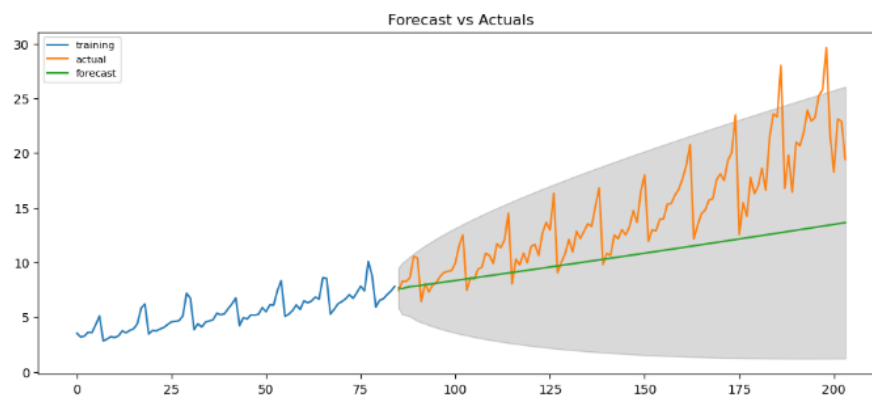


Рис. 3.11. Результати прогнозування фінальної версії моделі

Отримана модель може бути використана для прогнозування продажів на основі наявних історичних даних. За рахунок можливостей існуючих бібліотек, процес підбору параметрів, тренування та оптимізації в розрізі кожного конкретного набору даних може бути автоматизований та впроваджений у відповідний модель прогнозування цільової інформаційної системи.

3.5 Розробка програмного забезпечення реалізації ІТ проєкту

3.5.1 Опис персон кінцевих користувачів системи

Для кожної з наявних системних ролей були попередньо розроблені відповідні портрети персон для кращого розуміння специфіки кінцевих користувачів системи та їх потреб:

Планер: Спеціаліст відділу планування, що відповідає за налаштування процесу прогнозування та отримання необхідних бізнесових висновків на виході.

Базовий портрет персони:

- Працює аналітиком даних у роздрібній компанії.
- 30 років, має ступінь магістра з Data Science.
- Вправно володіє мовами SQL, R і Python для аналізу даних та має значний досвід в статистиці.
- Займається перетворенням необроблених даних на значущі ідеї, які керують бізнес-стратегією.
- Пройшов сертифікацію з аналізу даних і машинного навчання.

Навіщо використовувати продукт? Оптимізувати процес підготовки та аналізу даних. Підвищити точність і релевантність моделей прогнозування.

Основна проблема для вирішення: Автоматизація процесу очищення даних для підвищення ефективності та надійності даних, що використовуються в моделях прогнозування.

Очікувані переваги: Забезпечити компанію точними прогнозами, які інформують про управління запасами та стратегії продажів. Впливати на стратегічні рішення за допомогою надійних даних.

Аналітик даних: Людина, що відповідальна за процеси інтеграції та підготовки даних, що будуть використані для навчання моделей прогнозування.

Базовий портрет персони:

- Працює планувальником у компанії споживчих товарів.

- 28 років, ступінь бакалавра з управління ланцюгами поставок.
- Має досвід у сфері логістики та планування запасів, приділяючи значну увагу плануванню та прогнозуванню попиту.
- Володіє навичками використання програмного забезпечення для планування, здатністю аналізувати ринкові тенденції та дані про продажі.
- Відвідує семінари з оптимізації ланцюга постачання та є активним учасником професійних логістичних мереж.

Навіщо використовувати продукт? Отримати більш точну та оперативну систему планування попиту. Інтегрувати ринкові дані в реальному часі для більш динамічного управління запасами.

Основна проблема для вирішення: Зменшення випадків дефіциту та надмірних запасів шляхом підвищення точності прогнозування попиту.

Очікувані переваги: Оптимізувати ланцюжок поставок для економічної ефективності. Підтримати цілі компанії щодо рівня обслуговування за рахунок покращення доступності продуктів.

Адміністратор: Технічний спеціаліст, що відповідає за управління користувачами, безпеку та забезпечення коректного функціонування системи.

Базовий портрет персони:

- Обіймає посаду системного адміністратора в міжнародній виробничій компанії.
- 32 роки, ступінь бакалавра з кібербезпеки.
- Має досвід IT-підтримки та спеціалізується на системному адмініструванні протягом останніх років.
- Володіє навичками управління серверною інфраструктурою, забезпечення дотримання політик IT-безпеки та обслуговування систем баз даних.
- Володіє високою аналітичністю та здатністю вирішувати проблеми, часто в курсі останніх тенденцій у сфері технологій та кібербезпеки.

Навіщо використовувати продукт? Для підтримки високопродуктивного та безпечного IT-середовища, що забезпечує систему прогнозування попиту.

Основна проблема для вирішення: Балансування доступності для користувачів із суворими заходами безпеки для захисту конфіденційних даних прогнозування.

Очікувані переваги: Для забезпечення безвідмовної роботи та надійності системи, що дозволяє безперебійно прогнозувати та планувати. Для захисту даних компанії від кіберзагроз, одночасно сприяючи ефективній роботі системи.

3.5.2 Формування User Stories інформаційної системи

Основи функціональних вимог були сформовані шляхом побудови User Stories для основних ролей результуючої інформаційної системи. Кожна зі сформованих US має на меті визначити та структурувати потреби користувачів в залежності від їх ролі в рамках попередньо сформованого бізнес процесу.

Користувацька роль - Аналітик Даних:

1. Як аналітик даних, я хочу ініціювати інкрементальне завантаження історичних даних, щоб забезпечити актуальність інформації для аналізу.
2. Як аналітик даних, я хочу переглядати агрегатні дані, щоб виявляти та аналізувати можливі аномалії.
3. Як аналітик даних, я хочу відкоригувати автоматичне згладження системи, щоб точніше відображати реальні тренди даних.
4. Як аналітик даних, я хочу вносити зміни в ознаку аномалії окремих продажів, щоб підвищити релевантність даних для тренування.
5. Як аналітик даних, я хочу вивантажити із системи файл з поточними сформованими значеннями чи ознаками, щоб ефективно аналізувати великий набір даних.
6. Як аналітик даних, я хочу завантажити в систему відредагований файл зі значеннями та ознаками, щоб ефективно оновити великий набір даних без залучення ручний інтерфейсних інструментів.

7. Як аналітик даних, я хочу вивантажити із системи порожній шаблон файлу зі значеннями та ознаками, щоб мати можливість інтегрувати дані з інших джерел для подальшого завантаження відредагованого файлу в систему без необхідності самостійного формування валідного за структурою файлу.

8. Як аналітик даних, я хочу підтвердити адаптовані набори історичних даних після обробки, щоб вони були використані при подальшому тренуванні моделі.

Користувацька роль - Планувальник Попиту:

1. Як планувальник попиту, я хочу визначити параметри планування: горизонт планування, діапазон історичних даних для навчання, щоб створити оптимальний прогноз.

2. Як планувальник попиту, я хочу ініціювати навчання моделі на підготовлених даних, щоб використати її для прогнозування.

3. Як планувальник попиту, я хочу перед запуском навчання вибрати бажані моделі прогнозування, щоб забезпечити гнучкість у плануванні.

4. Як планувальник попиту, я хочу запустити прогнозування на майбутній період з використанням навчених моделей, щоб отримати прогнозні значення та відповідну аналітику щодо них.

5. Як планувальник попиту, я хочу мати загальний аналітичний звіт по прогнозним значенням, щоб використати цю інформацію для прийняття бізнес-рішень з планування.

6. Як планувальник попиту, я хочу мати загальний аналітичний звіт по факторам

впливу на прогнозні значення, щоб використати цю інформацію для прийняття бізнес-рішень з маркетингових активностей.

7. Як планувальник попиту, я хочу агрегувати результати за продуктовою та клієнтською ієрархіями, щоб краще розуміти ринкові тенденції.

8. Як планувальник попиту, я хочу скасовувати невдалі процеси планування, щоб оптимізувати ресурси.

Користувацька роль – Адміністратор системи:

1. Як адміністратор, я хочу створювати облікові записи користувачів, щоб управляти доступом до системи.
2. Як адміністратор, я хочу надавати ролі користувачам, щоб диференціювати рівні доступу в системі.
3. Як адміністратор, я хочу редагувати та видаляти користувацькі облікові записи, щоб підтримувати актуальність бази даних користувачів.
4. Як адміністратор, я хочу відстежувати критичну для системи та ресурсів активність користувачів, щоб забезпечити безпеку і ефективність роботи системи.
5. Як адміністратор, я хочу автоматизовано оновлювати систему та її компоненти, щоб підтримувати її актуальність та ефективність.

Незалежно від ролі:

1. Як користувач системи, я хочу редагувати власні налаштування системи (тему, мову, часову зону, одиницю виміру), щоб мати комфортний для роботи інтерфейс системи.
2. Як користувач системи, я хочу редагувати фото та контактні дані свого профілю, щоб підтримувати актуальну інформацію для колег.

3.5.2 Побудова структури функціональних вимог

Сформовані User Stories надали змогу створити вичерпний перелік функцій результуючої інформаційної системи, орієнтований на задоволення потреб користувачів:

1. Реєстрація користувачів і управління обліковими записами:
 - Створення облікових записів користувачів.
 - Редагування та видалення облікових записів.
2. Персоналізація користувача:
 - Вибір теми, мови, часової зони, одиниць виміру.
 - Внесення змін до фото профілю та контактних даних.
3. Інтеграція та підготовка даних:

- Завантаження історичних та супутніх даних.
- Автоматизоване згладжування даних та корекція аномалій.
- Можливість редагування даних через інтерфейс або завантаження файлів.

4. Навчання та використання моделей прогнозування:

- Визначення параметрів прогнозування (горизонт планування, діапазон історичних даних, глибина прогнозування).
- Вибір серед різних моделей прогнозування.
- Навчання моделей на сформованих даних.
- Запуск прогнозування на майбутній визначений період.

5. Підготовка звітів та аналітики:

- Отримання детальної інформації про прогнозні значення.
- Аналіз об'ємів продажів в розрізі товарів та магазинів.
- Оцінка факторів, що впливають на прогноз.

6. Адміністрування та безпека системи:

- Управління доступом та ролями користувачів.
- Механізми автентифікації та авторизації.
- Логування та моніторинг.

З метою структурування сформованих вимог була побудована ієрархічна модель функціоналу ПЗ пропонованого проєкту створення інформаційної системи (рис. 3.12).

Ієрархічна модель функціоналу програмного забезпечення дозволить досягти кращої організації та управління процесом розробки. Це сприяє чіткому розмежуванню функцій і відповідальностей в рамках системи, поліпшує зрозумілість структури ПЗ і спрощує інтеграцію та масштабування компонентів. Також модель сприяє модульності, що дозволяє легше вносити зміни та оновлення в систему без впливу на інші компоненти.

Ієрархічна структура розбита на дві основні підсистеми:

- Користувачі та безпека. Відповідає за управління користувачами, персоналізацію системи та безпекові аспекти (в тому числі рольовий доступ, моніторинг та авторизація).
- Дані та прогнозування. Підсистема, що покриває основний бізнес-процес та включає в себе роботу з даними, адміністрування моделей прогнозування та аналітику.

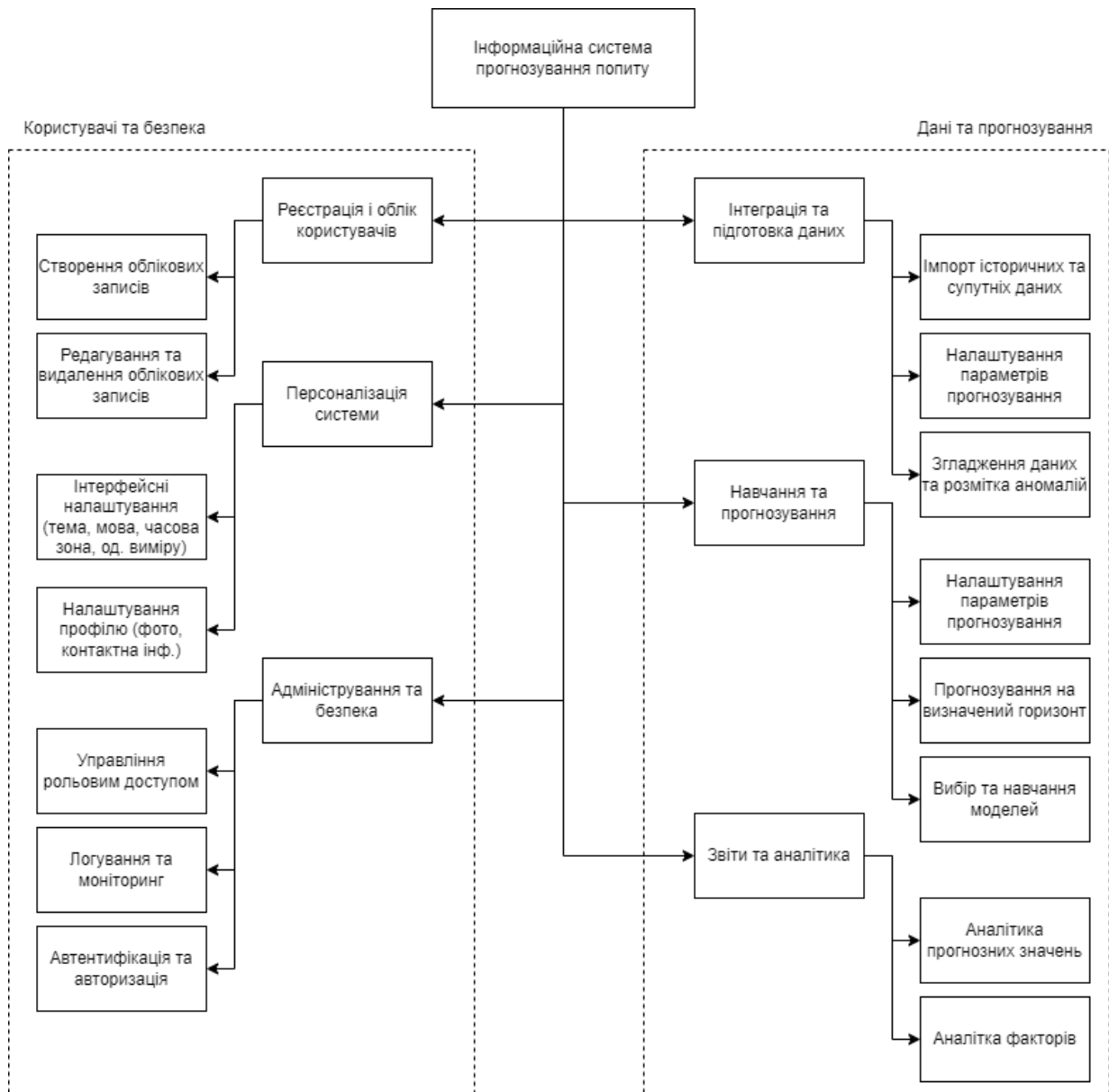


Рис. 3.12. Ієрархічна модель функціоналу інформаційної системи

3.5.3 Вибір та особливості застосування технологій розробки веб частини системи

Після формування функціональних вимог та проєктування архітектури, наступним питанням до вирішення стає вибір технологій розробки. Це питання особливо гостро стоїть у сфері технологій для веб-розробки, адже нині це є одним з тих напрямків, що мають найбільш активні темпи розвитку. Виходячи з того, що на будь-якому ринку попит породжує пропозицію, зараз існує велика кількість опцій навіть у рамках сфери однієї мови програмування чи платформи.

Вимоги до технології згідно з поставленою задачею:

1. Широкі можливості щодо створення зручного та інтерактивного користувацького інтерфейсу.
2. Ефективна інтеграція з хмарною платформою Microsoft Azure та відповідними сервісами як основними інструментами хостингу, розпізнавання та забезпечення фрагментів безсерверного функціонування.
3. Низький рівень вимог щодо потужностей клієнтських машин для комфортного використання додатків.

Виходячи із необхідністю ефективної інтеграції з Azure перевага надається платформі .NET і тих інструментах, що вона пропонує для створення сучасних та інтерактивних веб-додатків [48]. Наразі основним інструментом є ASP.NET Core та, відповідно, основні його варіації: MVC, Razor Pages та Blazor. Проаналізувавши можливості технологій щодо створення інтерактивного та сучасного інтерфейсу без необхідності у широкому використанні JavaScript, а також ряду інших можливостей, що будуть описані далі, перевага була надана саме фреймворку Blazor.

Вибір варіації платформи Blazor.

