

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

Факультет інформаційних технологій

Кафедра технологій управління

Спеціальність 122 – Комп’ютерні науки,
освітньо-наукова програма «Управління проєктами»

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

на тему:

«Дослідження процесів управління проєктом розробки інформаційної системи для консолідованого зберігання даних про канали мультимедійної компанії»

Студентки 2-го курсу групи УП-21

Анастасії АВРАМЕЦЬ

(ім'я, прізвище)

(підпис студента)

Науковий керівник:

К.Т.Н., доцент

(науковий ступінь, вчене звання)

Вадим ЗЮЗЮН

(ім'я, прізвище)

(дата)

(підпис)

Попередній захист:

(Висновок: "До захисту в Екзаменаційній комісії")

Завідувач кафедри
технологій управління

(підпис)

Віктор МОРОЗОВ

(ім'я, прізвище)

(дата)

Київ 2026

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА
Факультет інформаційних технологій**

Кафедра технологій управління

Освітній рівень Магістр

Спеціальність 122 Комп'ютерні науки

Освітньо-наукова програма Управління проєктами

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
професор Віктор МОРОЗОВ

«8» грудня 2025 року

**З А В Д А Н Н Я
НА ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**

Студент: Аврамець Анастасія Олександрівна

Група: УП-21

1. Тема кваліфікаційної роботи: «Дослідження процесів управління проєктом розробки інформаційної системи для консолідованого зберігання даних про канали мультимедійної компанії».

Затверджена протоколом кафедри ТУ від 5 грудня 2025 року № 4.

2. Строк подання студентом готової роботи – «21» травня 2026 року.

3. Цільова установка та вихідні дані до роботи: Дослідження різних підходів і інструментів для управління проєктами з розробки інформаційних систем, а також їх застосування під час планування самого проєкту, ресурсів, бюджету та процесу управління ризиками.

4. Зміст роботи: дослідження конкурентного середовища, обґрунтування доцільності та життєздатності проєкту, загальний опис проєкту, аналіз зацікавлених сторін проєкту, проведення SWOT-аналізу, вибір методології управління проєктом, формування серверної частини продукту проєкту,

організаційна структура проєкту, планування робіт проєкту, бюджетування проєкту, управління ризиками проєкту. Розробка інформаційної структури проєкту, створення концептуальної моделі бази даних, проєктування інтерфейсу користувача.

5. Перелік графічного матеріалу: концептуальна та математична моделі інформаційної системи, WBS структура проєкту, продукту проєкту, OBS структура проєкту, діаграма Ганта, ризики проєкту, архітектура інформаційної системи, модель бази даних, сторінки сайту.

6. Календарний план виконання роботи

№ з/п	Назва частин роботи	План виконання роботи
1	Вивчення літературних джерел з предмету дослідження	11.01.25-30.01.25
2	Складання плану кваліфікаційної роботи	15.01.26-23.01.26
3	Ознайомлення наукового керівника з розгорнутим планом кваліфікаційної роботи. Внесення змін	26.01.26
4	Підготовка розділу 1	27.01.26-26.02.26
5	Підготовка розділу 2	27.02.26-16.03.26
6	Підготовка розділу 3	17.03.26-06.04.26
7	Підготовка розділу 4	07.04.26-26.04.26
8	Оформлення кваліфікаційної роботи	27.04.26-03.05.26
9	Передача кваліфікаційної роботи науковому керівникові	04.05.26
10	Передача кваліфікаційної роботи рецензенту для рецензування	08.05.26
11	Захист кваліфікаційної роботи	25.05.26-26.05.26

Дата видачі завдання «10» грудня 2025 р.

Керівник роботи

доцент Вадим ЗЮЗЮН

(посада, ім'я, прізвище)

(підпис)

Завдання прийняв до виконання студентка групи УП-21

Анастасія АВРАМЕЦЬ

(ім'я, прізвище)

(підпис)

АНОТАЦІЯ

кваліфікаційної роботи магістра на тему

«Дослідження процесів управління проєктом розробки інформаційної системи для консолідованого зберігання даних про канали мультимедійної компанії»

Студентка: Аврамець Анастасія Олександрівна

Науковий керівник: Зюзюн Вадим Ігорович

Рік захисту – 2026

Метою кваліфікаційної роботи є створення інформаційної системи для консолідованого зберігання, структурування та аналізу технічних, контентних та інвентарних даних медіа-компанії.

Ціль проєкту – створити МАМ систему для консолідації та зберігання великих масивів даних про канали мультимедійної компанії для автоматизації процесів обробки, уникнення простою, спричиненого збоями через різноманітність даних, а також підвищення операційної ефективності.

Наукова новизна дослідження полягає у теоретичному обґрунтуванні та розробці комплексного підходу до управління проєктом створення інформаційної системи в умовах жорстко регламентованої медіа-інфраструктури, яка, на відміну від існуючих реляційних підходів, дозволяє формалізувати складну ієрархічну топологію зв'язків між фізичним обладнанням (приймально-передавальні станції) та логічними сервісами мовлення.

Практична цінність полягає у можливості прямої інтеграції створеної системи та запропонованих алгоритмів управління в робочі процеси медіапідприємств. Це забезпечує перехід від фрагментарного зберігання даних до цілісного цифрового середовища, що суттєво прискорює доступ до технічних параметрів та оптимізує швидкість реагування на критичні інциденти в ефірній інфраструктурі.

Кваліфікаційної робота складається з анотації, вступу, основної частини, яка включає чотири розділи, висновків, переліку використаних інформаційних джерел та додатків.

У першому розділі здійснено дослідження конкурентного середовища інформаційних систем консолідованого зберігання даних; здійснено обґрунтування доцільності та життєздатності проєкту; проведено побудову дерева проблем і дерева рішень для проєкту розробки інформаційної системи; проведено SWOT-аналізу для проєкту; здійснено аналіз зацікавлених сторін проєкту, постановку задачі дослідження, формування технічного завдання на розробку у вигляді паспорту проєкту; ідентифіковано функціональні та нефункціональні вимоги для розробки інформаційної системи.

У другому розділі розроблено концептуальну та математичні моделі, а також описане практичне застосування для систем консолідованого зберігання даних.

В третьому розділі вибрано технології управління проєктом, розроблено ієрархічну та організаційні структури, визначено функціональні та нефункціональні вимоги до майбутнього продукту, сплановано ресурси та бюджет на реалізацію проєкту. Окремо було складено календарний план проєкту та проведено оцінку ризиків.

В четвертому розділі запропоновано концептуальну та логічну моделі баз даних, вибір фреймворку для розробки кінцевого продукту, розроблено Back-end системи та змодельовано користувацький інтерфейс.

Робота містить: 104 сторінки без додатків, 28 рисунків та 14 таблиць. Додатки складають 12 сторінок.

Ключові слова: управління метаданими, консолідація даних, інформаційна система, медіа-активи (МAM), архітектура ІТ-проєктів, бази даних, цифрова трансформація, мультимедійна компанія.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОБЛЕМИ, ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ФОРМУВАННЯ ОСНОВ РОЗРОБКИ ПРОЄКТУ	10
1.1 Дослідження конкурентного середовища інформаційних систем консолідованого зберігання даних	10
1.2 Обґрунтування доцільності та життєздатності проєкту	14
1.3 Побудова дерева проблем і дерева рішень для проєкту розробки інформаційної системи	16
1.4 Проведення SWOT-аналізу	19
1.5 Аналіз зацікавлених сторін проєкту.....	22
1.6 Формування технічного завдання на розробку інформаційної системи у вигляді паспорту проєкту	25
1.7 Функціональні та нефункціональні вимоги інформаційної системи	28
РОЗДІЛ 2. КОНЦЕПТУАЛЬНА ТА МАТЕМАТИЧНА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	31
2.1 Концептуальне моделювання інформаційної системи.....	31
2.2 Розробка математичної моделі інформаційної системи	34
2.3 Приклади застосування розроблених математичних моделей.....	38
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНОЇ СТРУКТУРИ ПРОЄКТУ	41
3.1 Вибір технології управління проєктом	41
3.2 Розробка ієрархічної структури проєкту	42
3.3 Організаційна структура проєкту. Розподіл відповідальності	49
3.4 Управління ресурсами та бюджетування проєкту.....	51
3.5 Календарне планування проєкту	53
3.6 Управління ризиками проєкту	57
РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА СКДАДОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ	65
4.1 Розробка архітектури інформаційної системи	65

4.2 Розробка концептуальної та логічної моделей баз даних	69
4.3 Розробка серверної частини	81
4.4 Розробка клієнтської частини	86
4.5 Забезпечення якості при розробці інформаційної системи	92
ВИСНОВКИ.....	97
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ	98
ДОДАТКИ.....	105

ВСТУП

Сучасний етап розвитку медіа-індустрії характеризується стрімкою цифровою трансформацією та безпрецедентним ускладненням технічної інфраструктури мовлення. Процеси дистрибуції контенту сьогодні охоплюють десятки мультимедійних каналів, сотні одиниць приймального та передавального обладнання, а також розгалужену мережу супутникових та наземних джерел сигналу. У таких динамічних умовах медіа-холдинги стикаються з проблемою інформаційного хаосу: критичні обсяги різномірних даних часто надходять у неструктурованому вигляді, що ускладнює оперативне управління активами.

Ключовим викликом для менеджменту є подолання інформаційної фрагментарності. Практичний досвід експлуатації мовних комплексів вказує на те, що технічні параметри (частотний ресурс, SID, PID-параметри), інвентарні дані (ідентифікатори карток умовного доступу) та юридичні аспекти (права на трансляцію) часто зберігаються у розрізнених, несинхронізованих базах даних. Відсутність єдиного стандарту ведення технічних паспортів каналів призводить до дублювання інформації та виникнення помилок, що в критичних ситуаціях стає причиною тривалого простою та помилкових управлінських рішень. Традиційні підходи до лінійного збереження даних не здатні відобразити реальну топологію зв'язків між фізичним обладнанням та логічними потоками сигналів.

Тому на основі вище зазначеного і була сформована **мета кваліфікаційної роботи**, а саме створення інформаційної системи для консолідованого зберігання, структурування та аналізу технічних, контентних та інвентарних даних медіа-компанії.

Завданнями кваліфікаційної роботи є:

1. Аналіз специфічних особливостей дистрибуції медіаконтенту та виявити недоліки поточних методів управління даними.
2. Вивчення методології управління проєктами зі створення складних ІТ-систем.
3. Формування переліку функціональних та нефункціональних вимог.

4. Розробка концептуальної, математичної, та архітектурної моделей інформаційної системи та бази даних.

5. Розробка OBS, WBS, календарного плану проєкту та діаграми Ганта;

6. Формування карти протиризикових заходів на основі їх ідентифікації, а також кількісної та якісної оцінки.

7. Розробка прототипів клієнтських та адміністративних інтерфейсів.

Об'єктом дослідження є процеси розробки складних інформаційних систем у сфері мультимедійних технологій та телекомунікацій.

Предметом дослідження є методи та інструменти управління проєктом щодо розробки та впровадження інформаційної системи консолідованого зберігання даних про канали медіа-компанії з використанням каскадної моделі життєвого циклу.

Наукова новизна дослідження полягає у теоретичному обґрунтуванні та розробці комплексного підходу до управління проєктом створення інформаційної системи в умовах жорстко регламентованої медіа-інфраструктури, яка, на відміну від існуючих реляційних підходів, дозволяє формалізувати складну ієрархічну топологію зв'язків між фізичним обладнанням (приймально-передавальні станції) та логічними сервісами мовлення.

Практичне значення роботи визначається можливістю безпосереднього впровадження розробленої інформаційної системи та управлінських рішень у діяльність мультимедійних компаній. Вона дозволить консолідувати розрізнені дані в єдиному цифровому просторі, що скорочуватиме час на пошук технічної інформації та прийняття рішень під час аварійних ситуацій.