Blazor являє собою технологію створення веб-додатків з інтерактивним користувацьким інтерфейсом, які можуть працювати як на стороні серверу, так і на стороні клієнта. При цьому при визначенні коду, у тому числі на

клієнтській стороні, використовується C# замість JavaScript. Це у свою чергу надає можливість використовувати потужності платформи .NET на усіх етапах розробки, починаючи з серверної частини і закінчуючи клієнтською [49].

Наразі Blazor розділений на дві повноцінні підсистеми:

1. Blazor Server, що дозволяє створювати веб-додатки, які відпрацьовують на стороні серверу;

2. Blazor WebAssembly для створення додатків клієнтської сторони, що запускаються безпосередньо у браузері користувача.

Таким чином, після вибору серед .NET фреймворків, необхідно зробити вибір бажаної платформи Blazor, яка найкращим чином відповідає вимогам.

Blazor WebAssembly має можливість виконуватися безпосередньо у браузері клієнта так, як це роблять JavaScript фреймворки, такі як React, Vue чи Angular. Це стає можливим завдяки використанню нового відкритого стандарту – WebAssembly (WASM). Ця технологія була представлена міжнародним консорціумом W3C та розробниками від Mozilla, Microsoft, Google та Apple. Вона являє собою набір інструкцій для стекової віртуальної машини, що можуть бути цілком компіляції для високорівневих мов програмування, серед яких є і C#. Код WebAssembly має доступ до повної функціональності браузера через JavaScript завдяки JavaScript Interoperability. У свою чергу код .NET, що виконується через інструкції WASM, запускається у ізольованому програмному середовищі браузера. При побудові та запуску додатку Blazor WebAssembly, файли з кодом C# та Razor компілюються у збірки .NET. Після чого скрипт завантажує середовище виконання та збірки до клієнтського браузера. Таким чином додаток фактично відпрацьовує на стороні клієнта.

Blazor Server у свою чергу відпрацьовує на стороні серверу. Оновлення елементів користувацького інтерфейсу та обробка подій виконується шляхом взаємодії клієнта та сервера через SignalR (рис. 3.13). Тобто коли користувач взаємодіє з додатком у браузері, викликаючи події користувацького інтерфейсу, то клієнтська сторона відправляє інформацію про подію, сервер її опрацьовує

та відправляє клієнту у відповідь інструкції щодо того, як необхідно оновити елементи інтерфейсу.

Розглянувши основні принципи роботи обох підсистем, варто згадати про вимогу, що система не повинна мати великих вимог щодо машин користувача. Blazor WebAssembly, незважаючи на переваги у вигляді швидкодії та можливості функціонування без підключення до мережу, потребує підтримку браузером користувача технології WebAssembly, а також певних потужностей комп'ютера, адже додаток відпрацьовує на стороні клієнта. Виходячи із цього вибір був зроблений на користь саме Blazor Server варіанту.

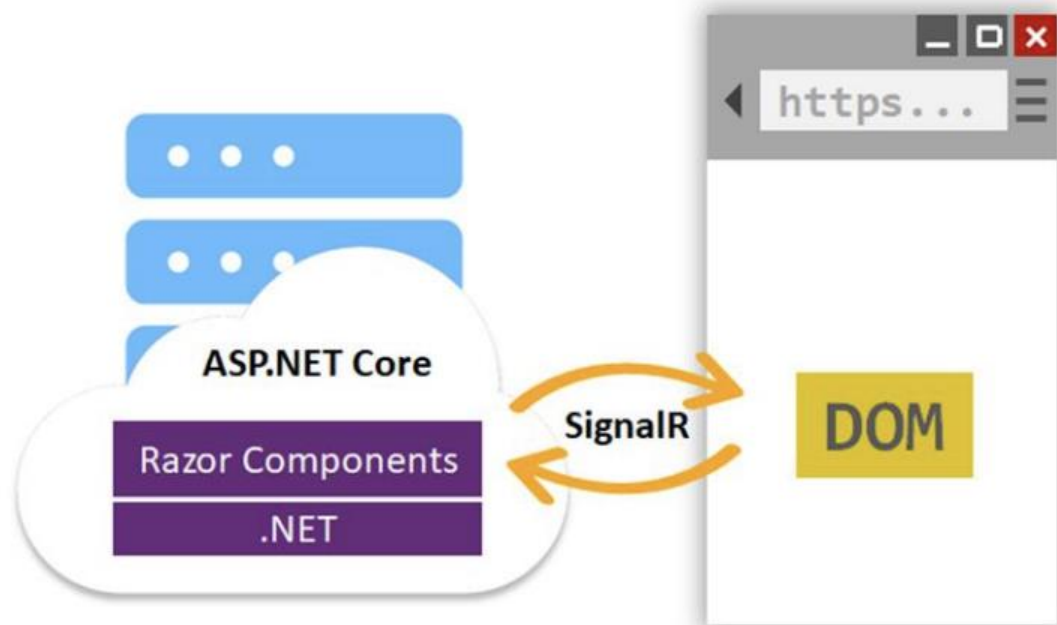


Рис. 3.13. Принцип роботи Blazor Server додатків

Аспекти використання фреймворку.

Побудова додатку відбувається на основі компонентів, що представляють собою деякий самостійний елемент інтерфейсу. Подібний підхід дозволяє інкапсулювати логіку рендерингу та взаємодії з користувачем, а також повторно використовувати компоненти за необхідності, як це відбувається у популярних Javascript фреймворках клієнтської сторони [50]. Окрім цього, в останніх версіях фреймворку наявна можливість використовувати розроблені компоненти для побудови веб та мобільних інтерфейсів одночасно, що значно

зменшує об'єм кодової бази, що потребує реалізації, при необхідності у розробці мобільної та веб версії інформаційної системи.

Клас компоненту представляється у вигляді Razor розмітки з відповідним розширенням. Подібний підхід дозволяє комбінувати HTML розмітку з кодом С# і таким чином отримувати динамічну генерацію інтерфейсу. На рис. 3.14 можна бачити фрагмент коду, що відповідає за компонент відображення та редагування користувачів системи. Таким чином ми маємо можливість в якості бажаного змісту тих чи інших елементів розмітки задавати властивості моделі.

```
<RadzenButton ButtonStyle="ButtonStyle.Primary" Icon="add_circle_outline" class="mt-2 mb-4" Text="Add New
<RadzenDataGrid AllowAlternatingRows="false" AllowFiltering="true" AllowPaging="true" PageSize="5" AllowSort
  Data="@users" TItem="User" RowUpdate="@OnUpdateRow" RowCreate="@OnCreateRow" Sort="@Reset"
  <Columns>
    <RadzenDataGridColumn TItem="User" Property="Id" Title="ID" Width="80px" />
    <RadzenDataGridColumn TItem="User" Title="Photo" Property="PhotoUrl" Sortable="false" Filterable="
      <Template>
        <RadzenImage Path="https://icons.veryicon.com/png/o/internet--web/prejudice/user-128.png"
      </Template>
    </RadzenDataGridColumn>
    <RadzenDataGridColumn TItem="User" Property="FirstName" Title="First Name" Width="160px" />
    <RadzenDataGridColumn TItem="User" Property="LastName" Title="Last Name" Width="160px" />
    <RadzenDataGridColumn TItem="User" Property="Role" Title="Role" Width="160px" />
    <RadzenDataGridColumn TItem="User" Property="Email" Title="Email" Width="160px" />
    <RadzenDataGridColumn TItem="User" Property="Phone" Title="Phone" Width="120px" />
    <RadzenDataGridColumn TItem="User" Context="order" Filterable="false" Sortable="false" TextAlign="
      <Template Context="user">
        <RadzenButton Icon="edit" ButtonStyle="ButtonStyle.Light" Variant="Variant.Flat" Size="But
      </RadzenButton>
        <RadzenButton ButtonStyle="ButtonStyle.Danger" Icon="delete" Variant="Variant.Flat" Shade=
      </RadzenButton>
    </Template>
```

Рис. 3.14. Демонстрація використання Razor розмітки

Компонент, як і звичайні класи, може містити змінні, що зберігають стан компонента, та методи, що відповідають за його логіку. Вони у свою чергу задаються в рамках спеціального блоку `@code`. Наприклад, отримання прогнозних значень відбувається шляхом ін'єкції відповідного сервісу та виклику методу підвантаження із бази даних, що відповідає певному етапу життєвого циклу компоненту. Значення, що повертається з сервісу, зберігається у бажаній властивості компоненту для використання у розмітці (див. рис. 3.15). Подібна параметризація дозволяє зробити компоненти більш гнучкими та підходящими до повторного використання. За аналогічним підходом відбувається побудова динамічного інтерфейсу всього додатку.

```

@code {
    private IEnumerable<AggregatedSalesResponse> historicSales = new List<AggregatedSalesResponse>();
    private IEnumerable<AggregatedSalesResponse> forecastSales = new List<AggregatedSalesResponse>();

    private IEnumerable<string> dateAggregates = new List<string>();

    protected override async Task OnInitializedAsync()
    {
        historicSales = await salesForecastingService.GetHistoricSalesAsync();
        forecastSales = await salesForecastingService.GetForecastSalesAsync();

        var historicDateAggregates = historicSales.Select(historicSale => historicSale.DateAggregate);
        var forecastDateAggregates = forecastSales.Select(forecastSale => forecastSale.DateAggregate);

        dateAggregates = historicDateAggregates.Concat(forecastDateAggregates);
    }
}

```

Рис. 3.15. Визначення логіки компоненту

3.6 Розробка інтерфейсів інформаційної системи

Інформаційна система прогнозування попиту на основі історичних даних повинна включати ряд ключових інтерфейсів для забезпечення ефективного використання, виходячи з цільового бізнес-процесу:

- Завантаження даних: Користувач повинен мати змогу завантажити історичні дані, що використовуються для прогнозування. Це може бути реалізовано за допомогою простого інтерфейсу завантаження файлів, що підтримує різні формати даних, такі як CSV, Excel або JSON.
- Обробки даних: Після завантаження даних користувач повинен мати можливість переглянути та обробити дані. Це може включати видалення або корекцію вихідних даних, нормалізацію значень і т.д.
- Налаштування моделі прогнозування: Користувач повинен мати можливість налаштовувати параметри моделі прогнозування, включаючи вибір бажані агрегації прогнозу, час тренування та горизонт прогнозування.
- Тренування та прогнозування: Після налаштування моделі користувач повинен мати можливість запуснути процеси тренування моделі на завантажених даних та прогнозування на задані горизонти.
- Візуалізації прогнозних значень: Система повинна надавати інструменти для візуалізації результатів прогнозування. Це може включати графіки,

діаграми і таблиці, що демонструють прогнозований попит у порівнянні з історичними даними.

- Експорту результатів: Користувач повинен мати можливість експортувати результати прогнозування для подальшого аналізу або обробки. Це може бути реалізовано за допомогою функції експорту, що підтримує різні формати даних, такі як CSV, Excel або JSON.
- Управління користувачами: У системі повинна бути можливість управління користувачами і їх ролями для забезпечення безпеки і контролю доступу до даних і функцій системи.

3.6.1 Інтерфейс завантаження та обробки даних

Інтерфейс «Import and processing» (рис. 3.16) дозволяє користувачу завантажити дані, що необхідні для подальшого тренування моделі та отримання прогнозу: продажі, ціни, акції та інші важливі фактори.

Після завантаження програма перевіряє дані на наявність помилок, таких як пропущені значення, нестандартні формати дати, від'ємні значення продажів тощо. Цей етап дозволяє забезпечити коректність та точність вхідних даних. Далі дані перетворюються або очищаються для подальшого аналізу, що включає нормалізацію даних, кодування категоріальних змінних, усунення пропущених значень та інше.

Разом з цим спеціалізовані алгоритми виявляють аномалії в даних, такі як викиди або нетипово великі чи малі значення. Система може автоматично виявляти та обробляти такі аномалії або дозволити користувачу встановлювати власні корекції за необхідності.

Інтерфейс також надає загальні візуалізації вхідних даних, щоб користувач міг легко переглядати та розуміти їх. Це включає графіки трендів продажів, діаграми розсіювання для визначення кореляцій між змінними та інше.

На сторінці наявний блок фільтрації за категорією та локацією, що дозволяє переглядати агреговані дані у необхідному звууженні.

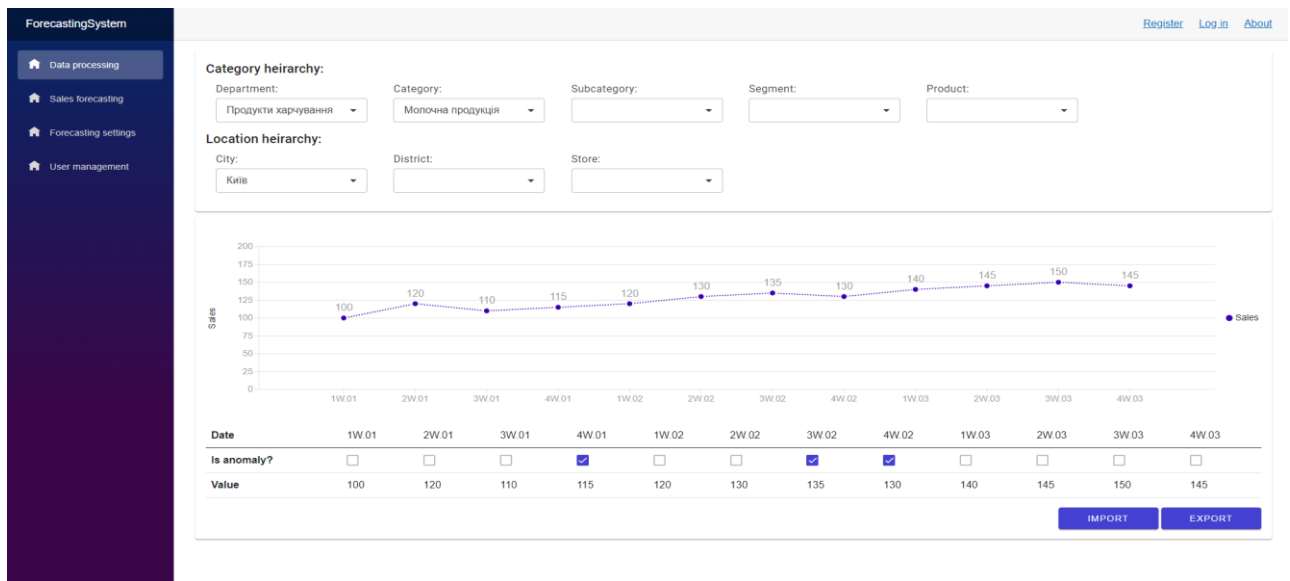


Рис. 3.16. Інтерфейс завантаження та обробки даних

3.6.2 Інтерфейс налаштування параметрів прогнозування

Інтерфейс «Forecasting settings» надає користувачу можливість налаштувати основні параметри, що впливають на процес прогнозування (рис. 3.17), а саме:

- Часова агрегація. Визначає мінімальну агрегацію прогнозних значень з точки зору часового проміжку. Опції – День, Тиждень, Місяць. Завдяки цьому налаштуванню планер може необхідний баланс між деталізацією прогнозу та ресурсними/часовими витратами на його підготовку.
- Агрегація за категорією. Визначає мінімальну агрегацію прогнозних значень з точки зору категоріальної ієрархії продуктів. Опції – Розділ, Категорія, Підкатегорія, Сегмент, Продукт. Є аналогом налаштування часової агрегації з точки зору продуктових агрегатів.
- Агрегація за локацією. Визначає мінімальну агрегацію прогнозних значень з точки зору територіальної ієрархії магазинів. Опції – Місто, Район, Магазин.
- Період тренування. Визначає скільки місяців історичних даних буде використано для тренування моделі.
- Період прогнозування. Визначає на скільки місяців вперед має бути побудований прогноз.

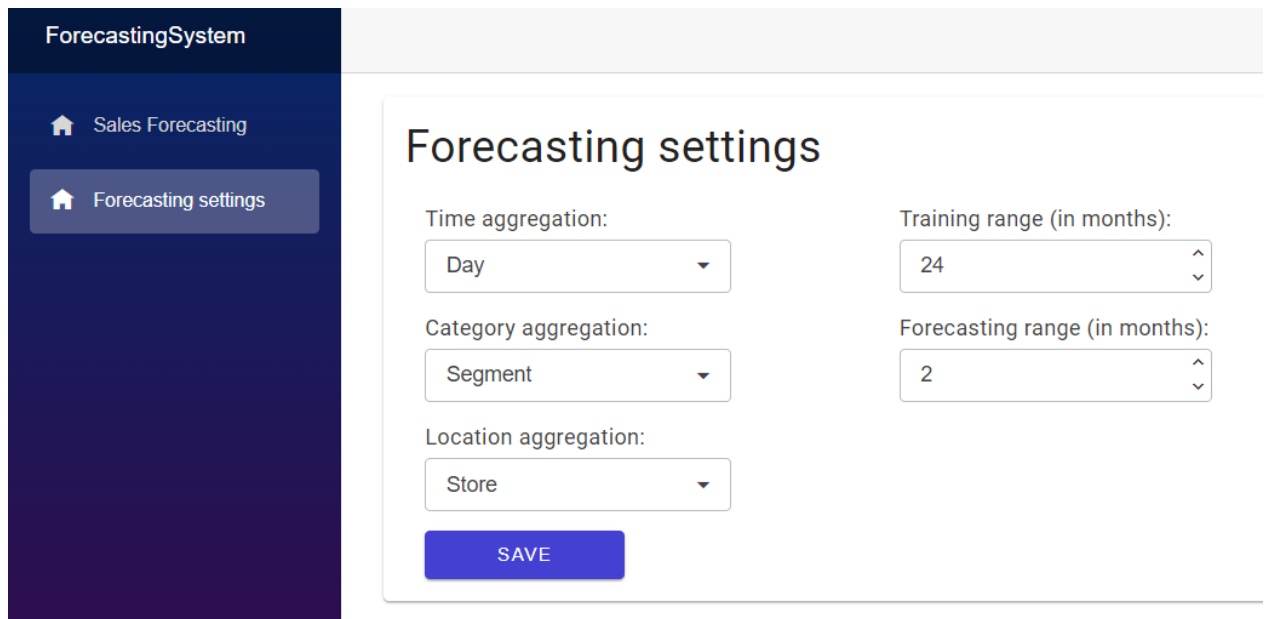


Рис. 3.17. Інтерфейс налаштування параметрів прогнозування

3.6.3 Інтерфейс прогнозування та експорту

Інтерфейс «Sales forecasting» надає інструменти щодо проведення прогнозування, аналізу результуючих значень та експорту даних (рис. 3.18). Цей інтерфейс складається з декількох спеціалізованих функціональних блоків:

- Блок ієрархічної фільтрації. Дозволяє фільтрувати отримані прогнозні значення за категоріальними та територіальними ієрархіями. Завдяки цьому можна здійснювати аналіз прогнозів за специфічними категоріями або регіонами, що сприяє глибшому розумінню даних у контексті різних ринкових сегментів.
- Блок прогнозування. В цьому блоку презентуються прогнозні та історичні дані, які можуть відображатися у формі таблиць чи графіків, що полегшує їх порівняння та аналіз. Блок включає функції для запуску нових прогнозів, а також для експорту результатів. Користувачі можуть експортувати дані у різних форматах, забезпечуючи гнучкість при подальшому аналізі або розподілі інформації.

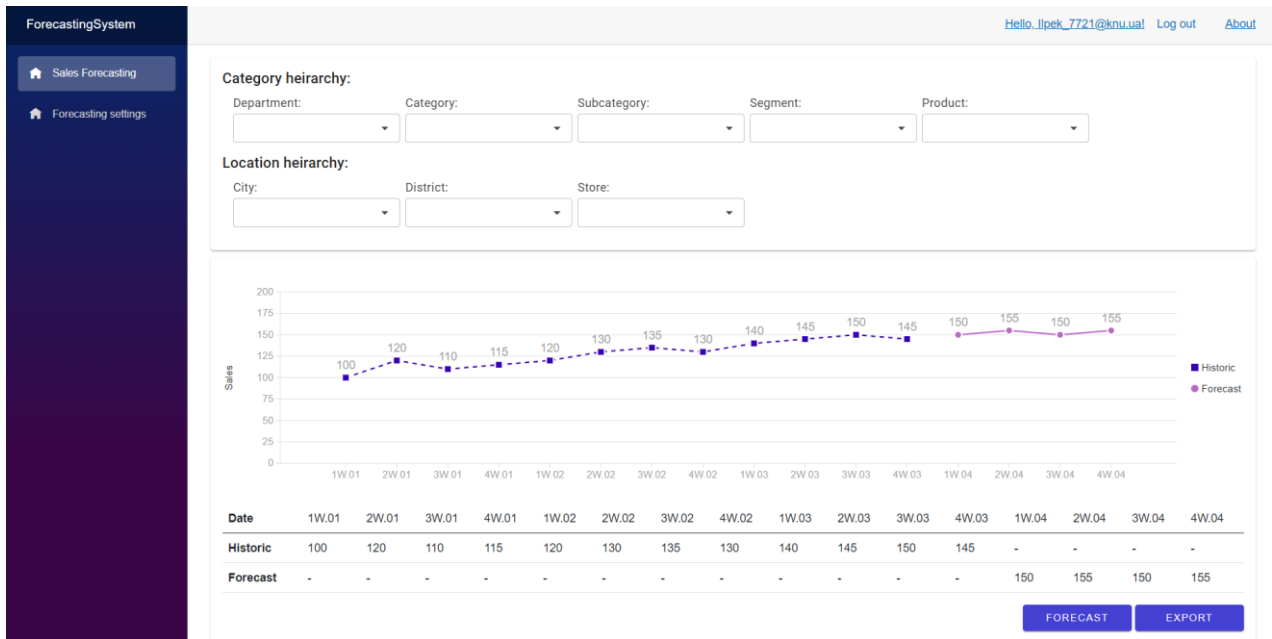


Рис. 3.18. Інтерфейс прогнозування та експорту

3.6.4 Інтерфейс управління користувачами

Інтерфейс «User management» надає можливість адмініструвати користувачів, що мають доступ до системи, зокрема:

- Створювати нових користувачів.
- Редагувати або видаляти існуючих користувачів.
- Управляти рольовим доступом, що дозволяє надати або обмежити доступ до тих чи інших елементів системи на основі роді користувача.

ID	Photo	First Name	Last Name	Role	Email	Phone
1		FirstName1	LastName1	Data Analyst	useremail1@email.c...	+380991111111
2		FirstName2	LastName2	Planner	useremail2@email.c...	+3809922222...
3		FirstName3	LastName3	Planner	useremail3@email.c...	+3809933333...
4		FirstName4	LastName4	Administrator	useremail4@email.c...	+3809944444...

Рис. 3.19. Інтерфейс управління користувачами

РОЗДІЛ 4. ПЛАНУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ УПРАВЛІННЯ ПРОЄКТОМ

4.1 Розробка організаційної структури управління проєктом.

Формування команди проєкту

4.1.1 Дослідження типів організаційних структур управління

Ефективна організаційна структура є критично важливою для успішного управління проєктами. Вона забезпечує чітке визначення ролей, відповідальностей та владних відносин всередині проєктної команди, що дозволяє ефективно координувати діяльність і ресурси.

Організаційна структура також впливає на швидкість прийняття рішень та адаптивність команди до змін. Якісна структура дозволяє проєктному менеджеру адекватно реагувати на виклики та зміни у зовнішньому середовищі, оптимізуючи процеси і ресурси для досягнення проєктних цілей. Крім того, добре продумана організаційна структура покращує комунікацію всередині команди, забезпечуючи своєчасний обмін інформацією, що є надзвичайно важливим для координації діяльності в умовах складних та масштабних проєктів.

Основними типами організаційних структур є:

- Функціональна структура: В такій структурі, організація розділена на чітко визначені функціональні відділи (наприклад, маркетинг, фінанси, виробництво). Кожен відділ керує своїми специфічними проєктами під керівництвом свого функціонального менеджера. Це сприяє високій спеціалізації, але може призвести до повільних процесів прийняття рішень та складностей у міжфункціональній координації.
- Проєктна структура: В проєктній структурі всі ресурси зосереджені на проєктах. Кожен проєкт має свого менеджера, який має повну відповідальність і контроль над ресурсами, необхідними для досягнення цілей проєкту. Це забезпечує високу гнучкість та адаптивність, але може вести до дублювання ресурсів і функцій в організації.

- Матрична структура: Матрична структура поєднує елементи функціональної та проєктної структур. Вона дозволяє працівникам мати двох керівників: функціонального менеджера та менеджера проєкту. Ця структура спрямована на покращення використання ресурсів та сприяє ефективній комунікації та кооперації між різними функціональними підрозділами, але може призвести до конфліктів щодо пріоритетів та розподілу ресурсів.

Кожен тип організаційної структури має свої переваги та недоліки, тому вибір відповідної структури повинен базуватись на специфіці проєкту, культурі організації, доступних ресурсах та цілях, які перед організацією стоять.

4.1.2 Вибір типу організаційної структури для проєкту створення інформаційної системи прогнозування попиту

Проєкт створення інформаційної системи прогнозування попиту має унікальні вимоги, які значно впливають на вибір організаційної структури управління:

- Комплексність технологічних рішень: Проєкт вимагає застосування багатьох технологічних інтеграцій, включаючи розробку баз даних, застосування методів машинного навчання, статистичний аналіз, а також розробку користувацьких інтерфейсів. Це створює необхідність залучення спеціалістів з різних технічних дисциплін.
- Динаміка змін та адаптації: Система має бути здатною адаптуватися до змінних умов ринку та змін у поведінці споживачів, що вимагає від проєктної команди здатності швидко реагувати на нові вимоги та вносити зміни в проєкт.
- Інтеграція з іншими системами: Система повинна інтегруватися з існуючими інформаційними системами клієнта, такими як системи управління запасами або ERP-системи, що вимагає тісної взаємодії та координації між командами.

- Залучення стейкхолдерів: Проект має активно залучати керівництво компанії, кінцевих користувачів та зовнішніх консультантів, що вимагає ефективного управління взаємовідносинами та вміння збалансувати різні інтереси.

Враховуючи проаналізовану специфіку, найбільш підходящою структурою для управління є проектна. Проектна структура дозволяє зосередити всі необхідні ресурси безпосередньо на проекті, надаючи проектному менеджеру повний контроль та відповідальність за його виконання (рис. 4.1). Ця структура забезпечує високу гнучкість і сприяє оперативному реагуванню на зміни, що є критично важливим для адаптації до динамічного середовища і швидких змін вимог. Проектні структури найпристосованіші для управління унікальними, складними проектами, які мають великий бюджет або велике значення для організації, що повністю відповідає поточному випадку.



Рис. 4.1. Загальна структура проектної організації управління

4.1.3 Формування складу команди проекту

При створенні інформаційної системи прогнозування попиту важливо визначити ключові ролі в проектній команді для забезпечення ефективного розподілу завдань та відповідальностей. Враховуючи попередньо досліджену

технічну складність продукту, сформований наступний перелік ролей та підкоманд з їх функціональними обов'язками:

Менеджер проєкту. Відіграє ключову роль у координації всіх аспектів проєкту, від початкового планування до впровадження та закриття проєкту. Він відповідає за забезпечення виконання проєкту в рамках встановлених термінів, бюджету та вимог якості. Обов'язки:

- Визначення цілей та обсягу проєкту.
- Планування ресурсів, бюджетування та організація робочого процесу.
- Координація роботи команди та зовнішніх стейкхолдерів.
- Моніторинг прогресу проєкту та внесення корективів при необхідності.
- Управління ризиками та вирішення проблем.

Бізнес-аналітик. Відповідає за вивчення бізнес-процесів замовника, збір вимог та їх аналіз для створення чітких специфікацій для розробників. Обов'язки:

Збір та аналіз бізнес-вимог від стейкхолдерів.

- Розробка та уточнення функціональних та нефункціональних вимог до системи.
- Співпраця з дизайнерами та розробниками для забезпечення відповідності розробки вимогам.
- Підготовка виконавчих звітів для стейкхолдерів та участь у зустрічах з проєктною командою.

Дизайнер. Займається створенням користувацького інтерфейсу, що забезпечує зручність і ефективність використання системи кінцевими користувачами. Обов'язки:

- Розробка дизайну інтерфейсів і навігаційної схеми продукту.
- Створення прототипів, вайрфреймів та макетів сторінок.
- Проведення тестування користувацького досвіду та внесення необхідних покращень.

Розробники. Відповідають за створення програмного забезпечення відповідно до вимог документації та дизайну. Обов'язки:

- Кодування та реалізація програмних модулів відповідно до специфікацій.
- Взаємодія з бізнес-аналітиками для забезпечення відповідності коду вимогам.
- Тестування створеного програмного забезпечення на початковому етапі.
- Участь у code review та оптимізація програмного коду.

Тестувальники. Забезпечують якість кінцевого продукту через ретельне випробування та ідентифікацію дефектів. **Обов'язки:**

- Розробка тестових сценаріїв та планів.
- Виконання ручного та автоматизованого тестування програмного забезпечення.
- Документування результатів тестування.
- Співпраця з розробниками для виправлення помилок та оптимізації продукту.

DevOps спеціаліст. Відповідає за оптимізацію процесів між розробкою та експлуатацією, забезпечуючи швидке, ефективне і безпечне розгортання додатків. **Обов'язки:**

- Організація безперервної інтеграції та розгортання (CI/CD).
- Налаштування систем моніторингу.
- Постачання та конфігурація інфраструктури.

Для забезпечення того, що всі ключові учасники мають чітке розуміння своїх ролей та відповідальностей, а також знають, від кого отримувати інформацію та кому її надавати, для наведених ролей була розроблена RASCI матриця (рис. 4.2). Це інструмент управління, який допомагає визначити ролі та відповідальності у проєкті. Він використовується для ясного розподілу завдань і ролей між учасниками проєкту за такими категоріями:

- **Responsible:** безпосередньо виконує завдання.
- **Accountable:** приймає роботу і несе відповідальність за результат.
- **Supportive:** допомагає відповідальному виконувати роботу.
- **Consulted:** надає консультаційну допомогу.
- **Informed:** в курсі ухвалених рішень та перебігу виконання завдань.

Таблиця 4.1.

Матриця відповідальності RASCI

Виконавці Завдання проєкту	Менеджер проєкту	Бізнес-аналітик	Дизайнер	Розробники	Тестувальники	DevOps спеціаліст
Управління проєктом	R					
Збір та аналіз вимог	I	R	C	C	I	
Документування вимог	I	R	I	I	I	
Формування ТЗ функціоналу		R	C	C	I	
Розробка дизайну		A	R			
Розробка UI складової		A	S	R		
Розробка Backend складової		A		R		
Тестування функціоналу		I	C	C	R	
Розгортання інфраструктури				C	C	R
Налаштування процесів поставки	I	I		C	C	R
Написання тестової документації		I		C	R	
Написання проєктної документації	A	R	R	R		R
Аудит проєкту	R					

Склад команди розробників в поточній комплексній інформаційній системі може бути розподілений на декілька ключових департаментів, кожен з яких відіграє важливу роль у розробці та інтеграції системи:

Data Scientists (DS):

- Основні завдання: Розробка алгоритмів прогнозування попиту на основі історичних даних та трендів. Робота з великими наборами даних і використання статистичних та машинних методів навчання для аналізу та виведення інсайтів.

- Навички: Знання Python, R, SQL, володіння бібліотеками як Scikit-learn, TensorFlow або PyTorch. Здатність аналізувати та візуалізувати дані за допомогою бібліотек як Matplotlib та Seaborn.

Data Engineers (DE):

- Основні завдання: Забезпечення доступу до даних для аналітичних та оперативних цілей. Розробка і підтримка дата-пайплайнів, включаючи збір, збереження та обробку даних.
- Навички: Знання баз даних (SQL і NoSQL), досвід роботи з великими даними, платформами як Apache Hadoop або Spark, досвід роботи з ETL-інструментами.

Backend Developers:

- Основні завдання: Розробка серверної частини програмного забезпечення, яка взаємодіє з базами даних та іншими сервісами, забезпечуючи обробку даних та інтеграцію з різними API.
- Навички: Знання платформи розробки .NET. Розуміння принципів RESTful API та веб-сервісів, досвід роботи з мікросервісною архітектурою та Azure.

Frontend Developers:

- Основні завдання: Розробка користувацького інтерфейсу, що включає візуалізацію даних та інтерактивність системи. Забезпечення користувацького досвіду через реактивний дизайн та швидкодію.
- Навички: Знання HTML, CSS, JavaScript та фреймворків як React, Angular або Vue.js. Розуміння принципів респонсивного дизайну та доступності веб-сайтів.

Кожна з цих підкоманд має складатися з ліда напрямку, Middle та Junior розробників з наступних причин:

- Градація досвіду забезпечує розподіл відповідальності та навантаження.
- Ефективне наставництво та розвиток персоналу.
- Гнучкість та адаптивність команди.
- Оптимізація витрат.

- Забезпечення якості та неперервності.

4.1.4 Фіналізація організаційної структури проєкту

Враховуючи сформовану деталізацію стосовно основних ролей команди, а також складу підкоманд технічного спрямування, фінальна організаційна структура на рівні проєкту відображена на рис. 4.2.