Апробація результатів роботи. Результати дослідження були представлені на конференціях: IEEE 6th International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST), Astana, Kazakhstan, 13-15 May, 2026; XXIII Міжнародна науково-практична конференція (РМ Kyiv-26) «Управління проєктами у розвитку суспільства», Київ, 22 травня 2026 року.

РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОБЛЕМИ, ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ФОРМУВАННЯ ОСНОВ РОЗРОБКИ ПРОЄКТУ

1.1 Дослідження конкурентного середовища інформаційних систем консолідованого зберігання даних

Ефективне управління процесами консолідації та верифікації технічних метаданих сучасної мультимедійної компанії неможливе без впровадження високоефективних інструментів агрегації та обробки даних. Для проведення ґрунтовного дослідження конкурентного середовища необхідно класифікувати існуючі технологічні рішення, що представлені на глобальному ринку інформаційних систем. Аналіз галузевої практики свідчить, що на сучасному етапі домінує використання трьох класів систем:

- OSS (operations support systems);
- NMS (network management systems);
- IRM (inventory & resource management).

Operations Support Systems (далі – OSS) – системи операційної підтримки, що забезпечують управління та аналіз внутрішніх мережевих операцій телекомунікаційної компанії. Сюди входить моніторинг ресурсів та запасів, управління несправностями, надання послуг, а також налаштування мережі та забезпечення її безперебійної роботи. Головною метою OSS є забезпечення безперебійної роботи мереж [1].

Системи класу Service Inventory надають можливість здійснювати детальну інвентаризацію логічних потоків із відстеженням їхніх параметрів, таких як SID, PID та частот. Подібні рішення часто виявляються надмірно складними і більше адаптовані до потреб мобільних операторів, ніж до вимог телевізійного мовлення. Однією із таких систем операційної підтримки є Oracle Communications.

Oracle Communications – лідери у сегменті управління мережевими ресурсами. Система дозволяє об'єднати фізичні ресурси (антени, ресивери, сервери) та логічні сервіси (телеканали, IP-потoki, частоти) в єдину модель

даних. Вона використовує стандарти SID, що дозволяє будувати складні ієрархії [2].

Amdocs, що початково був лідером у BSS (business support systems) сегменті має сучасні рішення (Amdocs CES), які охоплюють повний цикл управління сервісами.

Це перше в галузі рішення на базі генеративної штучного інтелекту (GEN-AI), яке кардинально змінює підхід медіаорганізацій до управління бібліотеками контенту та їх монетизації.

Catalog Intelligence спрощує традиційно складні та розрізнені робочі процеси, об'єднуючи розрізнені джерела даних, надаючи практичні аналітичні висновки та використовуючи передові технології обробки [3]. Також система має змогу прив'язати технічну інформацію про канал до контрактів із правовласниками та термінів дії ліцензій.

Однак, Oracle та Amdocs створені для обслуговування Tier-1 операторів як Vodafone чи Київстар з мільйонами абонентів. Ці системи є універсальними конструкторами для телекому. Вони не мають готових шаблонів для специфічних медіа-об'єктів, що вимагає додаткового навчання систем ще на етапі впровадження, який зазвичай триває від 6 до 18 місяців. Кожна зміна в моделі даних (наприклад, додавання специфічного поля для супутникової картки) може потребувати окремої доробки.

Обравши Amdocs чи Oracle, компанія стає заручником їхнього стеку технологій. Інтеграція з локальним обладнанням може бути технічно заблокована або дуже дорогою через складні API.

Також варто проаналізувати Network Management Systems (далі – NMS) – системи моніторингу та керування мережевим обладнанням. Це комплексні набори програмних і апаратних засобів, призначені для моніторингу, управління та обслуговування мережевої інфраструктури, що забезпечують мінімальний час простою та оптимальну продуктивність послуг. Вони забезпечують автоматизацію налаштування, управління несправностями

та аналіз продуктивності, що є надзвичайно важливим для складних мереж, що складаються з обладнання різних виробників.

Найбільш комплексна система у світі медіа-інженерії, яка працює на стику NMS та OSS є DataMiner. DataMiner не є повноцінною програмою, а пропонує набір модулів, що здатні поєднувати різноманітні дані у одну екосистему [4-5].

Основними модулями є:

- Asset Management Module – веде облік фізичного майна (серійні номери, версії прошивок, порти).
- Service & Resource Management – поєднує технічний ресурс (наприклад, супутниковий транспондер) із сервісом (конкретним телеканалом).
- Spectrum Analysis & Monitoring – аналізує RF-параметри (рівень сигналу, шум).

І хоч система дає можливість реалізувати модуль SRM, що забезпечить зв'язок між фізичним ресурсом (транспондером) та логічним сервісом (каналом), DataMiner фокусується виключно на технічному моніторингу та не містить вбудованих інструментів для обліку ліцензійних прав, юридичних обмежень мовлення та адміністративної інвентаризації.

Також варто сказати про Inventory & Resource Management (далі – IRM) – систему, що дозволяє ефективно управляти та оптимізувати інфраструктуру та інфраструктурні ресурси (мережеві пристрої, сервери тощо) на єдиній централізованій платформі [6].

Для консолідації даних IRM має оперувати трьома категоріями ресурсів:

- фізичні ресурси (супутникові антени, конвертери, ресивери, декодери, CAM-модулі, сервери, комутатори);
- логічні ресурси (частотний ресурс, смуга пропускання, IP-адреси, порти комутаторів);
- сервісні ресурси (телеканали, потоки).

Однак, IRM системи фокусуються на технічній інвентаризації та не мають полів для завантаження скан-копій договорів або відстеження термінів дії дозволів на використання частот. Відсутність зв'язку між технічним ресурсом та юридичним правом на трансляцію створює ризики регуляторних порушень.

Для всебічного аналізу конкурентного середовища важливо приділити увагу системам класу Media Asset Management (MAM), які з початку свого існування були орієнтовані на вирішення вузько спеціалізованих завдань медіа-індустрії [7].

На відміну від OSS або IRM, де основний акцент зроблено на управління мережевими вузлами чи логічними каналами, системи MAM концентруються безпосередньо на цифровому активі як комплексному об'єкті. У його межах зосереджені всі ключові складові: контент, метадані та права доступу [8-9].

Кожен об'єкт у системі має ключові компоненти, які взаємопов'язані та створюють цілісну структуру:

- медіа-сутність (набір фізичних файлів одного й того ж контенту, що включає майстер-файл у 4K, проксі-версію для монтажу з низькою якістю, аудіотреки різними мовами, а також файли субтитрів);
- технічні метадані (інформація про кодеки, бітрейт, параметри HDR);
- описові метадані (назва, опис контенту, ключові слова та учасники);
- часові метадані (мітки всередині відеофайлу, які фіксують важливі моменти).

Функціонування систем MAM ґрунтується на автоматизованих ланцюжках операцій. Процес розпочинається з прийому контенту, під час якого система автоматично індексує завантажене відео, генерує полегшені проксі-копії та вилучає технічні метадані за допомогою інтегрованих алгоритмів штучного інтелекту або стандартних аналізаторів. Наступним етапом MAM виконує розподіляє задачі між серверами-транскодерами для підготовки медіафайлів до різних платформ розповсюдження. Фінальним

кроком технологічного процесу виступає автоматизована дистрибуція, що гарантує передачу підготовленого контенту разом із пакетом метаданих на Playout-сервери або у мережі доставки контенту (CDN) для подальшого транслювання.

Хоча МАМ ідеально керує файлом, він не контролює, що відбувається з сигналом після його виходу з системи.

Тож, незважаючи на високу функціональність програмних рішень, які пропонують розглянуті вище системи, їх інтеграція у середовище медіа-холдингу супроводжується рядом суттєвих обмежень. Зокрема, ці рішення характеризуються надмірною архітектурною складністю, значними витратами на ліцензійне обслуговування, а також браком вбудованої підтримки специфічних об'єктів медіа-інфраструктури, таких як супутникові параметри чи CAS-ідентифікатори. Такі недоліки сприяють формуванню залежності від постачальника і створюють значні труднощі у забезпеченні оперативного функціонування бізнес-процесів, пов'язаних із мовленням. У цьому контексті розробка спеціалізованої інформаційної системи, що враховує унікальні потреби компанії, є більш раціональним рішенням як з економічної, так і з технологічної точки зору.

1.2 Обґрунтування доцільності та життєздатності проєкту

Сучасні медіахолдинги активно впроваджують гібридні моделі дистрибуції, поєднуючи лінійне телебачення з екосистемами ОТТ-платформ. Згідно з аналітичними даними компанії Nielsen, у травні 2025 року частка потокового мовлення (ОТТ) у загальному телеперегляді зросла до рекордних 44,8% (рис. 1.1), вперше перевищивши сукупну частку ефірного і кабельного телебачення [10].

Перехід від класичного супутникового мовлення до ОТТ-моделі спричинив феномен «Metadata Explosion». Якщо для звичайного супутникового каналу достатньо обліковувати 15–20 технічних параметрів, то для того ж каналу в ОТТ-платформі їх кількість зростає до 80–100+ [11].

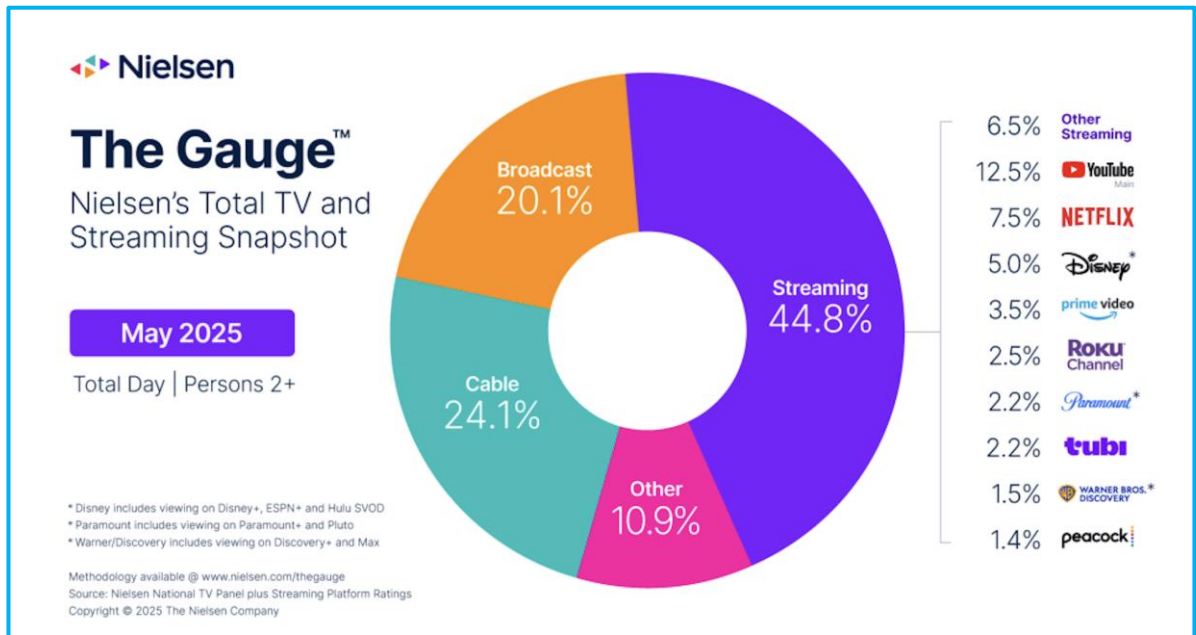


Рис. 1.1. Частка стрімінгу станом на травень 2025 року

Для великої мультимедійної компанії, що оперує сотнями каналів та тисячами одиниць контенту, фрагментація даних стає критичним бар'єром для розвитку.