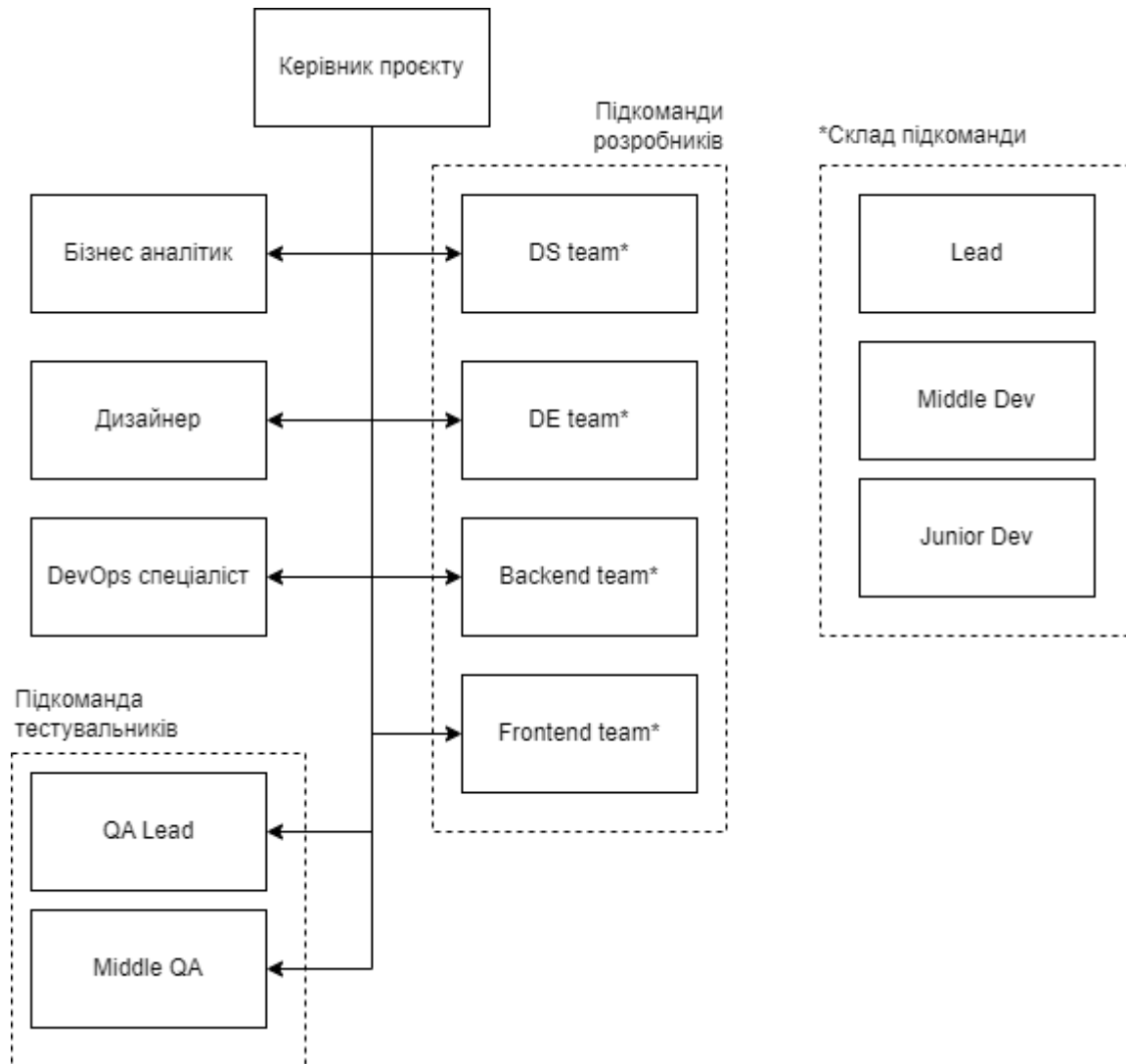


Рис. 4.2. Організаційна структура проєкту

Результуюча команда інформаційної системи прогнозування попиту, структурована із врахуванням різних рівнів досвіду і спеціалізацій, являє собою добре збалансований колектив, який є повноцінним і готовим ефективно вирішувати широкий спектр завдань. Водночас структура розробницьких підкоманд сприяє неперервному професійному розвитку членів команди, що в

кінцевому підсумку веде до зростання інноваційного потенціалу та конкурентоспроможності проєкту.

4.2 Визначення ієрархічної структури та переліку робіт проєкту

4.2.1 Формування основних етапів розробки програмного продукту

Якісна декомпозиція робіт в проєкті з розробки інформаційних систем є критично важливим аспектом для забезпечення успішного виконання проєкту. Вона дозволяє ефективно розподілити завдання, оптимізувати ресурси і контролювати хід реалізації на кожному етапі. Чітка ієрархія робіт допомагає всім учасникам проєкту бачити повну картину того, як окремі частини взаємодіють між собою і сприяють досягненню загальної мети. Це спрощує управління проєктом, мінімізує ризики плутанини та непорозумінь у команді, а також підвищує ймовірність своєчасного та якісного виконання проєкту.

Основні блоки реалізації цільової інформаційної системи:

Збір та формування вимог.

- Мета: Визначення функціональних і нефункціональних вимог до системи.
- Основні задачі: Проведення інтерв'ю з зацікавленими сторонами, аналіз цільових бізнес-процесів, збір даних про потреби користувачів.
- Результати: Специфікація вимог, яка буде використовуватись як основа для подальших етапів розробки.

Проектування.

- Мета: Створення архітектурного рішення системи, що задовольняє визначені вимоги та є масштабованим для подальшого розвитку системи.
- Основні задачі: Розробка діаграм класів, схем баз даних, архітектурних шаблонів та компонентів.
- Результати: Технічна документація, яка описує структуру системи і її компоненти.

Розробка.

- Мета: Програмна реалізація спроектованої системи.

- Основні задачі: Кодування, інтеграція модулів, налаштування середовища.
- Результати: Готовий до тестування програмний продукт в визначеній на першу ітерацію реалізації.

Тестування.

- Мета: Забезпечення відповідності створеної системи специфікаціям вимог і виявлення помилок.
- Основні задачі: Функціональне тестування, інтеграційне тестування, валідація даних.
- Результати: Звіти про тести, які підтверджують готовність системи до впровадження або потребу в доробці.

Впровадження.

- Мета: Розгортання системи та її компонент в операційному середовищі.
- Основні задачі: Налаштування серверного середовища, міграція даних, тренінги для користувачів.
- Результати: Функціонуюча система, готова до експлуатації кінцевими користувачами.

4.2.2 Розробка ієрархічного переліку робіт визначених етапів

Для кожного з вищезазначених блоків проєкту була деталізована WBS з метою детального розуміння запланованих робіт та їх подальшого календарного планування. Вкладені гілки робіт наведені у вигляді окремих піддіаграм з деталізацією по визначеним входженням.

Блок робіт збору вимог. Є критично важливим для успіху проєкту розробки інформаційної системи, оскільки саме на цьому етапі визначаються ключові функціональні та нефункціональні вимоги, які будуть задовольняти потреби зацікавлених сторін (рис. 4.2).

1. Підготовка до збору вимог:

- Визначення цілей проєкту.
- Визначення основних зацікавлених сторін і користувачів системи.

- Розробка плану збору вимог.
2. Визначення та аналіз зацікавлених сторін:
- Створення переліку зацікавлених сторін.
 - Оцінка впливу та інтересів кожної зацікавленої сторони.
 - Визначення вимог та очікувань кожної групи зацікавлених сторін.
3. Формування вимог:
- Проведення інтерв'ю з ключовими зацікавленими сторонами.
 - Організація фокус-груп для глибшого розуміння потреб користувачів.
 - Використання анкетування для збору даних від ширшої аудиторії.
 - Проведення спостереження за робочим процесом користувачів.
 - Аналіз існуючих документів і систем, які будуть інтегровані.
4. Валідація та пріоритезація:
- Класифікація зібраних вимог на функціональні (що система повинна робити) та нефункціональні (продуктивність, безпека, надійність).
 - Перевірка вимог на адекватність і повноту.
 - Пріоритезація вимог залежно від бізнес-цілей та ресурсів проєкту.
5. Документування вимог:
- Створення документа специфікації вимог.
 - Розробка моделей вимог, включаючи використання діаграм варіантів використання, ER-діаграм, діаграм активностей.
 - Затвердження документа специфікації вимог.

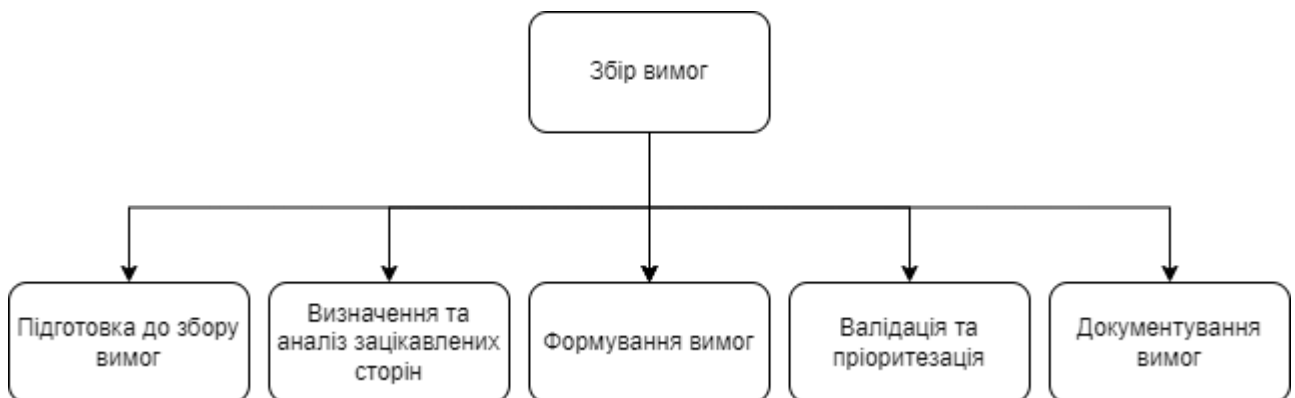


Рис. 4.2. Верхньорівнева WBS блоку робіт збору вимог

Блок робіт проєктування системи. В рамках цього блоку розробляється архітектура та дизайн системи, які відповідають всім зібраним функціональним та нефункціональним вимогам (рис. 4.3).

1. Визначення архітектури системи:

- Вибір архітектурних стилів та підходів на основі сформованих вимог.
- Розробка верхньорівневої структури системи, включаючи визначення основних компонентів та їх взаємозв'язків.

2. Проєктування баз даних та сховищ:

- Визначення переліку, структури баз даних та сховищ, включаючи схеми, таблиці, відносини між таблицями.
- Вибір систем управління базами даних.
- Розробка стратегій забезпечення цілісності, безпеки та доступності даних.

3. Детальне проєктування компонентів:

- Розробка специфікацій компонентів системи.
- Визначення інтерфейсів інтеграції між компонентами.
- Підготовка діаграм класів, діаграм послідовностей та інших UML-діаграм для зображення внутрішньої структури та логіки компонентів.

4. Розробка інтерфейсів користувача:

- Проєктування користувацьких інтерфейсів.
- Розробка прототипів інтерфейсів для отримання зворотного зв'язку.

5. Безпека системи:

- Визначення вимог до безпеки на основі аналізу загроз.
- Розробка політик безпеки, методів аутентифікації та авторизації.
- Впровадження механізмів шифрування та забезпечення захисту даних.



Рис. 4.3. Верхньорівнева WBS блоку робіт проектування системи

Блок робіт розробки. В контексті створення інформаційної системи прогнозування попиту цей блок робіт має включати ряд специфічних завдань, спрямованих на те, щоб система ефективно обробляла дані та надавала точні прогнози (рис. 4.4).

1. Підготовка процесів розробки:

- Перегляд та аналіз документації проектування.
- Налаштування робочих середовищ розробки.
- Встановлення та конфігурація систем контролю версій та інших інструментів співпраці.

2. Структура інтеграції клієнтських даних:

- Аналіз бізнес-середовища для визначення ключових сутностей та їх факторів, які повинні бути збережені та оброблені у системі для повноцінного аналізу клієнтських продажів.
- Розробка логічної структури даних.
- Даталогічне проектування сховищ.

2. Модель прогнозування продажів.

- Попередній порівняльний аналіз прогностичних моделей.
- Визначення та відбору відповідних факторних характеристик продажів.
- Побудова первинної версії моделі.
- Експерименти та ітеративна адаптація гіперпараметрів.
- Імплементация динамічної параметризації моделі.

3. Пайплайни роботи з даними.

- Розробка пайплайнів трансформації та транспортації даних в контурі інформаційної системи.
- Розробка звітів агрегації та візуалізації прогностичних даних.

4. Інтерфейсна частина системи.

- Проєктування зрозумілих схем взаємодії компонентів.
- Попередній аналіз та вибір технологій розробки.
- Імплементация Backend та UI компонент системи.
- Інтеграція компонентів системи між собою.

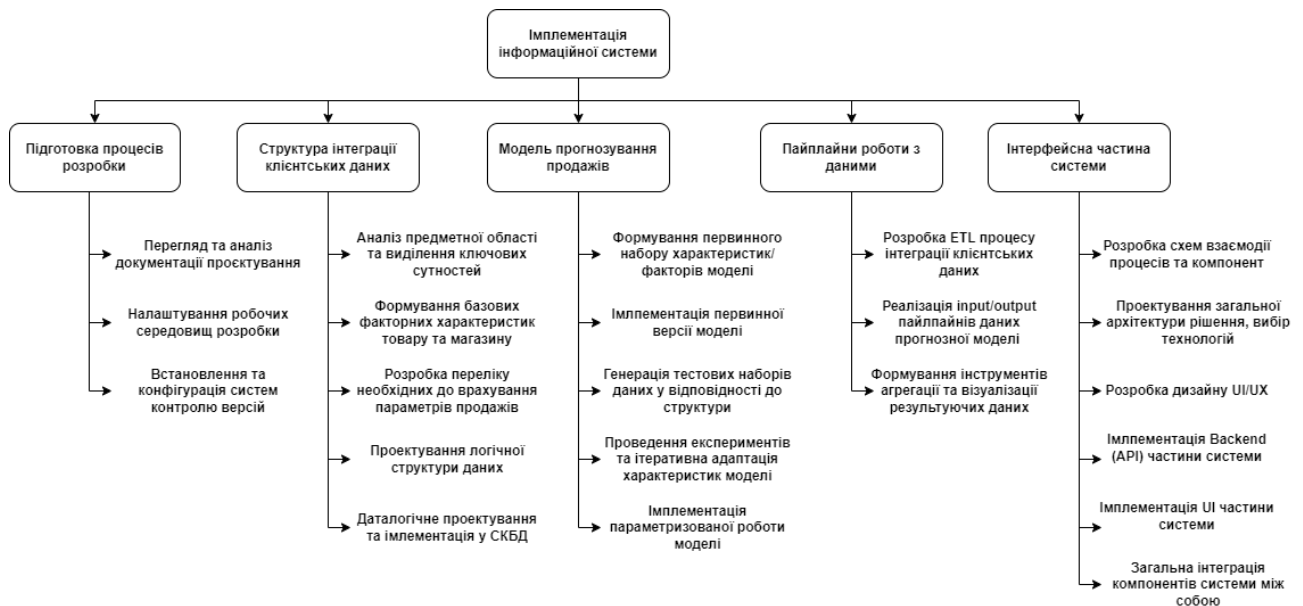


Рис. 4.4. Верхньорівнева WBS блоку робіт розробки системи

Блок робіт тестування. Має на меті забезпечення якості та надійності системи перед її впровадженням (рис. 4.5).

1. Підготовка до тестування:

- Розробка детального плану тестування, який включає мету, обсяг, ресурси, часові рамки та методології тестування.
- Налаштування тестового середовища.

2. Розробка тестових випадків та сценаріїв:

- Опис тестових випадків для перевірки наявних вимог.
- Розробка тестових сценаріїв.
- Визначення критеріїв успішності для кожного тестового випадку.

3. Функціональне тестування:

- Перевірка правильності виконання функцій системи відповідно до вимог.
- Тестування інтерфейсів користувача.
- Проведення регресивного тестування для виявлення помилок після внесення змін в систему.

4. Тестування безпеки:

- Перевірка системи на вразливості та потенційні загрози.
- Тестування механізмів аутентифікації та авторизації.
- Проведення аудиту безпеки даних, зокрема перевірка на захищеність від SQL ін'єкцій, перехоплення даних тощо.

5. Інтеграційне тестування:

- Перевірка взаємодії між різними модулями і компонентами системи.
- Тестування API та зовнішніх інтеграцій для забезпечення правильної взаємодії системи з іншими сервісами.

6. Документування результатів тестування:

- Формування звітів про виконання тестів та виявлені помилки.
- Розробка рекомендацій щодо усунення виявлених помилок.



Рис. 4.5. Верхньорівнева WBS блоку робіт тестування системи

Блок робіт розгортання та впровадження. Спрямований на забезпечення безперебійного запуску та оптимальної роботи системи у production середовищі (рис. 4.6).

1. Підготовка до розгортання:

- Встановлення та конфігурація обладнання та серверного ПЗ.
- Налаштування мережевої інфраструктури, забезпечення заходів безпеки.

2. Розгортання бази даних та сховищ:

- Інсталяція та налаштування систем управління базами даних.
- Міграція довідникових даних до системи.
- Налаштування резервного копіювання та відновлення даних.

3. Встановлення та налаштування програмного забезпечення:

- Встановлення основних компонентів системи на сервери.
- Конфігурація та оптимізація програмного забезпечення для використання у production середовищі.

4. Публікація та активація системи:

- Публікація веб-інтерфейсів та активація API для зовнішніх користувачів.
- Налаштування систем моніторингу для відстеження продуктивності та стабільності системи.
- Аналіз даних моніторингу для ідентифікації потенційних проблем та їх оперативного вирішення.

5. Тренінги та підтримка користувачів:

- Організація навчальних сесій та тренінгів для кінцевих користувачів.
- Розробка та розповсюдження документації та інструкцій для користувачів.
- Надання подальшої технічної підтримки.



Рис. 4.6. Верхньорівнева WBS блоку робіт розгортання та впровадження

4.3 Розробка календарного плану. Планування термінів проєкту

4.3.1 Визначення інструменту та формату організації робіт

Календарне планування відіграє ключову роль у забезпеченні ефективності і своєчасності реалізації проєкту. Розробка детального календарного плану допомагає всім учасникам проєкту розуміти критичні строки і ресурси, необхідні для кожного етапу проєкту, від початкового аналізу потреб до фінального впровадження системи та її тестування.

Для ефективності календарного планування проєкту з розробки інформаційної системи прогнозування попиту було обрано Microsoft Project як інструмент для управління проєктом. Microsoft Project дозволяє детально моделювати всі аспекти планування, включаючи визначення тривалості завдань, розподіл ресурсів, а також виконувати аналіз критичних шляхів. Це забезпечує чітке бачення загального графіку робіт і допомагає координувати діяльність команди у відповідності до запланованих термінів.

Частина розробки та тестування буде організована у форматі спринтів, що є характеристикою Agile методологій управління проєктами. Кожен спринт буде містити певний набір завдань, які необхідно виконати протягом визначеного часового проміжку. Використання спринтів дозволить команді бути більш гнучкою та реагувати на зміни у вимогах чи умовах проєкту з мінімальними затратами часу на перепланування. В поточному варіанті спринт має визначену тривалість у 2 тижні.

Додатковою перевагою Microsoft Project є можливість налаштувати звіти та інтерфейси для відображення прогресу по спринтах, що дозволяє проєктному менеджеру та стейкхолдерам легко відстежувати статус проєкту та приймати обґрунтовані рішення на основі актуальної інформації. Цей підхід до планування забезпечить чіткість, структурованість і адаптивність процесу розробки, критично необхідних для успішної реалізації нашого проєкту.

4.3.2 Календарне планування робіт проєкту

Старт проєкту визначений на початок 2025 року. При цьому для планування використовується стандартний календар з вихідними у суботу та неділю.

Блок робіт 1. Збір вимог (рис. 4.7).

Тривалість по часу - 21 день.

Загальний об'єм робіт - 21 день.

План збору вимог для розробки інформаційної системи прогнозування попиту включає кілька ключових етапів: підготовка, визначення зацікавлених сторін, збір, класифікацію, перевірку, пріоритезацію і документування вимог. Цей підхід забезпечує глибокий аналіз потреб користувачів і сприяє ретельному визначенню функціональних та нефункціональних вимог системи.

Роботи у блоці мають залежність FS та строгу послідовність виконання виходячи з того, що результати попередніх етапів аналізу явно використовуються в ході подальших кроків формування вимог. Таким чином загальна тривалість етапу відповідає його загальному об'єму.

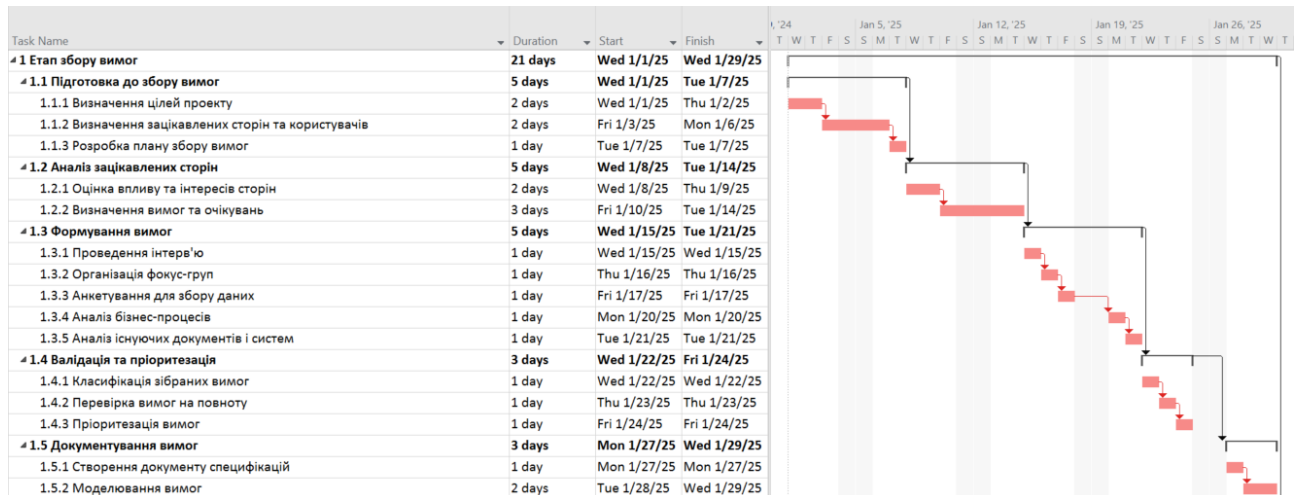


Рис. 4.7. Календарне планування етапу збору вимог

Блок робіт 2. Проєктування системи (рис. 4.8).

Тривалість по часу - 20 днів.

Загальний об'єм робіт - 49 люд./днів.

Блок робіт охоплює завдання з визначення архітектури системи, проектування баз даних та сховищ, детального проектування компонентів системи, розробки користувацьких інтерфейсів та встановлення заходів безпеки. Кожен блок робіт передбачає конкретні цілі та завдання, які спрямовані на створення міцної основи для подальшого розроблення та впровадження системи. Хронологічно йде після етапу формування вимог, оскільки функціональні та нефункціональні потреби мають прямий вплив на результуючу архітектуру.

Завдяки відносній незалежності ряду робіт, на цьому етапі вдається досягти певного рівня паралельності робіт. Блок робіт по розробці інтерфейсів є в цілому незалежним виходячи з того, що базується виключно на попередньо сформованих вимогах. Водночас роботи по проектуванню сховищ, компонентів системи та безпекових імплементацій можуть бути взяті до роботи вже після визначення архітектури системи.

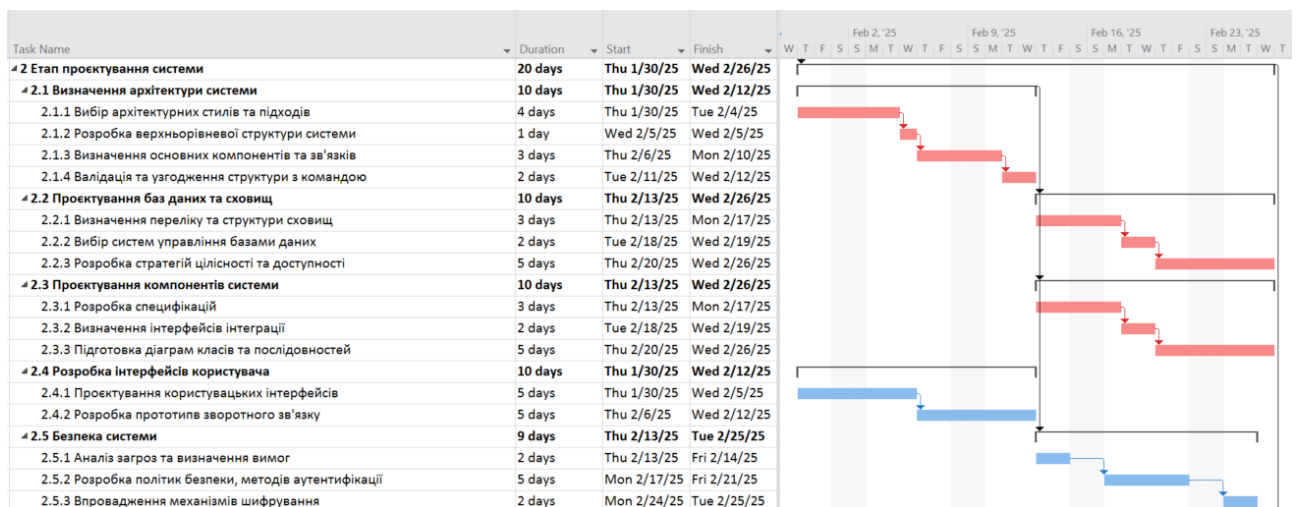


Рис. 4.8. Календарне планування етапу проектування системи

Блок робіт 3. Розробка та тестування.

Тривалість по часу – 80 днів (8 спринтів).

Загальний об'єм робіт - 271 люд./днів.

Застосоване паралельне планування робіт по різним напрямкам дозволяє збільшити ефективність за рахунок одночасного виконання різних завдань, що зменшує загальний час розробки проекту. Такий підхід допомагає збалансувати

навантаження між командами та використовувати ресурси більш оптимально. Кожний спринт зосереджено на виконанні певного комплексу завдань, що сприяє послідовному розвитку системи від підготовчих етапів до завершальних тестувань і документації.

При цьому в рамках одного напрямку роботи можуть залишатися взаємозалежними виходячи з їх специфіки та послідовної природи.

Sprints 1-2: Підготовчий та структурний розвиток (рис. 4.9):

В перших двох спринтах команда зосереджується на аналізі документації, налаштуванні середовища розробки, та конфігурації систем контролю версій. Основна увага приділяється структурній інтеграції, де проводиться аналіз предметної області та формування логічної структури даних. Паралельно команда бекенду розробляє ендпоінти для входу і роботи з користувачами, а також імпорту даних. Також відбувається ретельне планування та деталізація тестових випадків.

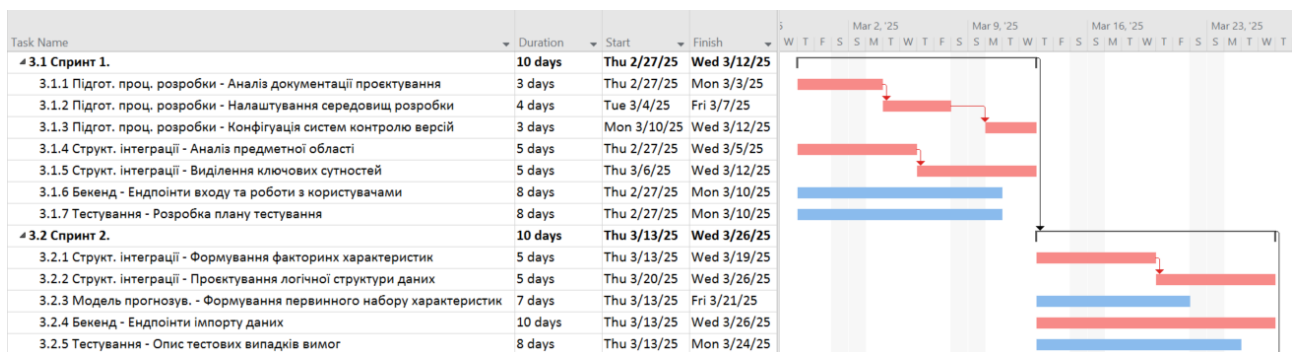


Рис. 4.9. Календарне планування – Sprints 1-2

Sprints 3-4: Розробка та інтеграція (рис. 4.10):

У третьому та четвертому спринтах фокус переходить на реалізацію альфа-версії прогнозної моделі, генерацію тестових наборів, та розробку фронтенду для інтерфейсів входу та роботи з користувачами. Це доповнюється проведенням експериментів з моделлю, розробкою ETL процесів інтеграції, і подальшою імплементацією параметризації моделі. Тестування охоплює перевірку нових функціональних можливостей та інтеграційні процеси.

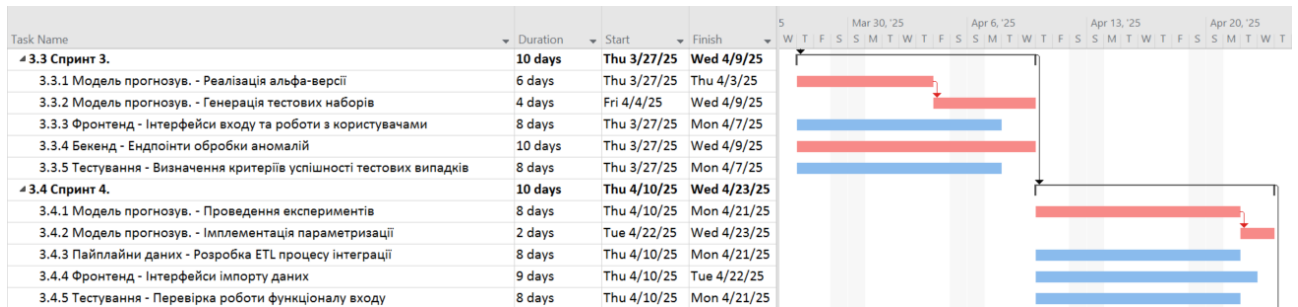


Рис. 4.10. Календарне планування – Sprints 3-4

Sprints 5-6: Оптимізація та Валідація (рис. 4.11):

П'ятий та шостий спринти приділяють увагу реалізації I/O пайплайнів, формуванню інструментів агрегації, та оптимізації процесів міграції даних. Фронтенд розробляє інтерфейси для обробки аномалій та адаптації до користувачів, а бекенд займається доробкою та оптимізацією моделі. Тестування зосереджене на перевірці новоствореного функціоналу імпорту даних та обробки аномалій.

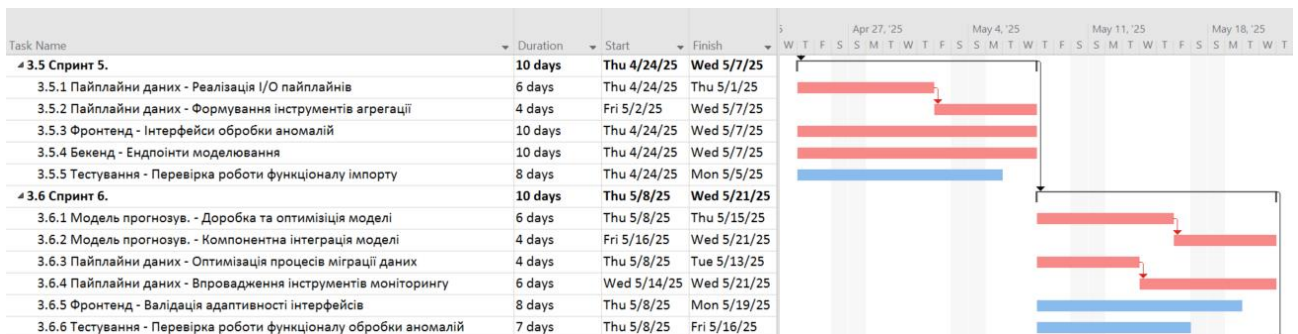


Рис. 4.11. Календарне планування – Sprints 5-6

Sprints 7-8: Завершення та документація (рис. 4.12):

В останніх двох спринтах команда зосереджується на вдосконаленні пайплайнів даних, імплементації механізмів кешування, логування, та рольового доступу. Розробка фронтенду включає відладку інтерфейсних компонентів з дизайнером. Останній спринт присвячений написанню користувацької та технічної документації, а також фінальному інтеграційному тестуванню і формуванню звітів.