До 42% інцидентів у стрімінгу лінійного ТБ пов'язані з десинхронізацією метаданих або помилками в технічних паспортах каналів [12].

Збої під час запуску стрімів трапляються у 5 разів частіше саме для лінійного контенту, ніж для VOD, через складність сигналізації [13].

Відсутність консолідованого сховища змушує персонал витратити в середньому 19–20% робочого часу (майже один повний день на тиждень) виключно на пошук технічних параметрів, звірку інвентарних даних або юридичних термінів дії ліцензій [14].

Мультимедійні компанії сьогодні змушені оперувати в умовах, де межа між лінійним та цифровим мовленням не просто розмивається, а зникає. У 2026 році успішними будуть ті організації, які зможуть уніфікувати свої технологічні стеки та забезпечити централізовану видимість усіх активів. Це

дозволяє командам переходити від рутинних адміністративних завдань до стратегічного планування та інновацій [15].

Згідно з дослідженнями Forrester Total Economic Impact (FTEI), впровадження централізованих систем управління медіа-активами забезпечує вражаюче повернення інвестицій. Компанії, що переходять від фрагментованого зберігання до інтегрованих систем, демонструють ROI на рівні 434% протягом трьох років [16].

Проведений аналіз існуючих ринкових рішень виявив суттєві недоліки у найбільших гравців ринку. Великі оператори Tier-1 (Oracle, Amdocs) є складними у впровадженні та орієнтовані на телеком. Тоді ж, профільні гравці NMS та IRM системи не розраховані на поєднання технічної інвентаризації та юридичних аспектів для супроводу мовлення OTT-платформ.

Отже, доцільність розробки спеціалізованої ІС підтверджується не лише глобальними тенденціями у медіа-індустрії, а і об'єктивною необхідністю подолання фрагментації даних мультимедійних компаніях, де згідно зі звітами аналітичних агентств (зокрема Gartner), обсяг технічних метаданих, які генерує середній медіа-холдинг, зростає в геометричній прогресії.

1.3 Побудова дерева проблем і дерева рішень для проєкту розробки інформаційної системи

В межах дослідження було визначено основну проблему проєкту, а саме низька ефективність управління життєвим циклом даних TV каналів. Відповідно було розроблено дерево причин та наслідків, фрагменти якого наведені на рис. 1.2-1.3. На рис. 1.2. наведено причини. Дестабілізація процесів управління даними спричинена чотирма основними групами:

- *Гетерогенність джерел та форматів.* Оскільки OTT-платформи працюють з різними підрядниками та оперують великою кількістю атрибутів в межах каналу одночасно, дані(потоки, розклади, аудіодоріжки, гео-блокінг, рекламні мітки, тощо) надходять з гетерогенних джерел у абсолютно різні проміжки часу та форматах.

- Використання застарілих інструментів управління.
- Фрагментарне зберігання даних. Здебільшого подібна інформація структурується у десятках різних систем та таблиць, що в результаті призводить до низької масштабованості та обмеженій спроможності швидко знаходити необхідну інформацію.
- Відсутність автоматизованої прив'язки відповідності сигналів та прав на ретрансляцію. Відсутність автоматичного зв'язку між технічним сигналом та правовим статусом змушує компанію покладатися на ручну верифікацію ліцензій та правил Geo-blocking.



Рис.1.2. Фрагмент дерева причин та наслідків. Частина 1

Як наслідок, ланцюжок технічних причин призводить до низки стратегічних наслідків для компанії (рис. 1.3):

- втрати доходів через неможливість повної монетизації контенту через «простій»;
- критичних збоїв, що збільшують ріст відтоку клієнтів;
- дублювання та невідповідність активів, які призводять до не ефективної ідентифікації ресурсів та додаткових витрат на зберігання даних;

- втрати робочого часу, оскільки відбувається суттєве перенавантаження співробітників через необхідність ручної звірки;
- юридичних ризиків через порушення договірної співпраці з партнерами та регуляторами з подальшою сплатою штрафів через невідповідність.



Рис.1.2. Фрагмент дерева причин та наслідків. Частина 2

Головною метою проєкту (рис. 1.4) є підвищення ефективності управління життєвим циклом даних через створення консолідованого інформаційного середовища.

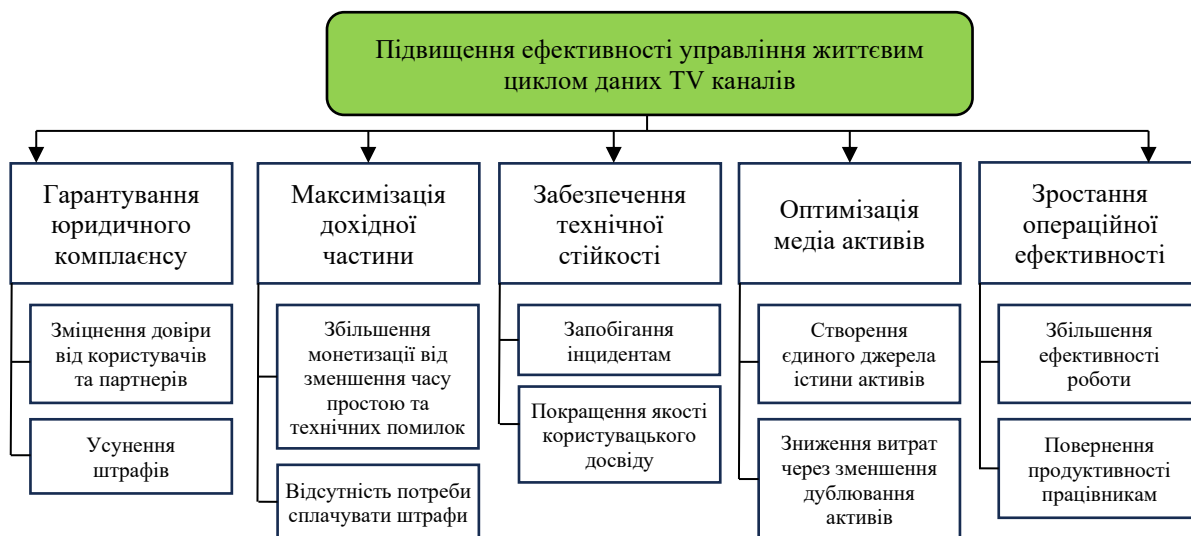


Рис.1.4. Дерево цілей

Розробка інформаційної системи консолідованого зберігання даних дозволить спрогнозувати наступні покращення:

- забезпечить технологічну стійкість;
- оптимізує витрати на зберігання медіаданих;
- підвищить операційну ефективність;
- збільшить дохід компанії через зменшення простою.

1.4 Проведення SWOT-аналізу

Проведення SWOT-аналізу [17] є критично важливим етапом для обґрунтування життєздатності проєкту розробки інформаційної системи консолідованого зберігання даних.

Розробка інформаційної системи дозволить змінити підхід до управління, перейшовши від формату, коли помилки виправляються постфактум, до попередження їх виникнення. Впровадження єдиного джерела істини забезпечить узгодженість і точність даних на всіх рівнях – від технічних характеристик сигналу до визначення юридичних меж ретрансляції.

Використання графової моделі зв'язків разом із механізмами автоматизації, включаючи подальшу можливість інтеграції AI-агентів, слугує визначальною перевагою проєкту. Завдяки цьому вдається мінімізувати ризики, пов'язані з глобальними вендорами, а також забезпечити адаптивність системи до змін у споживчих звичках або технологічних стандартах ринку ОТТ.

Виявлені слабкі сторони проєкту (складність міграції даних, опір персоналу) є контрольованими та можуть бути нівельовані шляхом поетапного впровадження та використання інтелектуальних інструментів очищення даних.

В табл. 1.1 наведено частину SWOT-аналізу (сильні та слабкі сторони), а в табл. 1.2 – можливості та загрози.

Таблиця 1.1

SWOT-аналіз (сильні та слабкі сторони)

Strengths (Сильні сторони)	Weaknesses (Слабкі сторони)
Централізація даних (створення «єдиного джерела істини»).	Складність міграції (трудомісткість перенесення та очищення «сирих» даних з Excel).
Інтелектуальне управління ресурсами та оптимізація перемикання.	Залежність від цілісності вхідних даних.
Графова модель (гнучкість у відображенні складних зв'язків між супутником, обладнанням та каналом).	Період адаптації (необхідність навчання персоналу роботі з новим інтерфейсом).
Швидкість пошуку (миттєва фільтрація за будь-якими параметрами (ГЕО, формат, пріоритет)).	Високі вимоги до конфігурації (початкове налаштування логіки резервування потребує глибокої експертизи).
Уніфікація гетерогенних даних.	Неможливість інтеграції в партнерські системи.

Таблиця 1.2

SWOT-аналіз (сильні та слабкі сторони)

Opportunities (Можливості)	Threads (Загрози)
Адаптація системи під вимоги багатоплатформної дистрибуції.	Домінування глобальних вендорів на ринку.
Можливість автоматизації відстеження авторських прав та ліцензійних угод через децентралізовані реєстр.	Конфлікт глобальних правил захисту даних.
Використання автономних AI-агентів для автоматизації складних робочих процесів планування, трафіку та виконання операційних завдань.	Зміна споживчих звичок у вигляді зменшення відсотку глядачів лінійного телебачення.
Надання можливості партнерам з обмеженим доступом редагування щотижневих оновлень.	Зростання ризиків RTP-маніпуляцій та складних атак на ланцюжки поставок медіа-контенту.

Аналіз взаємодії «Сили + Можливості».

Завдяки поєднанню централізації даних і автоматизованого моніторингу дотримання авторських прав, компанія має потенціал стати лідером у сфері прозорості ліцензованого контенту. Це забезпечить можливість швидко адаптувати сітку мовлення відповідно до вимог різних регіонів без виникнення юридичних ризиків.

Уніфікація гетерогенних даних слугує надійною основою для автоматизації технічного аудиту та підтримки процесу ухвалення рішень.

Стандартизація різноманітних параметрів у межах єдиного підходу забезпечує високу точність перевірки технічних і юридичних обмежень. Це, у свою чергу, дозволяє значно скоротити час виходу нових мультиплатформних рішень завдяки зменшенню обсягу ручної обробки даних та усуненню потенційних логічних помилок.

Аналіз взаємодії «Сили + Загрози».

Гнучка графова модель та висока швидкість пошуку роблять інформаційну систему більш адаптивною до специфіки роботи компанії на відміну від жорстких рішень глобальних гравців.

Використання інтелектуального управління ресурсами дозволяє системі швидко виявляти аномалії (наприклад, RTP-маніпуляції) та автоматично перемикати сигнал на резервні джерела, нівелюючи загрози складних атак.

Аналіз взаємодії «Слабкості + Можливості».

Труднощі, пов'язані з перенесенням даних із Excel, можуть бути значно зменшені завдяки використанню штучного інтелекту. Автономні AI-агенти здатні забезпечити автоматизацію процесів очищення та мапінгу первинних даних, перетворюючи цей етап із проблемного аспекту на ефективний і технологічно оптимізований процес.

Недостатня інтеграція із системами підрядників компенсується наданням партнерам обмеженого доступу до платформи. Такий підхід формує закриту екосистему, де партнери самостійно валідують свої дані, що зменшує навантаження на працівників компанії.

Аналіз взаємодії «Слабкості + Загрози».

Оскільки глядачі йдуть від класичного ТБ, високі вимоги до конфігурації системи мають бути спрямовані на підтримку нелінійних (VOD, OTT) сервісів. Це дозволить системі не застаріти разом із ринком. Необхідність навчання персоналу має супроводжуватися жорстким впровадженням протоколів конфіденційності, щоб уникнути конфліктів із глобальними правилами захисту даних (GDPR тощо).

Аналіз факторів SWOT свідчить про те, що впровадження спеціалізованої інформаційної системи являє собою стратегічно важливий крок у формуванні єдиного інформаційного середовища для ефективного управління життєвим циклом сигналу. Важливим напрямом розвитку є інтеграція механізмів уніфікації гетерогенних даних та розробка топологічної графової моделі для відображення взаємозв'язків. Це сприяє автоматизації процесів технічного аудиту, оптимізації управління ризиками пов'язаними з можливими відмовами обладнання, а також дозволяє зміцнити конкурентні позиції компанії на ринку мультимедійних послуг через забезпечення високої точності та узгодженості медіа-даних.

1.5 Аналіз зацікавлених сторін проєкту

Ефективна реалізація проєкту створення інформаційної системи ґрунтується на користувачко-орієнтованій методології, яка передбачає активну участь представників технічного, операційного та юридичного підрозділів на всіх етапах життєвого циклу розробки. При цьому комунікаційна стратегія покликана сприяти подоланню неоднорідності інформаційних джерел і забезпеченню інтегрованості й узгодженості майбутньої системи.

У проєкті розробки інформаційної системи зацікавлені сторони поділяються на тих, хто постачає дані (input), та тих, хто використовує їх (output) для операційної діяльності. В табл. 1.3 наведені інтереси та потреби в системі, а також вплив на проєкт всіх залучених відділів.

Таблиця 1.3

Інтереси та потреби в системі, а також перелік впливів на проєкт

Відділ	Інтереси та потреби в системі	Вплив на проєкт
1	2	3
Відділ закупівлі контенту	Своєчасне внесення метаданих нових каналів, контроль термінів дії контрактів, управління зв'язками з правовласниками.	Високий (формують первинний масив даних).

1	2	3
Юридичний відділ	Верифікація територіальних прав (Geo-blocking), контроль за дотриманням ліцензійних вимог Нацради та міжнародних регуляторів.	Критичний (мають право заблокувати запуск функціоналу, що не відповідає нормам комплаєнсу).
Відділ моніторингу	Отримання актуальних технічних параметрів (IP, частоти, порти), контроль статусу основного / бекап сигналів, мінімізація часу реакції на збій.	Високий (головні користувачі технічного блоку даних).
Відділ CDN	Оптимізація розподілу навантаження на сервери, контроль форматів потоків (HLS/DASH) та пропускної здатності каналів зв'язку.	Середній (впливають на архітектуру зберігання технічних параметрів мовлення).
Відділ якості та підтримки	Швидкий доступ до інформації про поточний стан каналу (чи є проблема масовою), щоб надавати коректні відповіді користувачам.	Середній (формують вимоги до інтерфейсу «швидкого перегляду» статусів).

Очікувані результати для кожної зі сторін:

1. *Закупівля контенту.* Здійснити перехід від паперових або Excel-документів до цифрового реєстру з автоматичними нагадуваннями.
2. *Юридичний відділ.* Автоматизувати заборону трансляції у країнах, де немає прав, що знімає ризик «людського фактору».
3. *Моніторинг.* Спростити перевірку всіх технічних параметрів каналу замість пошуку по чатах та таблицях.
4. *CDN.* Покращити оцінку ресурсів, що дозволяє уникнути перевантаження крайових серверів.
5. Скоротити час обробки звернення клієнт, так як вся інформація про технічні роботи на каналі вже є в системі.

Стратегія комунікації із зацікавленими сторонами проекту.

Беручи за основу каскадну модель розробки, також відому як Waterfall, стратегія комунікації ґрунтується на суворій послідовності етапів роботи та ретельно структурованому процесі передачі результатів між окремими підрозділами та командними складовими.

Фундаментом стратегії є детальне узгодження вимог на старті проєкту. Це запобігає викривленню інформації та дозволяє побудувати цілісну архітектуру системи. Послідовне закріплення домовленостей на кожному етапі мінімізує ризики та помилки під час фінальної реалізації.

Для забезпечення суворого дотримання плану проєкту використовуватимуться наступні канали:

- офіційні протоколи зустрічей з фіксацією вимог на етапі аналізу та підписання специфікацій представниками технічних та юридичних служб;
- система документації задля зберігання статичних версій технічного завдання, описів математичних моделей обмежень та словників уніфікації;
- звіти про стан проєкту – щомісячне інформування вищого менеджменту про етапи розробки та впровадження інформаційної системи.

Комунікація буде організована відповідно до наступних етапів, які послідовно реалізуються під час розробки інформаційної системи:

Етап збору та аналізу вимог:

1. Учасники: менеджери закупівлі + контент менеджери + юридичний відділ.
2. Формат: серія глибинних інтерв'ю та воркшопів.
3. Зміст: детальне описування множини юридичних прав та обов'язкових атрибутів каналів для нормалізації.
4. Результат: затверджений «еталонний словник метаданих», який стає незмінним фундаментом для подальшої розробки модуля уніфікації.

Етап проєктування:

1. Учасники: команда CDN + команда моніторингу + команда розробки
2. Формат: технічні наради з валідації архітектури.
3. Зміст: фіксація топології графа $G = \langle V, E \rangle$ та параметрів пропускну здатності обладнання.

4. Результат: підписана технічна специфікація логічних ланцюжків та математичного опису обмежень, що передається в розробку.

Етап приймального тестування та впровадження:

1. Формат: контрольні демонстрації (user acceptance testing).
2. Зміст: перевірка відповідності розроблених модулів фільтрації та аудиту заявленим вимогам (швидкість пошуку, коректність блокування неліцензійного контенту).
3. Результат: акт приймання-передачі системи та запуск процесу навчання персоналу.

Оскільки Waterfall-модель має низьку гнучкість до змін на пізніх етапах, стратегія передбачає:

- фіксацію вимог → після завершення фази проєктування вимоги до алгоритмів вибору джерела та структури бази даних вважаються фінальними;
- навчальні сесії → проведення комплексних тренінгів для персоналу компанії перед фінальним впровадженням, щоб мінімізувати опір переходу від лінійних записів до об'єктно-орієнтованого управління;
- контроль цілісності впровадження → регулярна звірка розробленого функціоналу з концептуальною моделлю, що була затверджена на початку проєкту.

Застосування наведеної моделі комунікації забезпечує високу дисципліну виконання та чітку відповідність системи початковим науково-технічним вимогам.

1.6 Формування технічного завдання на розробку інформаційної системи у вигляді паспорту проєкту

Метою проєкту стало створення комплексної платформи для управління життєвим циклом медіасигналу. Система має забезпечити централізацію та уніфікацію різномірних технічних та інвентарних даних.

Цілі проєкту:

1. Розробити та впровадити спеціалізовану інформаційну систему для централізованого збору, структурування та аналізу технічних, контентних та інвентарних даних про мультимедійні канали, що дозволить оптимізації операційні витрати CDN від 10 до 15 %.
2. Створити єдиний інформаційний простір для управління життєвим циклом сигналу та автоматизації процесів технічного аудиту впродовж 6 місяців.
3. Впровадити механізму уніфікації та валідації атрибутів для подолання різноманітності вхідних даних та приведення їх до єдиного корпоративного стандарту, що дозволить підвищити інтегральний індекс цілісності даних з базових 60% до цільового рівня 98–100%.
4. Побудувати топологічну модель взаємозв'язків інфраструктури мовлення для забезпечення можливості проактивного аналізу ризиків та прогнозування наслідків відмов обладнання.
5. Формалізувати та реалізувати системи обмежень (технічних, операційних та юридичних) для автоматичного контролю правової чистоти мовлення та запобігання перевантаженню апаратних потужностей.
6. Інтегрувати алгоритми багатокритеріальної оптимізації вибору джерел сигналу для забезпечення безперебійності ефіру та мінімізації впливу людського фактору до 99,9 %.

Цільова аудиторія:

- контент менеджери;
- менеджери закупівлі;
- юристи;
- працівники CDN відділу;
- працівники департаменту моніторингу;
- працівники департаменту технічної підтримки.

Географія. Україна та міжнародні ринки присутності компанії.

Основні завдання дослідження:

- аналіз існуючої медіа-інфраструктури (вивчення ступеня інформаційної фрагментарності, аналіз методів зберігання технічних параметрів та виявлення «вузьких місць» у поточних процесах управління сигналом);
- формулювання вимог (деталізація технічних, операційних та юридичних обмежень, складання технічного завдання, оцінка бюджету та термінів реалізації за каскадною моделлю);
- UX/UI-дизайн (створення прототипів веб-інтерфейсу);
- розробка бекенду й фронтенду (реалізація модулів уніфікації та парсингу даних, архітектури збереження історії змін та системи логування операцій);
- інтеграція модуля оптимізації (налаштування алгоритму багатокритеріального вибору оптимального джерела сигналу на основі пріоритетності та доступності);
- тестування системи (функціональне тестування логіки автоматизованого аудиту, перевірка відмовостійкості при перемиканні на резерв та приймальне тестування із залученням ключових стейкхолдерів);
- операційна стратегія та навчання (розробка регламентів взаємодії між п'яти підрозділами та проведення тренінгів для користувачів системи);
- реліз і підтримка (фінальна міграція даних з Excel-таблиць у промислову базу, офіційний запуск системи, збір зворотного зв'язку та стабілізація роботи інформаційної системи).

Продуктом проєкту будуть:

1. Вебплатформа з інтуїтивним інтерфейсом для структурування та аналізу медіа-процесів.
2. Топологічна база даних, що відображає зв'язки між джерелами, обладнанням та контентом.

3. Регламенти автоматизованого аудиту, інтегровані в операційну діяльність компанії.

1.7 Функціональні та нефункціональні вимоги інформаційної системи

Процес розробки інформаційної системи консолідованого зберігання медіа-даних супроводжується етапом виявлення та деталізації вимог, що є критичним для створення цілісного технологічного рішення. Цей процес спрямований на формалізацію всіх очікувань від системи: від точності обробки технічних метаданих до швидкодії інтерфейсу в умовах критичних навантажень [18].

В табл. 1.4-1.5 описані відповідно функціональні та нефункціональні вимоги до проєкту розробки інформаційної системи консолідованого зберігання даних. Сформований список функціональних і нефункціональних вимог слугує основним інструментом для визначення архітектурних характеристик інформаційної системи, призначеної для консолідованого зберігання медіа-даних. Повне дотримання цих вимог буде сприяти дотриманню якісної роботи запланованої інформаційної системи після її створення.