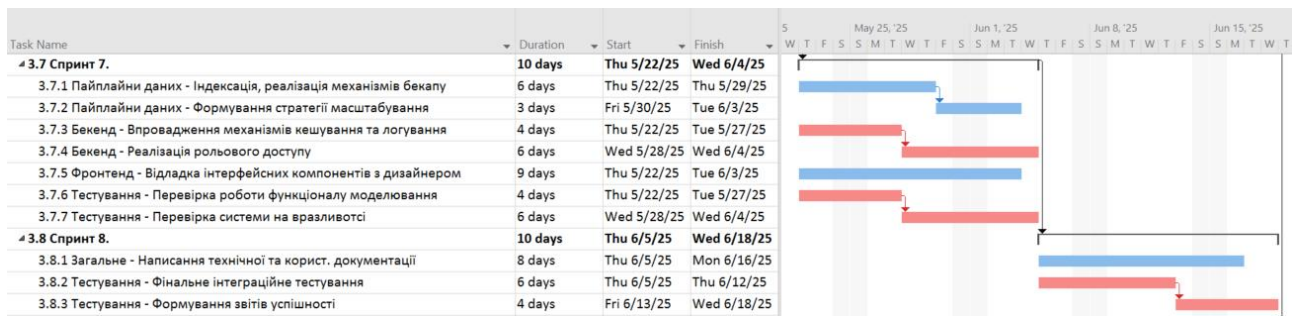


Рис. 4.12. Календарне планування – Sprints 7-8

Блок робіт 4. Розгортання та впровадження (рис. 4.13).

Тривалість по часу - 30 днів.

Загальний об'єм робіт - 30 люд./днів.

Після успішної розробки та тестування системи заключним етапом є її розгортання для безпосередньої передачі кінцевим користувачам. За аналогією до етапів розробки функціональних вимог та проєктування, цей етап складається з ряду послідовних взаємозалежних етапів, що починаються з розгортання серверної інфраструктури і завершується публікацією та налаштуванням систем моніторингу.

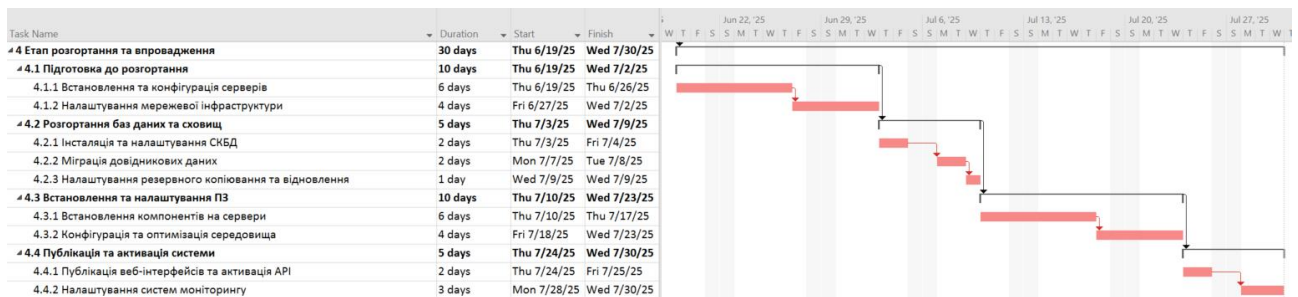


Рис. 4.13. Календарне планування етапу розгортання та впровадження

Після завершення активної фази роботи над продуктом буде проведений ряд активностей по закриттю проєкту: проведення аудиту, фіналізація документації тощо. Запланований час на ці роботи – 8 днів.

В ході ретельного календарного планування отримано оцінку термінів проєкту: 01.01.25 – 11.08.25. Таким чином загальний термін розробки інформаційної системи прогнозування складе до 9 місяців. Важливо зазначити, що описані роботи націлені на створення базової версії системи, що буде покривати нагальні потреби користувачів в автоматизації. Система з технічної

точки зору має великий потенціал в контексті подальшого розвитку, що може бути запланований у якості розробки наступних ітерацій (релізів) поточної версії продукту.

Розроблене календарне планування також відображає критичний шлях, що дозволяє менеджеру визначати найважливіші завдання, які мають безпосередній вплив на загальний графік проекту. Це сприяє більш ефективному розподілу ресурсів і забезпечує пріоритетність виконання завдань, що вимагають негайної уваги. Критичний шлях допомагає уникнути затримок у проекті, аналізуючи можливі ризики та забезпечуючи альтернативні шляхи вирішення проблем, якщо виникає потреба в коригуванні плану.

4.4 Визначення та планування ресурсів

Ресурси, що необхідні для виконання проекту, можна поділити на матеріальні та трудові. Трудові ресурси утворюють собою команду проекту. Серед необхідних трудових ресурсів на етапі формування команди виділено:

1. Керівник проекту.
2. Бізнес-аналітик.
3. Дизайнер.
4. DevOps спеціаліст.
5. Розробники: Data Science Devs (Lead, Middle Dev, Junior Dev).
6. Розробники: Data Engineers (Lead, Middle Dev, Junior Dev).
7. Розробники: Backend Devs (Lead, Middle Dev, Junior Dev).
8. Розробники: Frontend Devs (Lead, Middle Dev, Junior Dev).
9. Тестувальники: QA Lead, Middle QA.

Матеріальні ресурси проекту – інструменти розробки та серверна інфраструктура розробки та розгортання продукту:

1. Сервери локальної розробки. Ці сервери є важливою частиною розробницького процесу, оскільки вони забезпечують розробникам контрольоване середовище для перевірки та тестування програмного забезпечення перед його розгортанням у продуктивне середовище.

Сервери локальної розробки можуть бути конфігуровані для імітації різних операційних систем та апаратних налаштувань, що дозволяє виявляти помилки та невідповідності рано в циклі розробки.

2. Хмарна інфраструктура розгортання та публікації. Хмарна інфраструктура надає можливість швидкого розгортання та масштабування додатків з мінімальними зусиллями. Вона включає в себе сервіси для розгортання, такі як обчислювальні машини, бази даних, сховища даних, мережеві конфігурації та інструменти для автоматизації розгортання. Хмарна інфраструктура дозволяє командам використовувати передові практики DevOps для неперервної інтеграції та розгортання, що сприяє швидкому внесенню змін у продукт та його стабільності.

На рисунку 4.14 зображено загальний список ресурсів проєкту, їх тип, одиниці вимірювання (для матеріальних ресурсів), групу, одиниці завантаженості (для трудових ресурсів) та вартість (в тому числі для незапланованих годин).

	Resource Name	Type	Material	Initials	Max.	Std. Rate	Ovt. Rate	Cost/Use	Group
1	Керівник проєкту	Work		PM	100%	600.00 ₴/hr	800.00 ₴/hr	0.00 ₴	PM
2	Бізнес-аналітик	Work		BA	100%	600.00 ₴/hr	800.00 ₴/hr	0.00 ₴	BA
3	Дизайнер	Work		Design	100%	500.00 ₴/hr	600.00 ₴/hr	0.00 ₴	Design
4	DevOps спеціаліст	Work		DevOps	100%	500.00 ₴/hr	600.00 ₴/hr	0.00 ₴	DevOps
5	DS Lead	Work		DS_L	100%	1,000.00 ₴/hr	1,200.00 ₴/hr	0.00 ₴	DS
6	DS Middle Dev	Work		DS_M	100%	500.00 ₴/hr	600.00 ₴/hr	0.00 ₴	DS
7	DS Junior Dev	Work		DS_J	100%	200.00 ₴/hr	300.00 ₴/hr	0.00 ₴	DS
8	DE Lead	Work		DE_L	100%	1,000.00 ₴/hr	1,200.00 ₴/hr	0.00 ₴	DE
9	DE Middle Dev	Work		DE_M	100%	500.00 ₴/hr	600.00 ₴/hr	0.00 ₴	DE
10	DE Junior Dev	Work		DE_J	100%	200.00 ₴/hr	300.00 ₴/hr	0.00 ₴	DE
11	Backend Lead	Work		BE_L	100%	1,000.00 ₴/hr	1,200.00 ₴/hr	0.00 ₴	BE
12	Backend Middle Dev	Work		BE_M	100%	500.00 ₴/hr	600.00 ₴/hr	0.00 ₴	BE
13	Backend Junior Dev	Work		BE_J	100%	200.00 ₴/hr	300.00 ₴/hr	0.00 ₴	BE
14	Frontend Lead	Work		FE_L	100%	1,000.00 ₴/hr	1,200.00 ₴/hr	0.00 ₴	FE
15	Frontend Middle Dev	Work		FE_M	100%	500.00 ₴/hr	600.00 ₴/hr	0.00 ₴	FE
16	Frontend Junior Dev	Work		FE_J	100%	200.00 ₴/hr	300.00 ₴/hr	0.00 ₴	FE
17	QA Lead	Work		QA_L	100%	700.00 ₴/hr	900.00 ₴/hr	0.00 ₴	QA
18	QA Middle	Work		QA_M	100%	400.00 ₴/hr	500.00 ₴/hr	0.00 ₴	QA
19	Сервери локальної розробки	Material	шт	Лок. серв.		2,000.00 ₴		0.00 ₴	Infra
20	Хмарна інфр. розгортання	Material	шт	Хмар. інфр.		20,000.00 ₴		0.00 ₴	Infra

Рис. 4.14. Список ресурсів проєкту

Планування трудових ресурсів за етапами:

Етап 1 – Збір вимог. На етапі збору бізнес-аналітик та менеджер проєкту відіграють ключову роль, зосереджуючись на взаємодії з зацікавленими

сторонами для ідентифікації та аналізу їхніх потреб та вимог. Бізнес-аналітик відповідає за документування деталізованих вимог і їхнє узгодження з клієнтами та іншими зацікавленими сторонами, забезпечуючи, що вимоги повністю рефлектують бізнес-цілі проекту. Менеджер проекту фокусується на координації учасників проекту, плануванні ресурсів та забезпеченні зв'язку між різними командами. Щодо розробників, особливо лідерів кожного напрямку, їхнє залучення на цьому етапі зосереджене на перевірці технічної реалізованості вимог, оцінці необхідних зусиль для реалізації та внесенні пропозицій щодо технічних аспектів специфікацій. Вони також допомагають в пріоритизації вимог, забезпечуючи, що найважливіші функції розробляються першочергово.

Етап 2. Проектування системи. На цьому етапі ліди напрямків зосереджуються на створенні архітектури, яка може ефективно підтримувати бізнес-вимоги та водночас забезпечувати захист від потенційних загроз. Залучення розробників Middle рівня до ряду робіт дозволяє розосередити навантаження та завершити необхідні роботи по безпековій частині згідно запланованих термінів (рис. 4.15).

Паралельно, бізнес-аналітик, дизайнер та спеціалісти з відділу фронтенду активно працюють над проектуванням користувацьких інтерфейсів. Вони забезпечують, щоб дизайн був інтуїтивно зрозумілим та зручним для користувачів, з урахуванням встановлених бізнес-вимог та зворотного зв'язку від зацікавлених сторін.

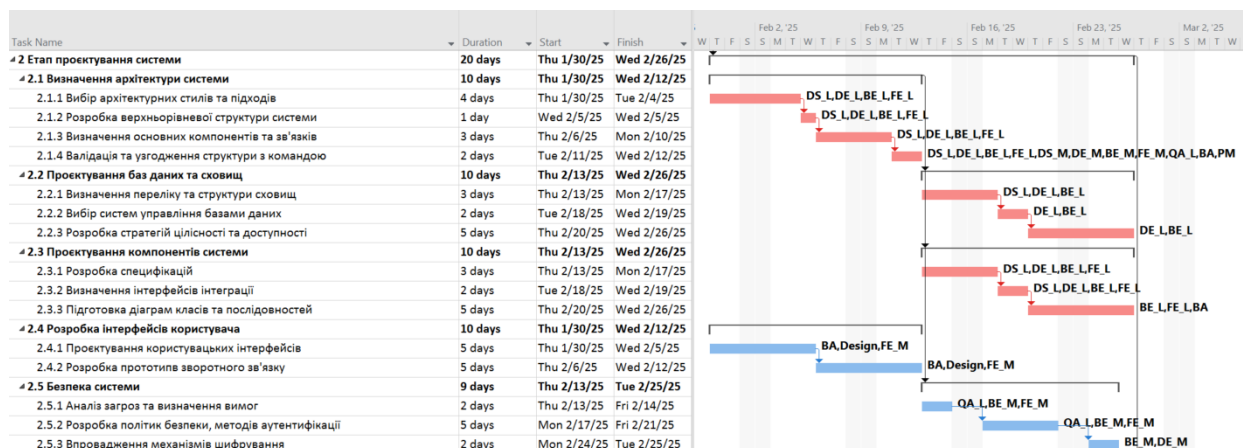


Рис. 4.15. Розподіл трудових ресурсів етапу проектування

Етап 3. Розробка системи. Планування на спринт паралельних робіт з різних напрямків, таких як Data Science (DS), Data Engineering (DE), Backend, та Frontend, дозволяє команді максимально оптимізувати ресурси та час. Цей підхід сприяє розподілу навантаження між членами команди, забезпечуючи, що всі

В контексті розподілу ресурсів паралельне виконання завдань сприяє більш рівномірному розподілу робочого навантаження, що знижує ризик перевантаження окремих членів команди та підвищує загальну продуктивність.

Окрім цього, завдяки різному рівню досвіду та компетенцій серед членів кожної підкоманди, що складається з Lead, Middle та Junior розробників, можливе ефективне балансування та розосередження навантаження на етапі розробки (див. рис. 4.16). Повний розподіл трудових ресурсів етапу розробки наведено у Додатку В.

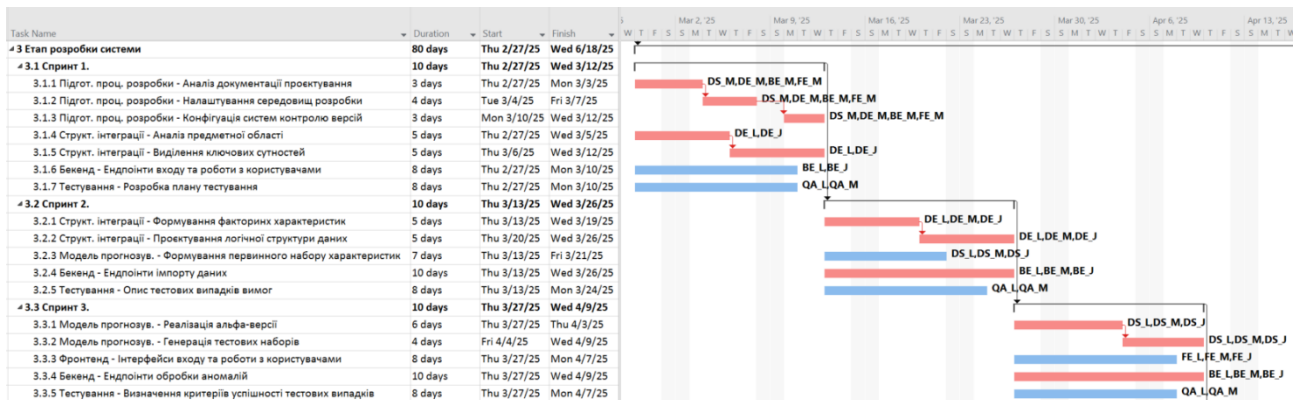


Рис. 4.16. Фрагмент розподілу трудових ресурсів етапу розробки

Етап 4. Розгортання та впровадження. На цьому етапі ключовою особою є DevOps спеціаліст, адже саме він є катализатором та реалізатором процесів розгортання.

Водночас, виходячи зі специфіки та складності продукту, представники команд різних напрямків долучаються до процесу у якості консультантів, а також виконують ряд робіт, що безпосередньо відносяться до того чи іншого напрямку реалізації (рис. 4.17).

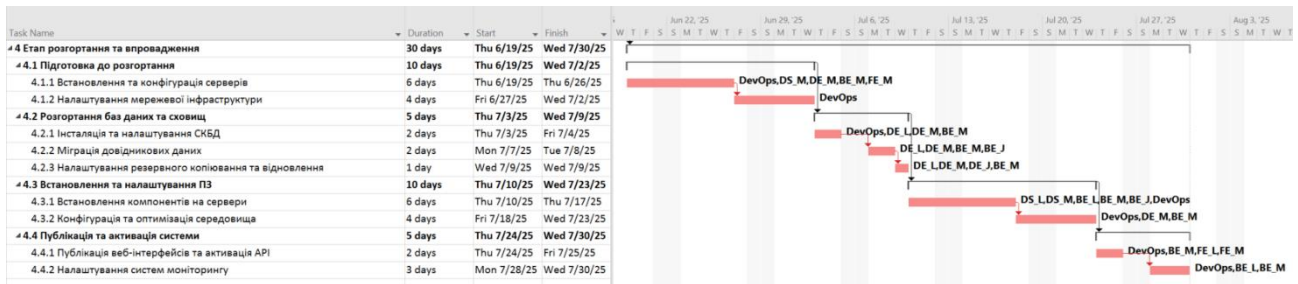


Рис. 4.17. Розподіл трудових ресурсів етапу розгортання

При цьому до блоку робіт завершення проекту найбільш активно залучаються менеджер проекту та бізнес-аналітик, для якісної фіксації результатів проекту та проведення необхідних комунікацій зі стейкхолдерами. Водночас керівник проекту додатково долучається до всіх вищезазначених етапів для контролю виконання задач, ведення аудиту проекту, управління бюджетом та інших управлінських задач.