Таблиця 1.4

Перелік функціональних вимог

ID	Категорія	Опис вимоги	Пріоритет
1	2	3	4
FR-1	Уніфікація	Автоматичне приведення назв країн та територій до стандарту ISO.	Високий
FR-2	Уніфікація	Парсинг складних текстових рядків на окремі технічні атрибути (частота, поляризація, SID).	Високий
FR-3	Уніфікація	Валідація типів даних (наприклад, перевірка відповідності формату інвентарного номера картки).	Високий
FR-4	Граф	Моделювання топології інфраструктури через вузли та логічні зв'язки між ними.	Високий

1	2	3	4
FR-5	Граф	Автоматична ідентифікація підграфів каналів, що опинилися під загрозою при виході з ладу вузла обладнання.	Високий
FR-6	Аудит	Розрахунок сумарного бітрейту активних каналів та порівняння з пропускнуою здатністю пристрою.	Високий
FR-7	Аудит	Автоматична перевірка наявності прав для обраного регіону перед технічною активацією сигналу.	Високий
FR-8	Аудит	Генерація попереджень про закінчення термінів дії ліцензій на мовлення та прав на контент.	Середній
FR-9	Аудит	Розрахунок індексу цілісності даних для оцінки повноти заповнення обов'язкових атрибутів каналу.	Середній
FR-10	Конфігурація	Динамічне перемикання на альтернативне джерело на основі найвищого пріоритету та статусу доступності.	Високий
FR-11	Конфігурація	Використання часового демпфера при виборі джерела для уникнення «тремтіння» сигналу при нестабільній роботі.	Середній
FR-12	Конфігурація	Прив'язка фізичних модулів дешифрування та карток до конкретних мережевих адрес трансляції.	Високий
FR-13	Фільтрація	Крос-параметричний пошук каналів за мовою, форматом якості (HD / SD) або супутником.	Середній
FR-14	Фільтрація	Гео-фільтрація для швидкого аналізу покриття та доступності каналів у конкретних регіонах ретрансляції.	Середній

Таблиця 1.5

Перелік нефункціональних вимог

ID	Категорія	Опис вимоги	Пріоритет
1	2	3	4
NFR-1	Надійність	Рівень доступності системи та стабільності ефіру повинен становити не менше 99,9%.	Високий
NFR-2	Цілісність	Коефіцієнт повноти та якості технічних даних повинен підтримуватися на рівні не нижче 98%.	Високий
NFR-3	Безпека	Доступ до параметрів шифрування та об'єктів системи має регулюватися логічною функцією перевірки прав.	Високий
NFR-4	Відмовостійкість	Система повинна здійснювати перемикання на резерв автоматично за лічені секунди при зміні статусу доступності Asj.	Високий

1	2	3	4
NFR-5	Продуктивність	Час ідентифікації всіх пов'язаних підграфів при зміні статусу вузла обладнання не повинен перевищувати 1-2 секунди.	Середній
NFR-6	Супровід	Архітектура має базуватися на відокремленні логіки управління від фізичної інфраструктури для адаптації до змін.	Середній
NFR-7	Комплаєнс-контроль	Система повинна гарантувати автоматичний моніторинг відповідності поточного мовлення активним ліцензійним обмеженням у режимі реального часу.	Високий
NFR-9	Масштабованість	Система повинна підтримувати додавання нових мультимедійних каналів та одиниць обладнання без зниження швидкодії.	Середній
NFR-9	Юзабіліті	Інтерфейс повинен забезпечувати миттєву візуалізацію логічних ланцюжків від джерела сигналу до кінцевого регіону.	Середній
NFR-10	Цілісність та аудит	Система має забезпечувати незмінність та повну простежуваність усіх коригувань технічних параметрів та юридичних умов.	Високий

Наступним етапом роботи є створення концептуальної моделі інформаційної роботи та її математичне обґрунтування.

РОЗДІЛ 2. КОНЦЕПТУАЛЬНА ТА МАТЕМАТИЧНА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Концептуальне моделювання інформаційної системи

Запропонована інформаційна система буде будувати багаторівневу систему взаємозв'язків та орієнтуватися на об'єктно орієнтоване програмування. Замість лінійного зберігання записів створюється топологічна карта, де кожен вузол має визначені зв'язки. Такий підхід дає змогу ефективно передбачати вплив можливих збоїв будь-якого елемента інфраструктури на процес дистрибуції контенту.

Система автоматично перевіряє кожну зміну:

- технічно → чи витримає обладнання навантаження від нових каналів;
- інформаційно (операційно) → чи не забули оператори внести важливі параметри (наприклад, номер карти чи частоту);
- юридично → чи дозволяє ліцензія показувати цей контент у конкретній країні.

Також, завдяки фільтрам розробка дає можливість знайти будь-яку інформацію серед тисяч записів. Окрім цього, система аналізує стан доступності вхідних сигналів і, спираючись на ієрархію пріоритетів, здійснює динамічне перемикання на альтернативні джерела. Це мінімізує час простою без втручання оператора.

Під час розробки концептуальної моделі запропонованої системи було ретельно враховано сучасні методологічні підходи, що застосовуються для проєктування складних інформаційно-аналітичних комплексів. Дані методи широко представлені в науковій літературі із системної інженерії. Вони базуються на структурному аналізі та створенні багаторівневих моделей, де пріоритетом є чітка формалізація зв'язків між елементами системи. Зокрема, основна увага приділяється забезпеченню узгодженості внутрішніх зв'язків для досягнення максимальної стабільності та ефективності процесів обробки даних у системі, мінімізації помилок і підвищення її стійкості до потенційних

збоїв. Приклади реалізації таких підходів [10-16; 18-21] демонструють доцільність відокремлення логіки управління від фізичної інфраструктури, що дозволяє системі адаптуватися до змін у технічному середовищі без втрати цілісності даних. Важливим кроком було дослідження існуючих підходів до побудови концептуальних моделей інформаційних систем [22-25].

Ключовим аспектом розробки архітектури є ретельний аналіз і врахування інтересів усіх зацікавлених сторін (стейкхолдерів), залучених до медіапроцесів [26]. Сучасні наукові підходи до створення систем управління акцентують увагу на необхідності гармонійного поєднання потреб технічного персоналу, який відповідає за функціональність обладнання, операційних менеджерів, що потребують всебічної та точної інформації, а також юридичних відділів, які стежать за дотриманням норм законодавства у процесі трансляцій. Такий орієнтований на користувача підхід дозволяє інтегрувати у модель відповідні рівні обмежень та інструменти аудиту, що задовольняють специфічні вимоги кожного підрозділу компанії. Ці принципи лягли в основу візуалізації концептуальної моделі інформаційної системи (рис. 2.1).

Розглянемо ключові елементи інформаційної системи.

Рівень входу (джерела даних) – сюди потрапляє вся інформація про канали: назви каналів (Discovery Channel HD), параметри прийому (12343V, SID 01), номери карток (№ 096581-056) дозволені країни ретрансляції, необхідність в додаткових пристроях для їх розшифрування, тощо.

Модуль уніфікації та збереження даних є критично важливим елементом системи, оскільки перетворюватиме різноманітні дані до єдиного корпоративного стандарту.

У цьому модулі проводитиметься: (1) уніфікація територій (перетворення різного написання країн до одного стандарту); (2) парсинг рядків (розбиватимуться складні записи на окремі поля); (3) перевірка типів (перевірка заповнення рядків, аби у рядку «Картка» був її інвентарний номер, а не текстове значення); (4) збереження історії внесення змін.

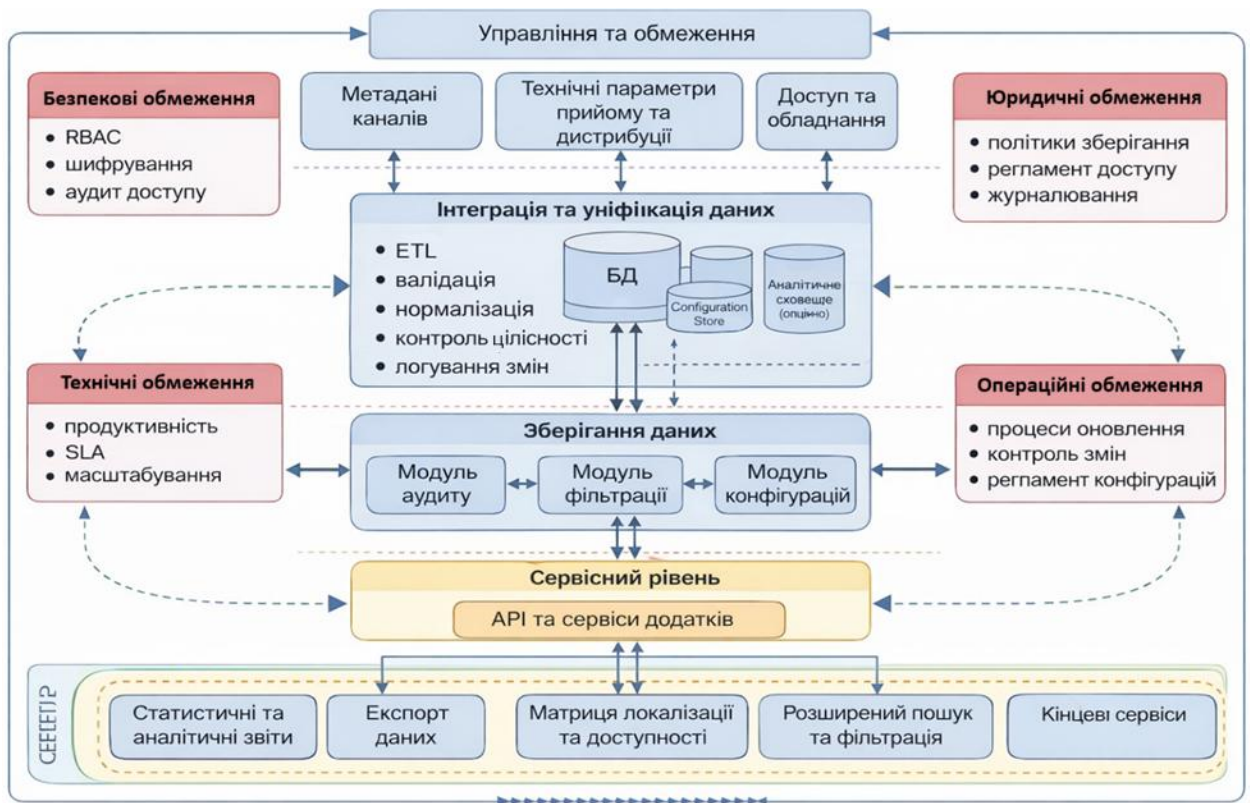


Рис. 2.1. Концептуальної моделі інформаційної системи [27]

Модуль фільтрації даватиме можливість: (1) крос-параметричного пошуку, що дозволить знайти всі канали за складним запитом; (2) швидкого пошуку, для надання змоги за секунду ідентифікувати канал за номером картки доступу або серійним номером обладнання; (3) гео-фільтрації, а саме вибірки каналів за країною ретрансляції для швидкого аналізу покриття в конкретному регіоні.

Модуль аудиту – це контролер, що зіставляє технічну реальність із бізнес-обмеженнями. Він: (1) перевіряє, чи відповідає фактична ретрансляція в певній країні правам, отриманим від правовласника; (2) відстежує терміни дії прав на контент та ліцензій на мовлення, генеруючи попередження про їх закінчення; (3) порівнює обсяг куплених послуг у постачальника сигналу з фактично використаними потужностями для виявлення перевитрат.

Модуль конфігурацій: (1) на основі даних таблиці визначає пріоритетність джерел сигналу та правила автоматичного перемикавання на резерв при аварії; (2) фіксує та передає на обладнання дані про якість (HD/SD),

аудіодоріжки та наявні субтитри; (3) пов'язує фізичне обладнання (картки та модулі) з конкретними мережевими адресами для трансляції.

2.2 Розробка математичної моделі інформаційної системи

A. Формалізація множин об'єктів системи.

$C = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}$ – множина каналів;

$S = \{s_1, s_2, \dots, s_m\}$ – множина джерел сигналу;

$H = \{h_1, h_2, \dots, h_k\}$ – множина технічного обладнання;

$G = \{g_1, g_2, \dots, g_l\}$ – множина регіонів ретрансляції;

$L = \{l_1, l_2, \dots, l_p\}$ – множина юридичних прав та ліцензій.

B. Математична модель уніфікації. Цей етап це функція перетворення вхідних різномірних даних (D_{raw}) у вектор стандартизованих значень D_{std} :

$$f_{norm}(D_{raw}) \rightarrow D_{std}, \quad (2.1)$$

Де для кожного атрибуту a відбувається:

- *Уніфікація:*

$$a_{(std)} = \text{map}(a_{(raw)}, \text{Vocabulary}), \quad (2.2)$$

де, map – це функція приведення до еталонного словника (наприклад, ISO кодів країн).

- *Парсинг:*

$$p(a_{raw}) = \{v_1, v_2, \dots, v_i\}. \quad (2.3)$$

Застосування множини дозволяє один рядок розбивається на окремі змінні (частота, поляризація тощо).

C. Модель зв'язків.

Визначення графа системи:

$$G = \langle V, E \rangle, \quad (2.4)$$

Вузли графа – це об'єднані дані про канали, джерела, обладнання та географію:

$$V = C \cup S \cup H \cup G, \quad (2.5)$$

де, E – ребра, що вказують на логічні зв'язки:

- $e(c_i, s_j)$ – канал i приймається з джерела j .
- $e(c_i, h_k)$ – канал i дешифрується модулем k .
- $e(c_i, g_l)$ – канал i дозволений до мовлення в країні l .

Визначення логічних ланцюжків:

$$E = \{(s_m \rightarrow c_n), (h_k \rightarrow c_n), (c_n \rightarrow g_l)\}. \quad (2.6)$$

Ця формула описує шлях сигналу: від джерела до каналу, від обладнання до каналу та від каналу до країни ретрансляції.

Побудована топологічна модель базується на орієнтованому графі, де ребра E відображають не лише фізичне з'єднання, а й ієрархічну залежність сервісів від працездатності вузлів інфраструктури. Це дозволяє реалізувати алгоритм проактивного моніторингу, де при зміні статусу вузла $h_k \in H$ система автоматично ідентифікує всі пов'язані з ним підграфи каналів C_n та регіонів мовлення G_l .

D. Математичний опис обмежень.

Кожна операція в системі повинна задовольняти систему нерівностей та логічних умов.

Технічне обмеження. Для забезпечення коректності розрахунку сумарного навантаження, ліва частина нерівності повинна представляти суму бітрейтів усіх активних каналів $B(c_i)$, закріплених за конкретним пристроєм H :

$$\forall h_k \in H: \sum_{i=1}^n B(c_i) \cdot x_{ik} \leq W_{h_k}, \quad (2.7)$$

де, $\forall h_k \in H$ – для кожного модуля або пристрою h з усієї множини обладнання H ; $B(c_i)$ – бітрейт каналу; x_{ik} – індикаторна змінна (1 – канал закріплено за пристроєм, 0 – ні); $W(h_k)$ – максимальна пропускна здатність пристрою; n – загальна кількість каналів.

Операційне обмеження. Формула для розрахунку того, наскільки якісно заповнені дані (індекс повноти даних):

$$I(c_i) = \frac{1}{A} \sum_{j=1}^A \alpha_{ij}, \quad (2.8)$$

де, $I(c_i)$ – індекс цілісності даних для конкретного каналу; A – загальна кількість обов’язкових атрибутів у системі; α_{ij} – індикатор заповненості поля (1 – дані є, 0 – поле порожнє); j – порядковий номер атрибута.

Юридичні обмеження. Цей модуль перевіряє, чи має компанія юридичне право транслювати конкретний канал у певній країні, порівнюючи базу каналів із реєстром ліцензій.

$$f_{legal}(c_i, g_j) = \begin{cases} 1, & (c_i, g_j) \in L \\ 0, & (c_i, g_j) \notin L \end{cases} \quad (2.9)$$

де, $f_{legal}(c_i, g_j)$ – функція перевірки легальності трансляції; c_i – обраний мультимедійний канал; g_j – географічний регіон (країна ретрансляції); L – множина чинних ліцензій та контрактів з правовласниками.

Математична функція перевірки легальності f_{legal} інтегрована безпосередньо в цикл технічного аудиту. Це означає, що система блокує можливість технічної конфігурації сигналу на обладнанні, якщо для обраного регіону g_j відсутній відповідний запис у множині ліцензій L .

Безпекові обмеження. Для захисту конфіденційної інформації (параметри шифрування, IP-адреси) доступ до об'єктів системи регулюється логічною функцією:

$$f_{\{sec\}(u,o,a)} = \begin{cases} 1, & (u, o, a) \in R \\ 0, & (u, o, a) \notin R \end{cases} \quad (2.10)$$

де, $f_{\{sec\}(u,o,a)}$ – результат перевірки доступу (1 – дозволено, 0 – заблоковано); $u \in U$ – користувач (user) із загальної множини персоналу; $\in \{C, S, H\}$ – об'єкт системи (наприклад, канал C , джерело S або обладнання H); $a \in \{read, write, delete\}$ – дія, яку намагаються вчинити (читання, редагування, видалення); R – набір встановлених правил безпеки.

Е. Модуль конфігурацій (логіка вибору сигналу).

Основна формула вибору джерела. Ця формула каже системі вибрати те джерело у якого найвищий пріоритет:

$$S_{\{opt\}} = \arg \max(\{s_j \in S_i\} \{ P(s_j) \cdot A(s_j) \}), \quad (2.11)$$

де, $S_{\{opt\}}$ – обране оптимальне джерело, яке піде в ефір; $s_j \in S_i$ – конкретне джерело (Main, Backup 1, Backup 2) для каналу i ; $P(s_j)$ – пріоритет джерела (наприклад: Основне = 10, Резерв = 5, Тест = 1); $A(s_j) \in \{0, 1\}$ – статус доступності сигналу (1 – сигнал є, 0 – сигнал зник); $\arg \max$ – математична операція вибору найкращого варіанту.

Важливою умовою стабільності роботи алгоритму є вимога унікальності значень пріоритетів $P(s_j)$ для кожного джерела в межах одного каналу. Це запобігає логічним конфліктам (невизначеності вибору) при одночасній доступності декількох резервних ліній. У випадку рівності технічних пріоритетів, система використовує додатковий часовий демпфер для уникнення частого перемикавання при нестабільному сигналі.

F. Модуль фільтрації (логіка запитів).

Ця формула описує, як система відсіває зайве та знаходить потрібний канал за заданими критеріями (наприклад, за мовою, форматом чи супутником):

$$R = \{ c_i \in C \mid \forall f_k \in F: f_k(c_i) = 1 \}, \quad (2.12)$$

де, R – результуюча вибірка; $c_i \in C$ – конкретний канал із загальної бази C ; $F = \{f_1, f_2, \dots, f_n\}$ – набір активованих фільтрів; $f_k(c_i) = 1$ – логічна перевірка (якщо канал відповідає умові, то результат 1); $\forall$ – квантор загальності (означає «для всіх» обраних фільтрів).

2.3 Приклади застосування розроблених математичних моделей

Практичне впровадження розробленої системи дозволило трансформувати розрізнені технічні дані у цілісну топологічну структуру, що докорінно змінило підхід до моніторингу медіа-процесів. Використання графової моделі $G = \langle V, E \rangle$ на практиці забезпечило можливість миттєвої візуалізації всіх логічних ланцюжків: від джерела сигналу через конкретні одиниці обладнання до кінцевого регіону мовлення. Коли на дашборді з'являється алерт про перевантаження бітрейту на ресивері, графова модель дозволяє не просто ідентифікувати пристрій, а миттєво побачити весь ланцюжок впливу.

У традиційній системі інженер отримував би загальне повідомлення про втрату потоку і змушений був би самостійно визначати, які саме канали

пов'язані з цим пристроєм. В розробленій системі зміна статусу h_{ird} одразу ініціює аналіз графа. Система автоматично виявляє всі канали, пов'язані ребрами з цим ресивером. Таким чином, вже за кілька секунд оператор бачить на дашборді конкретний перелік: «Збій ресивера h_{ird} : втрачено сигнал для каналів Cinema2, Eleven Sport, та ще 4-х об'єктів».

Впровадження подібного функціоналу дає змогу персоналу негайно розпочати перехід на резервні джерела замість проведення ручної діагностики.

Для контролю якості вхідних даних система розраховує повноту отриманого технічного паспорта за формулою 2.8. Якщо було заповнено 8 з 10 обов'язкових полів, що нижче цільового показника повноти наданої інформації $I(c_i) = 0,8$, що становить менше 98% – паспорт не опублікується.

Математична формалізація обмежень дозволила значно підвищити надійність технічного аудиту, автоматизувавши процеси, які раніше виконувалися вручну. Зокрема, впровадження формули сумарного навантаження (7) виключило ризик перевантаження пристроїв, оскільки система тепер автоматично порівнює сумарний бітрейт усіх активних каналів із максимальною пропускною здатністю обладнання W_{hk} .

Паралельно з цим, функція перевірки легальності f_{legal} забезпечила безперервний контроль юридичної чистоти мовлення, блокуючи можливість технічної активації сигналу в тих регіонах, де відсутні підтверджені ліцензійні права в множині L . Наприклад, при спробі активації каналу для регіону

Польща, система викликає функцію:
$$f_{legal}(c_i, g_{pl}) = \begin{cases} 1, & (c_i, g_{pl}) \in L \\ 0, & (c_i, g_{pl}) \notin L \end{cases}$$

Якщо в множині ліцензій L відсутній запис, система автоматично відмовляє у видачі токена доступу, мінімізуючи юридичні ризики.

Це не лише оптимізувало технічні навантаження, а й мінімізувало ризики правових порушень при дистрибуції контенту.

Окрему увагу в результатах дослідження варто приділити підвищенню стабільності ефіру за рахунок моделі багатокритеріального вибору джерел $S_{\{opt\}}$. Наприклад, для каналу Freedom визначено три джерела:

- Супутник Astra 4A: $P_{(s_1)} = 10$.
- Оптична лінія (Fiber): $P_{(s_2)} = 5$.
- IP-потік (SRT): $P_{(s_3)} = 1$.

Під час технічного інциденту, статус доступності $A_{(s_1)}$ змінюється з 1 на 0. Система миттєво розраховує нові значення:

$$P_{(s_1)} \cdot A_{(s_1)} = 10 \cdot 0 = 0$$

$$P_{(s_2)} \cdot A_{(s_2)} = 5 \cdot 1 = 5$$

$$P_{(s_3)} \cdot A_{(s_3)} = 1 \cdot 1 = 1$$

Як результат буде обрано та здійснено підміну за розрахунком $S_{(opt)} = \operatorname{argmax}(0,5,1) = s_2$ на оптичну лінію. Це забезпечує безперебійне перемикавання на альтернативні лінії без втручання людини. Вимога унікальності пріоритетів та використання часового демпфера дозволили повністю усунути проблему «тремтіння» сигналу при нестабільній роботі джерел. У поєднанні з високим індексом повноти даних I_{c_i} , досягнутим завдяки механізмам уніфікації та парсингу на вході, система стала надійним фундаментом для оптимізації операційних витрат та автоматизації всього життєвого циклу управління медіа-сигналом. Практичне впровадження створених моделей демонструє потенціал автоматизації до 95% процесів технічного аудиту.

Таке рішення сприяє не лише досягненню безперебійності мовлення на рівні 99,9%, але й значно покращує операційну ефективність співробітників через реалізацію проактивного моніторингу та впровадження інтелектуальних механізмів оптимізації вибору сигналів.

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНОЇ СТРУКТУРИ ПРОЄКТУ

3.1 Вибір технології управління проєктом

Глобальна медіа-індустрія на межі 2026 року перебуває у стані фундаментальної трансформації, в якій традиційні моделі лінійного телебачення відчують безпрецедентний тиск з боку технологічних гігантів і стрімінгових сервісів. Водночас ключовий виклик полягає не лише у появі нових конкурентів, а й у зміні самої суті конкуренції, так як, вона перемістилася від боротьби за власність контенту до майстерного управління аудиторійними даними, швидкої адаптації до інновацій та здатності ефективно залучати користувачів [28].

Для того, щоб система консолідованого зберігання була ефективною, вона повинна базуватися на міжнародно визнаних стандартах. Основним орієнтиром для медіа-індустрії є розробки Європейської мовної спілки (EBU), зокрема специфікація EBUCore (Tech 3293) та CCDM (Tech 3351) [29-30].