4.5 Визначення вартості проекту. Базовий графік вартості

Загальна вартість матеріальних та трудових ресурсів визначається на основі попередньо виконаного розподілу ресурсів по задачам. Детальний опис вартості для кожного члену команди відображено на рис. 4.18. Водночас матеріальні ресурси мають наступний розподіл за витратами:

1. Сервери локальної розробки: Кожному технічному члену команди з розрахунку на функціонування середовища протягом всієї реалізації проекту.

15 ч.к. * 2000 грн. = 30000 грн.

2. Хмарна інфраструктура розгортання. Два середовища (Staging та Production) на етапі розгортання та впровадження.

2 с. * 20000 грн = 40000 грн.

Враховуючі всі матеріальні та нематеріальні ресурси, загальна вартість реалізації проекту склала 5128400 гривень. Графік розподілу вартостей за ключовими етапами зображений на рис. 4.19.

	Resource Name	Group	Max.	Peak	Std. Rate	Ovt. Rate	Cost	Work
1	Керівник проекту	PM	100%	100%	600.00 €/hr	800.00 €/hr	247,200.00 €	412 hrs
2	Бізнес-аналітик	BA	100%	100%	600.00 €/hr	800.00 €/hr	192,000.00 €	320 hrs
3	Дизайнер	Design	100%	100%	500.00 €/hr	600.00 €/hr	30,000.00 €	60 hrs
4	DevOps спеціаліст	DevOps	100%	100%	500.00 €/hr	600.00 €/hr	108,000.00 €	216 hrs
5	DS Lead	DS	100%	100%	1,000.00 €/hr	1,200.00 €/hr	467,200.00 €	467.2 hrs
6	DS Middle Dev	DS	100%	100%	500.00 €/hr	600.00 €/hr	272,000.00 €	544 hrs
7	DS Junior Dev	DS	100%	100%	200.00 €/hr	300.00 €/hr	59,200.00 €	296 hrs
8	DE Lead	DE	100%	100%	1,000.00 €/hr	1,200.00 €/hr	647,200.00 €	647.2 hrs
9	DE Middle Dev	DE	100%	100%	500.00 €/hr	600.00 €/hr	328,000.00 €	656 hrs
10	DE Junior Dev	DE	100%	100%	200.00 €/hr	300.00 €/hr	92,800.00 €	464 hrs
11	Backend Lead	BE	100%	100%	1,000.00 €/hr	1,200.00 €/hr	627,200.00 €	627.2 hrs
12	Backend Middle Dev	BE	100%	100%	500.00 €/hr	600.00 €/hr	362,000.00 €	724 hrs
13	Backend Junior Dev	BE	100%	100%	200.00 €/hr	300.00 €/hr	89,600.00 €	448 hrs
14	Frontend Lead	FE	100%	100%	1,000.00 €/hr	1,200.00 €/hr	499,200.00 €	499.2 hrs
15	Frontend Middle De	FE	100%	100%	500.00 €/hr	600.00 €/hr	332,000.00 €	664 hrs
16	Frontend Junior Dev	FE	100%	100%	200.00 €/hr	300.00 €/hr	70,400.00 €	352 hrs
17	QA Lead	QA	100%	100%	700.00 €/hr	900.00 €/hr	420,000.00 €	600 hrs
18	QA Middle	QA	100%	100%	400.00 €/hr	500.00 €/hr	214,400.00 €	536 hrs

Рис. 4.18. Результуючі вартості трудових ресурсів

Розподіл вартості між різними етапами розробки проекту можна пояснити таким чином:

- Етап формування вимог - Залучення аналітика та зацікавлених сторін для обговорення потреб і можливостей, але при цьому не вимагається складних технічних ресурсів чи розробок.
- Етап проектування - вимагає більше вкладень, тому що на ньому працюють архітектори програмного забезпечення, дизайнери систем та інженери, які створюють технічну специфікацію проекту. Це ключовий етап, де визначаються всі технічні деталі проекту.
- Етап розробки - Найбільша частка бюджету виділяється на цей етап, що є типовим, оскільки саме тут відбувається реальна реалізація проекту. Розробка включає роботу великої кількості програмістів, тестувальників та управлінців, що потребує значних витрат на зарплати, інфраструктуру та інструментарій.
- Етап розгортання та впровадження - Витрати на цей етап також суттєві, але менші ніж на розробку, оскільки включають налаштування системи на продакшн-середовищі, навчання користувачів та підтримку після запуску.

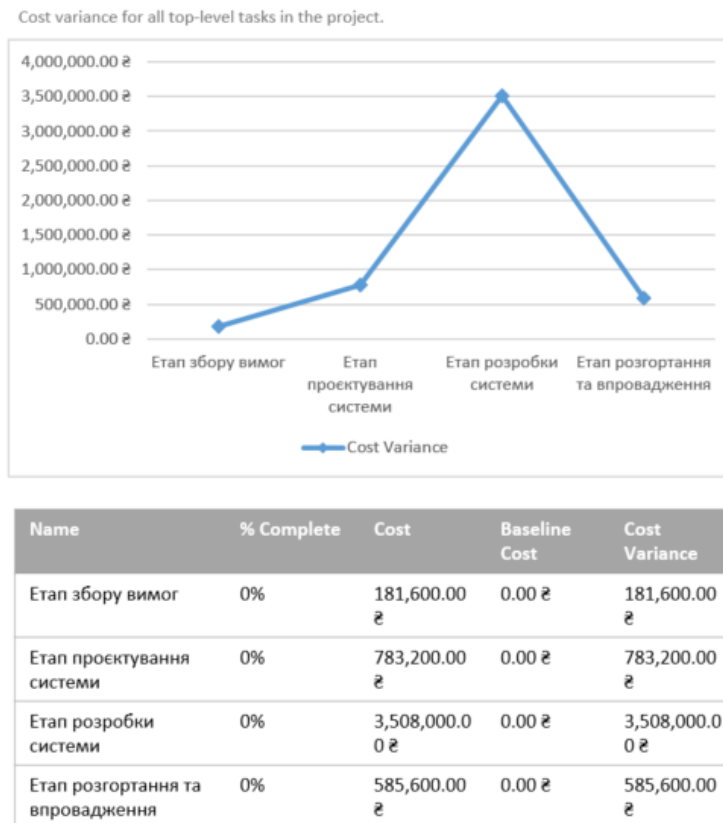


Рис. 4.19. Розподіл вартості за ключовими етапами

Базовий графік вартості проекту, зображений на рис. 4.20, дозволяє визначити ключові фази витрат та спланувати бюджет ефективніше, враховуючи передбачувані пікові навантаження та мінімальні витрати у певні періоди проекту. Деталізуючи, можна виділити наступні аспекти, які допомагають планувати бюджет більш ефективно:

- Ключові фази витрат: Базовий графік вартості демонструє, коли і скільки грошей буде витрачено на певні фази проекту. Наприклад, початкові фази, такі як планування та дизайн, вимагають менших витрат порівняно з фазою реалізації, де витрати на матеріали, робочу силу і технології зростають. Визначення цих фаз дозволяє менеджеру спланувати бюджет заздалегідь і виділяти ресурси ефективніше.
- Передбачувані пікові навантаження: Графік вартості відображає періоди, коли проект може вимагати найбільшого фінансування, зазвичай під час реалізації значних елементів або завершення важливих віх. Розуміння цих пікових періодів дозволяє проектним командам заздалегідь готуватись до

вищих витрат, а також планувати мінімізацію витрат, шукаючи більш економічні рішення або оптимізуючи ресурси.

- Мінімальні витрати у певні періоди: Графік також вказує на періоди з нижчими витратами, які можуть виникнути під час переходів між фазами або коли проект перебуває в стані оцінки та аналізу. Ефективне використання цих періодів для планування та підготовки до наступних фаз може знизити загальні витрати та забезпечити краще управління фінансовими ресурсами.

Використовуючи базовий графік вартості, менеджер може не тільки слідкувати за загальними витратами, але й вчасно реагувати на зміни у фінансуванні, адаптуючи проектні плани відповідно до поточного фінансового стану.

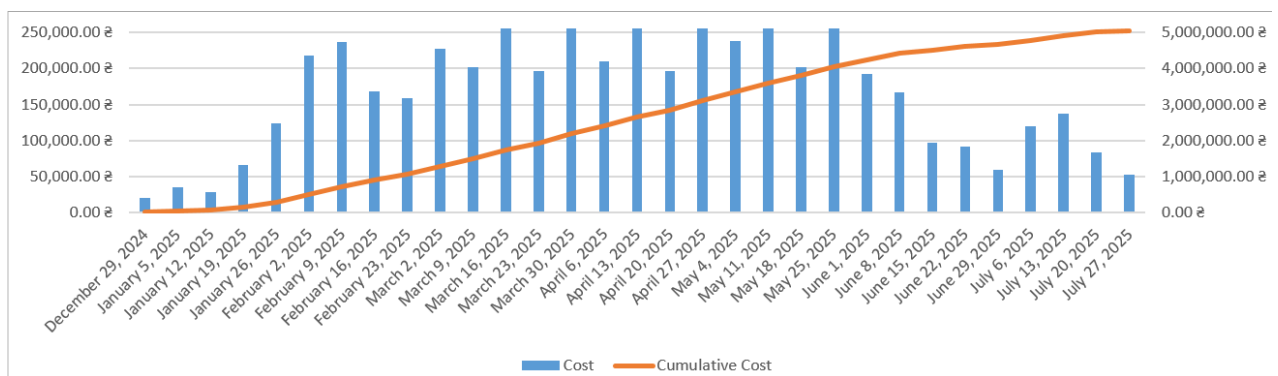


Рис. 4.20. Базовий графік вартості проекту

ВИСНОВКИ

Сфера роздрібної торгівлі є однією з найбільш конкурентних на ринку через загальну глобалізацію та відносно низький рівень входу. В цих умовах прогнозування попиту стало важливим інструментом для виживання та росту. Водночас якісне прогнозування є викликом через волатильність попиту, проблемами з управлінням даними та ефектом зовнішніх факторів. Сучасні інформаційні системи прогнозування попиту, що базуються на статистичних моделях та алгоритмах машинного навчання, пропонують рішення зазначених проблем і є все більш популярними на ринку.

Проведено ґрунтовне дослідження предметної області, яке охопило аналіз ринкових тенденцій, вивчення потреб користувачів та особливостей даних, що використовуються для прогнозування попиту. Виявлено ключові виклики, з якими стикаються організації при аналізі попиту, що стало основою для формулювання проблематики дослідження.

Здійснено аналіз різноманітних технічних рішень та існуючих інформаційних технологій у сфері прогнозування попиту. Вибрано ті технології та підходи, які максимально відповідають сучасним вимогам ефективності та гнучкості систем.

Сформовано концепцію проєкту, яка включає цілі, основні завдання системи та способи їхньої реалізації. Встановлено функціональні вимоги, які детально описують засоби і методи роботи системи. Побудовано концептуальні моделі, що відображають логічну структуру інформаційної системи та ключові процеси даних.

Детально описано архітектуру програмного забезпечення, включаючи основні модулі та їхні функції, інтеграцію з зовнішніми системами та внутрішню взаємодію компонентів. Розроблено концептуальну та логічну моделі бази даних, які забезпечують оптимізацію зберігання та доступу до даних, необхідних для аналітики та прогнозування.

Створено детальні схеми алгоритмів обробки даних, що включають процедури збору, очищення та аналізу. Імплементовано алгоритм прогнозування на основі авторегресійної моделі ковзного середнього.

Розроблено інтерфейси користувача, зорієнтовані на зручність і ефективність роботи з системою, включаючи візуальне представлення результатів аналізу та інтерактивні елементи управління прогнозами.

Отримані результати можуть бути використані у якості початкової концепції для імплементації повноцінно функціонуючої системи.

В ході подальшого розвитку планується вдосконалення інтерфейсів користувача. Це включатиме розробку зручних та зрозумілих навігаційних елементів, поліпшення візуального представлення даних, а також інтеграцію інтерактивних засобів для спрощення аналізу та прогнозування.

Крім того, дослідження передбачає ітеративний розвиток моделі прогнозування, який включатиме автоматичний підбір параметрів моделі за допомогою машинного навчання, що дозволить системі самостійно адаптуватися до змінних умов та покращувати точність прогнозів. Особливу увагу буде приділено аналізу сезонних факторів, які впливають на попит, щоб вбудувати в модель можливість прогнозування сезонних коливань. Це не тільки забезпечить більш точні прогнози, але й дозволить користувачам системи ефективніше планувати заходи з урахуванням сезонних змін у попиті на продукти чи послуги.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Cramer-Flood E. Global Ecommerce Trends [Електронний ресурс] / Ethan Cramer-Flood // Insider Intelligence. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.insiderintelligence.com/content/global-ecommerce-2020>.
2. Chevalier S. Retail e-commerce sales worldwide from 2014 to 2026 [Електронний ресурс] / Stephanie Chevalier // Statista. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.statista.com/statistics/379046/worldwide-retail-e-commerce-sales/>.
3. E-commerce in the time of COVID-19 [Електронний ресурс] // Organisation for Economic Co-operation and Development. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.oecd.org/coronavirus/policy-responses/e-commerce-in-the-time-of-covid-19-3a2b78e8/>.
4. World trade report 2018. How digital technologies are transforming global commerce. // World Trade Organization. – 2018. – С. 54–80.
5. Begley S. The next normal in retail: Charting a path forward [Електронний ресурс] / S. Begley, B. Coggins // McKinsey & Company. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.mckinsey.com/industries/retail/our-insights/the-next-normal-in-retail-charting-a-path-forward>.
6. Harvard Business Review. Demand Forecasting for Managers. [Електронний ресурс] // Harvard Business Review Home. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: <https://hbr.org/2018/10/demand-forecasting-for-managers>.
7. Demand forecasting overview [Електронний ресурс] // Microsoft Learn. – 2023. – Режим доступу до ресурсу: <https://learn.microsoft.com/en-us/dynamics365/guidance/business-processes/forecast-to-plan-demand-forecasting-overview>.
8. Skelly L. 2023 retail industry outlook [Електронний ресурс] / L. Skelly, N. Handrinos // Deloitte. – 2023. – Режим доступу до ресурсу: <https://www2.deloitte.com/us/en/pages/consumer-business/articles/retail-distribution-industry-outlook.html>.

9. Syntetos, A. A., Babai, M. Z., Davies, J., & Stephenson, D. (2016). Demand categorization in stock control: A comprehensive empirical analysis. *Journal of the Operational Research Society*, 67(5), 730-748.
10. Chen, H., Chiang, R. H., & Storey, V. C. (2012). Business intelligence and analytics: From big data to big impact. *MIS quarterly*, 36(4).
11. Ivanov, D. (2020). Predicting the impacts of epidemic outbreaks on global supply chains: A simulation-based analysis on the coronavirus outbreak (COVID-19/SARS-CoV-2) case. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 136, 101922.
12. Kusters U. Forecasting software: Past, present and future / Ulrich Kusters. // *International Journal of Forecasting*. – C. 599–615.
13. Doulai P, Cahill W. Short-term price forecasting in electric energy market. In: *Proceedings of international power engineering conference*, (organisers, Nanyang Technical University, et al.), Grand Copthorne Waterfront, Singapore, 17–19 May 2001, pp. 749–754. IEEE.
14. Contreras J, Espinola R, Nogales F, et al. ARIMA models to predict next-day electricity prices. *IEEE Trans Power Syst* 2003; 18(3): 1014–1020.
15. Conejo A, Plazas M, Espinola R, et al. Day-ahead electricity price forecasting using the wavelet transform and ARIMA models. *IEEE Trans Power Syst* 2005; 20(2): 1035–1042.
16. El Bahi Y, Ezzine L, Aman Z, et al. Modeling and forecasting of fuel selling price using time series approach: case study. In: *Proceedings of the international conference on control decision and information technologies*, Thessaloniki, Greece, 10–13 April 2018. IEEE.
17. Nogales F, Conejo A. Electricity price forecasting through transfer function models. *J Oper Res Soc* 2006; 57(4): 1–7.
18. Garcia R, Contreras J, Van Akkeren M, et al. A GARCH forecasting model to predict day-ahead electricity prices. *IEEE Trans Power Syst* 2005; 20(2): 867–874.