EBUCore є провідною специфікацією метаданих, яка надає уніфіковану основу для опису аудіовізуальних ресурсів у сервісно-орієнтованих архітектурах. Вона побудована на базі стандарту Dublin Core, що забезпечує високу сумісність із зовнішніми системами. У поєднанні з концептуальною моделлю класів (CCDM) EBUCore дозволяє не лише детально описувати технічні характеристики файлів, такі як кодек, бітрейт чи роздільна здатність, але й охоплювати складні бізнес-об'єкти, такі як: програми, серії, епізоди та їхні взаємозв'язки протягом усього життєвого циклу – від моменту замовлення до зберігання в архіві.

Для реалізації проєкту розробки інформаційної системи консолідованого зберігання даних мультимедійної компанії обрано каскадну методологію управління (Waterfall).

Каскадна модель є найбільш доцільною для проєктів із чітко визначеними межами та стабільними вимогами. У контексті лінійного мовлення структура даних строго регулюється міжнародними стандартами,

такими як EBUCore та SMPTE. Це створює можливість ретельно опрацювати всі вимоги на початковому етапі, мінімізуючи потребу в постійних ітераційних змінах, які є типовими для підходу Agile. Лінійне телебачення оперує жорсткими графіками та фіксованими бюджетами.

Waterfall забезпечує високий рівень передбачуваності результатів, термінів та витрат. Модель дозволяє встановити чіткі віхи та точки контролю за якістю [31], а однією з ключових переваг підходу Waterfall є формування ґрунтовної документації на кожному етапі розробки. У контексті мультимедійної компанії, де важливо зберігати обширну інформацію про архіви та технічні характеристики контенту протягом тривалого часу, наявність детальних специфікацій і описів архітектури, створених у процесі аналізу та проєктування, відіграє вирішальну роль для забезпечення довгострокової підтримки та ефективної експлуатації системи.

3.2 Розробка ієрархічної структури проєкту

Наведена на рис 3.2 ієрархічна структура робіт (WBS [32]) для етапу 1.1 (Ініціалізація) демонструє процеси формування стратегічного підґрунтя проєкту. Ця фаза є критично важливою, оскільки вона дозволяє продемонструвати цінність проєкту та отримати схвалення від ключових стейкхолдерів перед початком активного планування. Цілісне зображення WBS-структури проєкту наведено на рис. А.1 Додатку А.

Визначення мети проєкту передбачає постановку конкретних, вимірюваних і досяжних цілей за принципом SMART. Це допомагає уникнути розпорошення пріоритетів під час розробки. Глибоке розуміння мети створення системи консолідації є ключем до ефективного використання ресурсів і допомагає уникнути витрат на функціонал, який не приносить користі для бізнесу. Аналіз ринку МАМ-систем виявив найкращі практики у медіа галузі та актуальні технічні стандарти, що є ключовим для розробки конкурентоспроможного рішення у контексті лінійного телемовлення.

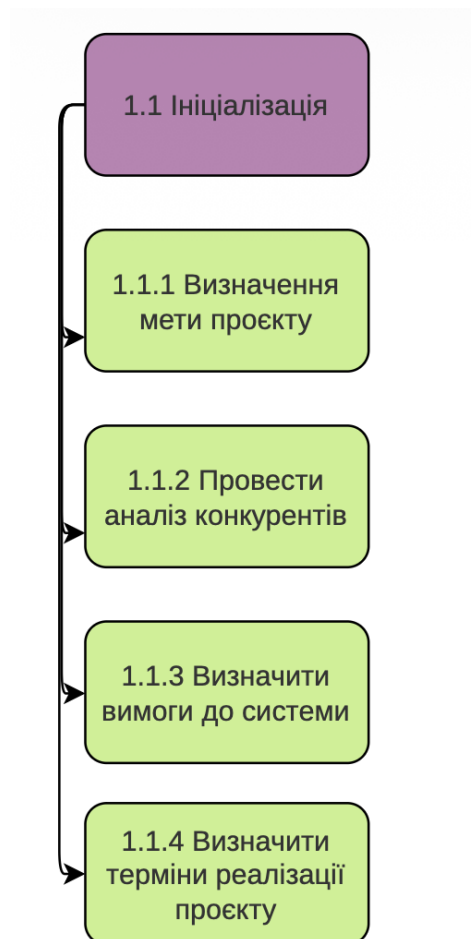


Рис. 3.1. Фрагмент WBS. Етап ініціалізації

Визначення вимог до системи охоплює формування високорівневих функціональних вимог, які слугуватимуть основою для подальшого складання детальної технічної специфікації програмного забезпечення (SRS).

Встановлення термінів реалізації проєкту передбачає визначення попередніх часових рамок і ключових етапів. Це необхідно для оцінки рентабельності інвестицій (ROI) і узгодження графіка реалізації з сіткою ефірного мовлення каналів.

Фрагмент WBS-структури етапу 1.2 (Планування), представлено на рис. 3.2 ілюструє одну з найбільш важливих фаз у межах каскадної моделі. Саме на цьому етапі початкові концептуальні ідеї перетворюються на детально розроблений технічний та управлінський план.

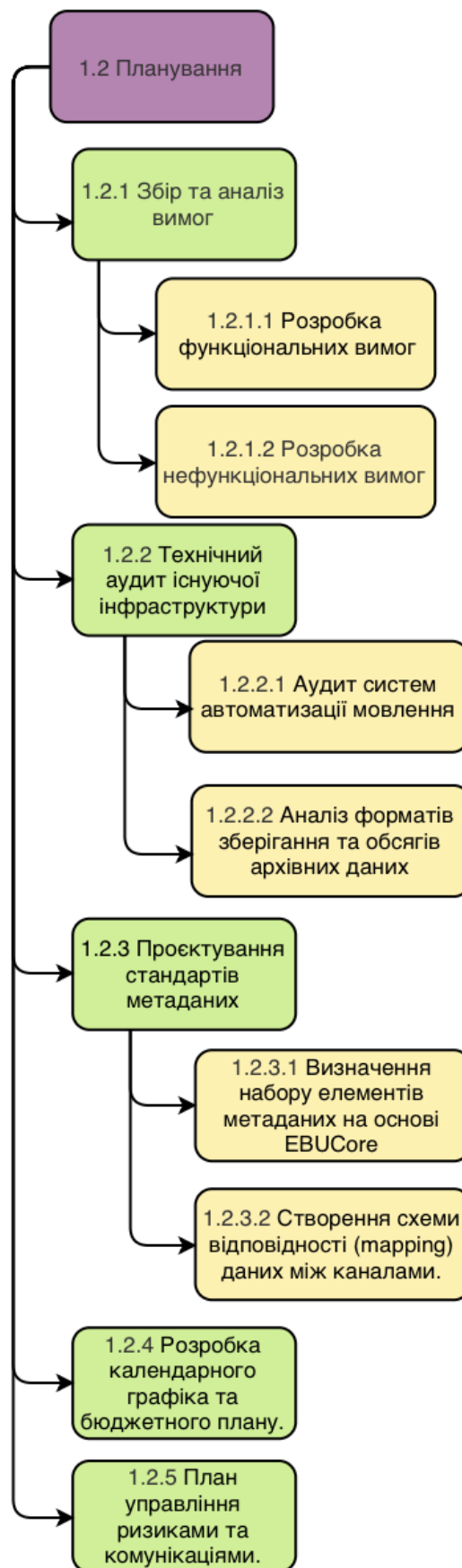


Рис. 3.2. Фрагмент WBS. Етап планування

Ігнорування завдань, передбачених цією фазою, може спричинити каскадне накопичення помилок.

У разі ситуації коли наборів метаданих на основі EBUCore не визначений (1.2.3.1), доведеться вручну переписувати тисячі архівних карток уже після завершення розробки, що потягне за собою значні часові витрати.

Відсутність чіткої специфікації вимог (1.2.1) дозволяє замовникам постійно вносити нові побажання під час розробки, що фактично унеможлиблює завершення проєкту в заплановані терміни.

Недостатнє планування ризиків (1.2.5) може призвести до технічних збоїв при інтеграції з критично важливими ефірними серверами, що створює загрозу безперервності трансляції.

Неправильний аналіз обсягів архівних даних (1.2.2.2) може викликати нестачу обладнання, що потребуватиме негайного додаткового фінансування для продовження проєкту.

Отже, якісне виконання цієї фази є ключовою умовою перетворення хаотичних медіаданих на впорядкований цифровий актив, який буде придатним для використання в сучасних бізнес-процесах.

Наведена схема етапу 1.3 (Розробка системи) на рис. 3.3 відображає фазу безпосередньої технічної імплементації, де закладені на етапі планування архітектурні рішення трансформуються у функціонуюче програмне забезпечення. Для мультимедійної компанії цей етап є критичним переходом від опису бізнес-логіки до створення технологічного ядра консолідації даних.

За відсутності ефективних алгоритмів нормалізації даних (1.3.2.2) система переповниться суперечливими інформаційними потоками, що ускладнить консолідацію і знецінить її. Недолік продуманої архітектури баз даних (1.3.1.1) зробить систему уразливою до змін, зокрема при розширенні каналів чи збільшенні обсягів відеоматеріалів.

Надмірно складний інтерфейс (1.3.3.1) демотивуватиме кінцевих користувачів, що може змусити їх залишатися зручними для себе, але вже застарілими інструментами.

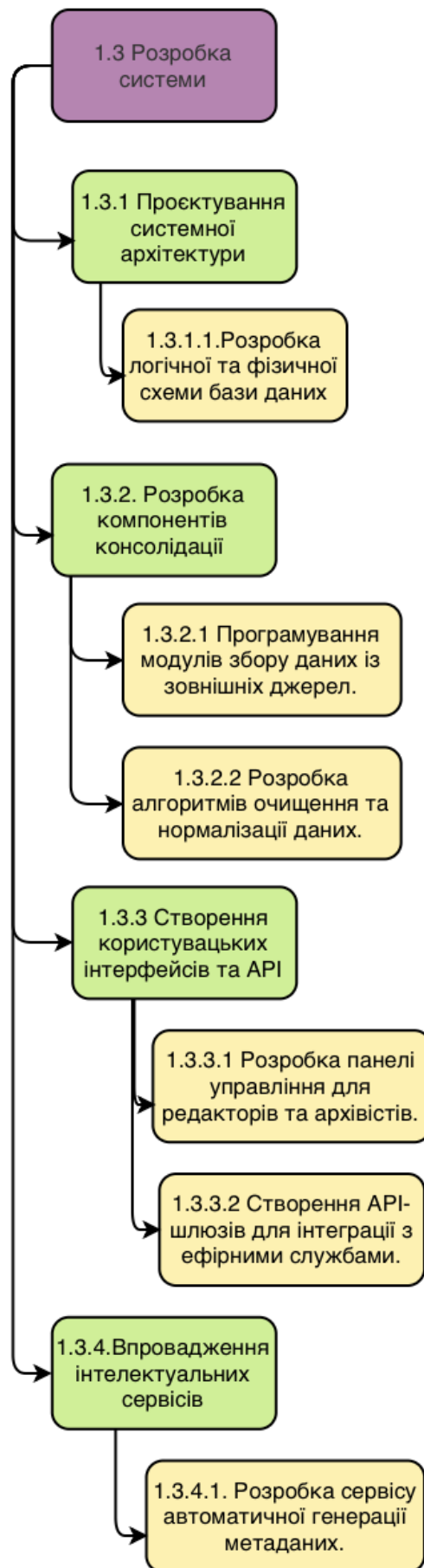


Рис. 3.3. Фрагмент WBS. Етап розробки

Наведена схема етапу 1.4 (Впровадження системи (рис. 3.4)) описує критичний перехід від розробки програмного продукту до його реальної експлуатації в умовах ефірного мовлення. У сфері лінійного телебачення, де ціна помилки – зупинка ефіру або втрата унікального контенту, ця фаза забезпечує контрольований перехід до нових технологій без фінансових та репутаційних втрат. Саме тут закладається фундамент для довгострокової підтримки та масштабування системи.