19. Bushuyev, S., Bushuyeva, N., Bushuiev, D., Bushuieva, V. Inspirational emotions as a driver of managing information-communication projects. International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies, 2022, pp. 438–441
20. K. Kolesnikova, A. Kolomiiets, O. Mezentseva,, “Customer churn prediction in the software by subscription models it business using machine learning methods” in CEUR Workshop Proceedings, vol.3039, 2021, pp. 119-128.
21. Morozov, V. Elaboration of Communication Models in Adaptive Systems of E-learning with Using Neural Networks, SIST 2021, IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies, 2021.
22. Morozov, V., Kolomiiets, A., Proskurin, M. Predicting Customer Churn Using Machine Learning in IT Startups. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologiesthis, 2022, v. 77, pp. 645–664.
23. Sutherland J.: Scrum: The Art of Doing Twice the Work in Half the Time, 2017, 272 p.
24. Burger, C. J. S. C., Dohnal, M., Kathrada, M., & Law, R. (2001). A practitioners guide to time-series methods for tourism demand forecasting a case study of Durban, South Africa. *Tourism Management*, 22(4), 403–409.
25. Bastianin, A. Galeotti, M. Manera M. Forecast evaluation in call centers: combined forecasts, flexible loss functions and economic criteria. <http://www.statistica.unimib.it/utenti/WorkingPapers/WorkingPapers/20110301.pdf> First version, 2011
26. Bozarth CB, Handfield RB. Introduction to operations and supply chain management, 4th ed. Raleigh: North Carolina State University, 2016.
27. Toktay B. Forecasting product returns. In: Guide VDR Jr, van Wassenhove LN (eds) *Business aspects of closed-loop supply chains*. Pittsburgh: Carnegie Mellon University Press, 2003.
28. Mitsutaka M, Akira I. Examination of demand forecasting by time series analysis for auto parts remanufacturing. *J Remanuf* 2015; 5: 1. DOI: 10.1186/s13243-015-0010-y.

29. Kurawarwala AA, Matsuo H. Product growth models for medium-term forecasting of short life cycle products. *Technol Forecast Soc Chang* 1998; 57: 169–196.
30. Miller D, Williams D. Shrinkage estimators of time series seasonal factors and their effect on forecasting accuracy. *Int J Forecast* 2003; 19: 669–684.
31. Hyndman RJ. The interaction between trend and seasonality. *Int J Forecast* 2004; 20(4): 561–563.
32. Prybutok VR, Yi J, Mitchell D. Comparison of neural network models with ARIMA and regression models for prediction of Houston's daily maximum ozone concentrations. *Eur J Oper Res* 2000; 122(1): 31–40.
33. Ho SL, Xie M, Goh TN. A comparative study of neural network and Box-Jenkins ARIMA modeling in time series prediction. *Comput Ind Eng* 2002; 42(2–4): 371–375.
34. Kandanand K. A comparison of various forecasting methods for autocorrelated time series. *Int J Eng Bus Manage* 2012; 4: 4.
35. Box GEP, Jenkins G. *Time series analysis, forecasting and control*. San Francisco: Holden-Day, 1970.
36. Christina Miranda. 10 Best Sales Forecasting Software [Электронный ресурс] / Christina Miranda // Lemlist. – 2024. – Режим доступа до ресурсу: <https://www.lemlist.com/de/blog/sales-forecasting-software>.
37. Peter Kanai. The Pros and Cons of Using Salesforce Sales Cloud Software [Электронный ресурс] / Peter Kanai. – 2023. – Режим доступа до ресурсу: <https://projectmanagers.net/the-pros-and-cons-of-using-salesforce-sales-cloud-software/>.
38. Adam Goldberg. Pros and Cons of Zoho CRM in 2024 [Электронный ресурс] / Adam Goldberg // FinancesOnline. – 2024. – Режим доступа до ресурсу: <https://financesonline.com/pros-and-cons-of-zoho-crm/>.
39. Kimberlee Leonard. Pipedrive Review 2024: Features, Pros & Cons [Электронный ресурс] / Kimberlee Leonard, Kimberlee Leonard // Forbes

- Advisor. – 2024. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.forbes.com/advisor/business/software/pipedrive-review/>.
40. Alharbi FR, Csala D. A Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average with Exogenous Factors (SARIMAX) Forecasting Model-Based Time Series Approach. *Inventions*. 2022; 7(4):94. <https://doi.org/10.3390/inventions7040094>
41. Arunkumar, M., Palaniappan, S., Sujithra, R., VijayPrakash, S. (2024). Exploring Time Series Analysis Techniques for Sales Forecasting. In: Namasudra, S., Trivedi, M.C., Crespo, R.G., Lorenz, P. (eds) Data Science and Network Engineering. ICDSNE 2023. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 791. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-99-6755-1_4
42. Jeff Tao. Characteristics of Time Series Data [Електронний ресурс] / Jeff Tao // TDengine. – 2023. – Режим доступу до ресурсу: <https://tdengine.com/characteristics-of-time-series-data/>.
43. Syarif Yusuf Effendi. ARIMA for Time-Series Forecasting: Retail Sales Predictions [Електронний ресурс] / Syarif Yusuf Effendi // Medium. – 2023. – Режим доступу до ресурсу: <https://medium.com/@syarifyusuf/arima-for-time-series-forecasting-retail-sales-predictions-6e0da74232a0>.
44. Кужда Т. Довірчий інтервал для складання економічних прогнозів [Електронний ресурс] / Тетяна Кужда, Михайло Галушак // Соціально-економічні проблеми і держава. — 2014. — Вип. 2 (11). — С. 162-169. — Режим доступу до журн.: <http://sepd.tntu.edu.ua/images/stories/pdf/2014/14ktisep.pdf>.
45. Will Kenton. What Is PEST Analysis? Its Applications and Uses in Business [Електронний ресурс] / Will Kenton // Investopedia. – 2024. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.investopedia.com/terms/p/pest-analysis.asp>.
46. D. M. Burghate, "Work Breakdown Structure: Simplifying Project Management," *International Journal of Commerce and Management Studies*, vol. 3, no. 2, pp. 1–5, 2018.

47. Adam Hayes. Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) Prediction Model [Электронный ресурс] / Adam Hayes // Investopedia. – 2023. – Режим доступа до ресурсу: <https://www.investopedia.com/terms/a/autoregressive-integrated-moving-average-arima.asp>.
48. Rob Vettor. Architecting Cloud Native .NET Applications for Azure / Rob Vettor, Steve "ardalis" Smith. – Redmond, Washington: Microsoft Developer Division, 2023.
49. Billy Okeyo. Introduction to Blazor [Электронный ресурс] / Billy Okeyo. – 2023. – Режим доступа до ресурсу: <https://www.billyokeyo.com/posts/introduction-to-blazor/>.
50. Darshana Mihiran Edirisinghe. Blazor Series: Episode 1 — Introduction to Blazor [Электронный ресурс] / Darshana Mihiran Edirisinghe // Medium. – 2024. – Режим доступа до ресурсу: <https://medium.com/@darshana-edirisinghe/blazor-series-episode-1-introduction-to-blazor-8c54bbdeb875>.

ДОДАТОК А

Оцінка факторів у PEST-аналізі

Таблиця А.1.

Характер та ступінь впливу політичних факторів

Фактор	Хар-р.	Експ1	Експ2	Експ3	Експ4	Ср. бал
Законодавство про захист даних	-	2	2	3	2	2.25
Торгівельні відносини	-	2	1	2	3	2
Політична стабільність	+	1	2	2	3	2

Обґрунтування характеру впливу:

Законодавство про захист даних - Обмеження у зборі та обробці даних може ускладнити прогнозування.

Торгівельні відносини - Нестабільність у цінах і доступності товарів може вплинути на продажі.

Політична стабільність - Стабільність сприяє передбачуваності попиту та цін.

Таблиця А.2.

Характер та ступінь впливу економічних факторів

Фактор	Хар-р.	Експ1	Експ2	Експ3	Експ4	Ср. бал
Економічні цикли	-	3	2	3	2	2.5
Курси валют	-	2	1	2	3	2
Інфляція	-	2	3	2	2	2

Обґрунтування характеру впливу:

Економічні цикли - Важливо враховувати циклічні коливання в економіці.

Курси валют - Коливання валют можуть суттєво впливати на ціни.

Інфляція - Висока інфляція знижує купівельну спроможність.

Таблиця А.3.

Характер та ступінь впливу соціально-культурних факторів

Фактор	Хар-р.	Експ1	Експ2	Експ3	Експ4	Ср. бал
Зміни в споживацьких трендах	+	2	2	3	1	2
Стиль життя та культура	+	2	2	2	1	1.75

Обґрунтування характеру впливу:

Зміни в споживацьких трендах - Варіативність попиту та споживацьких трендів підвищує потребу в системах прогнозування.

Стиль життя та культура - Культурні зміни можуть відкривати нові ринки для впровадження системи.

Таблиця А.4.

Характер та ступінь впливу технологічних факторів

Фактор	Хар-р.	Експ1	Експ2	Експ3	Експ4	Ср. бал
Інновації у сфері аналітики даних	+	3	2	3	3	2.75
Цифровізація торгівлі	+	3	3	2	2	2.5
Безпека даних	+	2	3	2	3	2.5

Обґрунтування характеру впливу:

Інновації у сфері аналітики даних - Покращення в аналітиці може значно збільшити точність прогнозів.

Цифровізація торгівлі - Зростання е-комерції змінює моделі продажів та спрощує інтеграцію систем прогнозування.

Безпека даних – Розвиток захисту даних є ключовим для збереження чутливої клієнтської інформації.

ДОДАТОК Б

Фрагменти налаштування веб частини системи прогнозування

```

var builder = WebApplication.CreateBuilder(args);

var connectionString = builder.Configuration.GetConnectionString("DefaultConnection");
builder.Services.AddDbContext<ApplicationDbContext>(options =>
    options.UseSqlServer(connectionString));

builder.Services.AddDatabaseDeveloperPageExceptionFilter();
builder.Services.AddDefaultIdentity<IdentityUser>(
    options => options.SignIn.RequireConfirmedAccount = true)
    .AddEntityFrameworkStores<ApplicationDbContext>();

builder.Services.AddRazorPages();
builder.Services.AddServerSideBlazor();
builder.Services.AddScoped<AuthenticationStateProvider,
    RevalidatingIdentityAuthenticationStateProvider<IdentityUser>>();

builder.Services.AddScoped<IDataProcessingService, DataProcessingService>();

builder.Services.AddScoped<IForecastingSettingsService, ForecastingSettingsService>();
builder.Services.AddScoped<ISalesForecastingService, SalesForecastingService>();

builder.Services.AddScoped<ICategoryHierarchyService, CategoryHierarchyService>();
builder.Services.AddScoped<ILocationHierarchyService, LocationHierarchyService>();

builder.Services.AddScoped<IUserManagementService, UserManagementService>();

var app = builder.Build();

```

Рис. Б.1. Наповнення контейнеру реєстрації сервісів

```

if (app.Environment.IsDevelopment())
    app.UseMigrationsEndPoint();

else {
    app.UseExceptionHandler("/Error");
    app.UseHsts();
}

app.UseHttpsRedirection();

app.UseStaticFiles();

app.UseRouting();

app.UseAuthentication();
app.UseAuthorization();

app.MapControllers();
app.MapBlazorHub();
app.MapFallbackToPage("/_Host");

app.Run();

```

Рис. Б.2. Налаштування Middleware та запуск хост-серверу

ДОДАТОК В

Повний розподіл трудових ресурсів етапу розробки

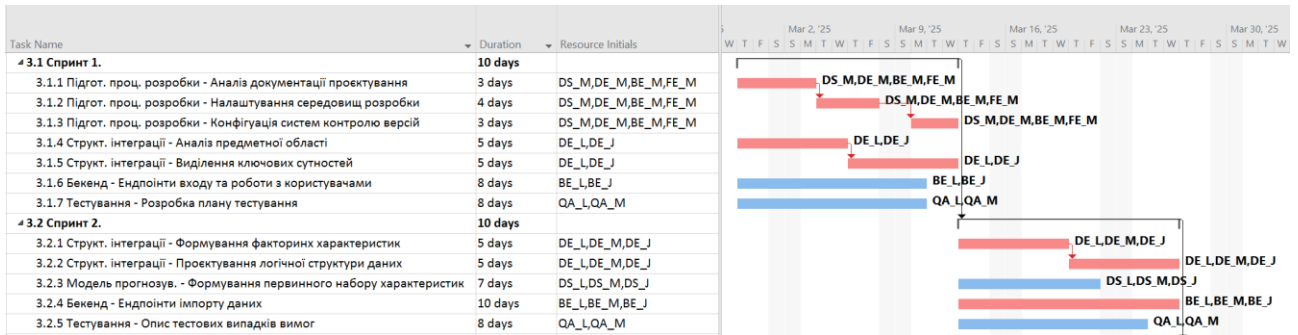


Рис. В.1. Розподіл ресурсів етапу розробки – Sprints 1-2

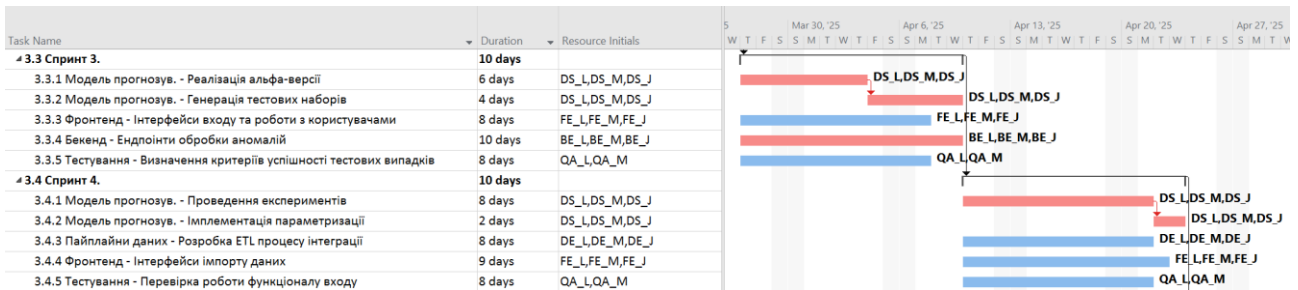


Рис. В.2. Розподіл ресурсів етапу розробки – Sprints 3-4

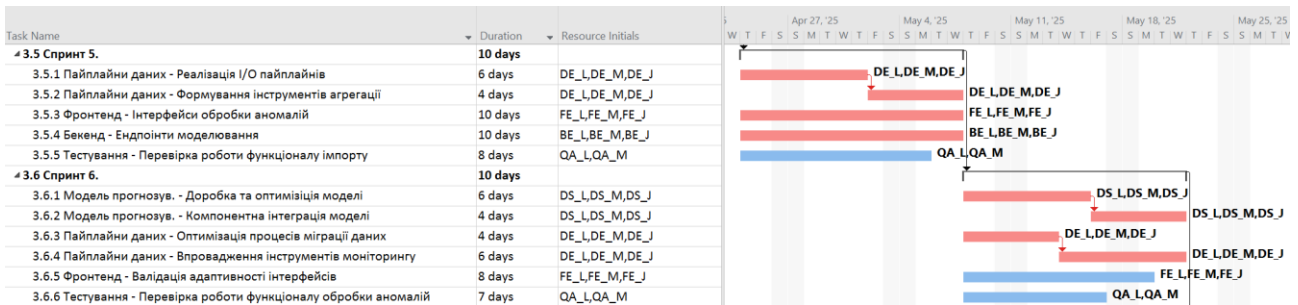


Рис. В.3. Розподіл ресурсів етапу розробки – Sprints 5-6

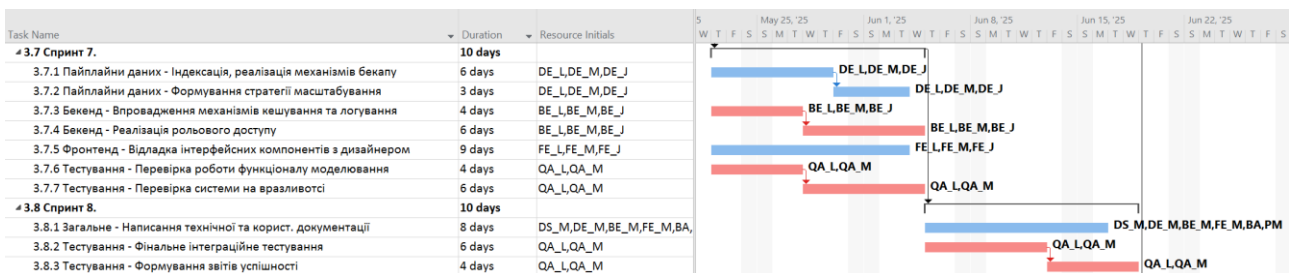


Рис. В.4. Розподіл ресурсів етапу розробки – Sprints 7-8