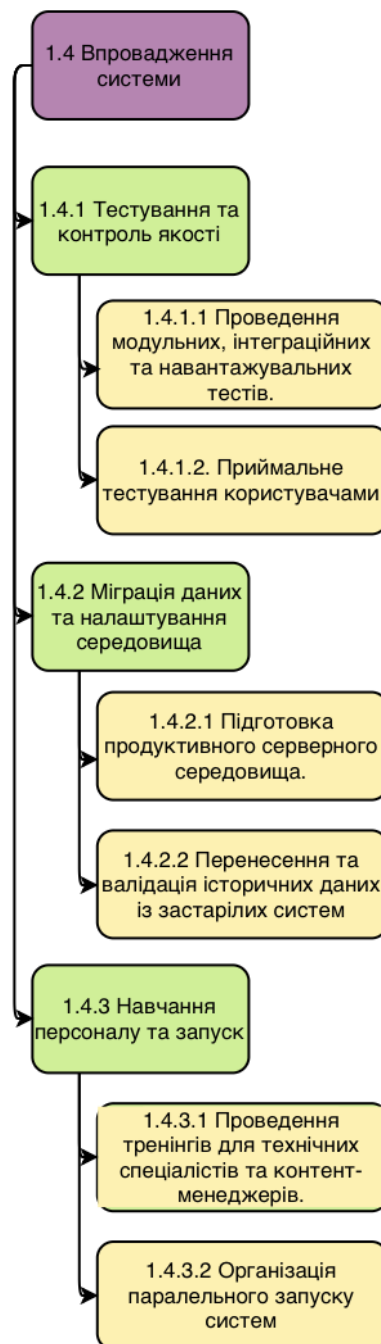


Рис. 3.4. Фрагмент WBS. Етап впровадження

Без проведення навантажувального тестування (1.4.1.1) система ризикує відмовити під час трансляції контенту, що може спричинити значні збитки через неподану рекламу. Помилки при міграції (1.4.2.2) можуть призвести до появи пошкодженого контенту або втрати зв'язків між програмами та їхніми правами, що робить архів непридатним для використання. Відсутність етапу паралельного запуску (1.4.3.2) перетворює перехід на нову систему в незворотний процес; у випадку критичних помилок компанія не зможе оперативно відновити стабільну роботу, що загрожує зупинкою всього бізнес-циклу.

Отже, фаза 1.4 не лише переносить створений ІТ-продукт у практичну площину, а й перетворює його на стратегічний актив, інтегруючи в повсякденну операційну діяльність медіа-холдингу.

Схема етапу 1.5 (Завершення), зображена на рис. 3.5 ілюструє завершальну фазу життєвого циклу проєкту, яка передбачає офіційне закриття всіх процесів розробки та оцінювання фактичної бізнес-цінності впровадженої системи.

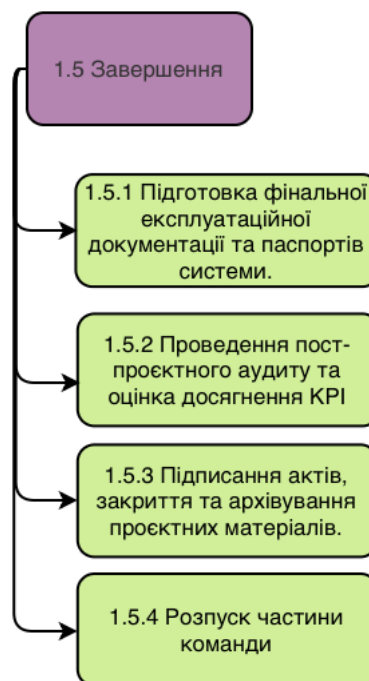


Рис. 3.5. Фрагмент WBS. Етап завершення

Без чіткого закриття проєкт може перетворитися на нескінченний процес доопрацювання, що призведе до неконтрольованого зростання витрат на підтримку. Фаза завершення фіксує успіх проєкту та забезпечує юридичний і технічний захист результатів праці команди.

3.3 Організаційна структура проєкту. Розподіл відповідальності

Розробка інформаційної системи для консолідованого зберігання даних передбачає співпрацю фахівців із різних функціональних напрямів, зокрема ІТ-департаменту, архівних служб та редакцій каналів [33]. Завдяки використанню потужної матричної структури менеджера проєкту надаються широкі повноваження в управлінні ресурсами, водночас забезпечуючи доступ до глибокої технічної експертизи відповідних відділів.

Згідно з етапами розробки, та аналізом джерел [34-36] було сформовано наступний склад проєктної команди:

- *Проектний менеджер* – несе повну відповідальність за досягнення цілей проєкту в межах затвердженого бюджету та термінів. Його обов’язком є координація всіх фаз Waterfall, управління ризиками та комунікація зі стейкхолдерами.
- *Системний архітектор* – відповідає за технічну цілісність системи. Його ключова роль – проєктування високорівневої архітектури (HLD) та логічної схеми бази даних на основі стандартів EBU CCDM.
- *Системний аналітик* займає ключову роль у трансформації початкових даних у структурований вигляд. Формує еталонні словники для уніфікації та описує логіку юридичних обмежень
- *Спеціаліст із метаданих* – критична роль для консолідації. Відповідає за мапінг даних між каналами та впровадження стандарту.
- *Back-end розробник* – реалізує математичне ядро системи. Програмує алгоритм багатокритеріального вибору джерела Sopt та механізми автоматизованого аудиту технічних лімітів

- *Front-end розробник* – створює користувацький інтерфейс, забезпечуючи візуалізацію складних логічних ланцюжків та статусів доступності каналів
- *Broadcast Engineer* – надає технічну експертизу щодо параметрів сигналу, бітрейтів та фізичних обмежень обладнання.
- *UI/UX дизайнер* – розробляє ергономіку системи, фокусуючись на швидкості зчитування критичних статусів інженерами моніторингу.
- *Інженер з автоматизації мовлення* – забезпечує інтеграцію API-шлюзів із ефірними Playout-серверами та проводить технічний аудит інфраструктури.
- *QA* – відповідає за проведення модульних, інтеграційних та навантажувальних тестів на фазі впровадження.

На рис. 3.6 наведено організаційну структуру команди (OBS) для проєкту.

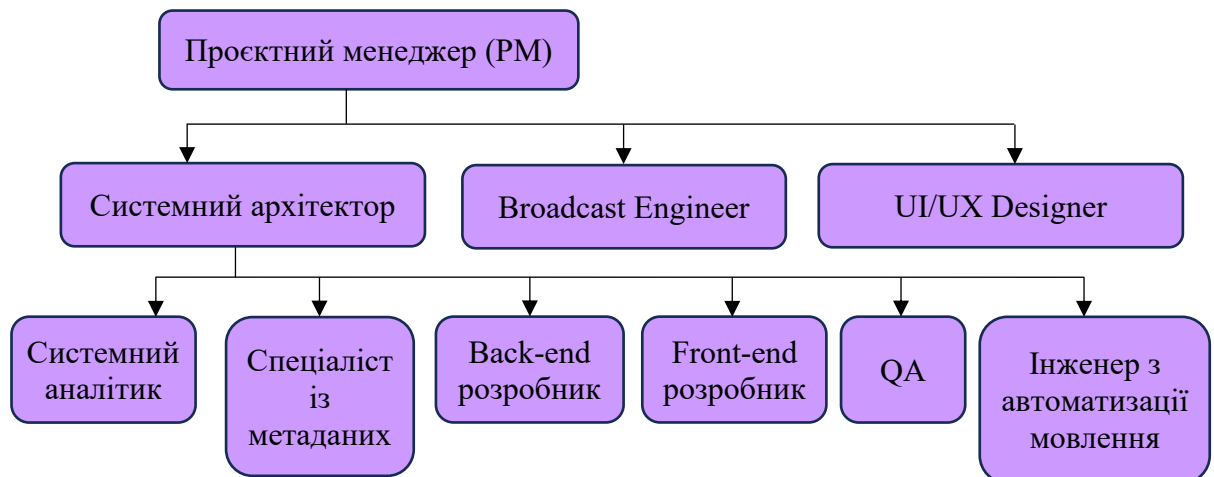


Рис. 3.6. Організаційна структура команди (OBS)

Для забезпечення чіткої координації між усіма учасниками проєкту та уникнення дублювання функцій у складній матричній структурі управління впроваджується матриця розподілу відповідальності, наведена в табл. 3.1.

RACI-матриця розподілу відповідальності

Завдання	Проектний менеджер (PM)	Системний архітектор	Системний аналітик	Спеціаліст із метаданих	Back-end розробник	Front-end розробник	Broadcast Engineer	UI/UX дизайнер	Інженер з автоматизації мовлення	QA
Планування та управління проєктом	R/A	C	I	I	I	I	C	I	I	I
Проектування системної архітектури	A	R/D	C	C	C	I	C	I	C	I
Аналіз та формалізація даних	I	C	R/A	R	I	I	D	C	I	I
Розробка програмного ядра та логіки	A	C	I	I	R/D	I	C	I	C	I
Проектування та розробка інтерфейсів	A	I	C	I	I	R	I	R/A	I	I
Інтеграція з ефірною інфраструктурою	A	C	I	I	C	I	D	I	R/A	I
Контроль якості та верифікації системи	A	I	I	I	C	C	I	I	C	R/D
Впровадження та передача системи в експлуатацію	R/D	I	R	R	I	I	A	I	I	C

Цей інструмент дозволяє деталізувати ролі ключових стейкхолдерів на кожному етапі життєвого циклу розробки інформаційної системи – від аналізу вимог до фінального впровадження.

3.4 Управління ресурсами та бюджетування проєкту

Бюджет проєкту розрахований на 6 місяців і включає витрати на оплату праці, хмарну інфраструктуру та резервний фонд ризиків.

Відповідно до переліку визначених ролей для проєкту розрахуємо розмір витрат на заробітну плату. Калькуляція витрат на виплату заробітної плати учасникам проєктної команди наведено у табл. 3.2.

Калькуляція витрат на виплату заробітної плати учасникам проєктної команди

Роль у проєкті	Заробітна плата (USD)	Податки (USD)
Проектний менеджер (PM)	2800	168
Системний архітектор	4500	270
Системний аналітик	1800	108
Спеціаліст із метаданих	1000	60
Back-end розробник	3800	228
Front-end розробник	2000	120
Broadcast Engineer	1100	66
UI/UX дизайнер	1400	84
Інженер з автоматизації мовлення	1100	66
QA	3000	180
Разом за місяць	22500	1350

Витрати на інфраструктуру та ліцензії:

- хмарна інфраструктура (AWS/Azure): використання трьох серверів (8vCPU, 32G RAM) за моделлю Reserved Instances коштуватиме близько \$700/місяць;
- API-сервіси та AI-нормалізація: витрати на ліцензії для збагачення метаданих складуть близько \$400/місяць;
- програмне забезпечення для очищення та дедуплікації (WinPure Clean & Match) – 1000 USD/разово;
- Talend Data Quality: використовується для автоматизованої перевірки технічних параметрів (ABR-профілі, SID, PID) за еталонними словниками EBU CCDM – 1 200 USD/рік;
- хмарний серверний інструмент для фактичного перенесення даних із розрізнених таблиць у нову об'єктно-орієнтовану БД (AWS Glue) – 2 500 USD/весь період розробки.

Разом прями витрати за 6 місяців: 157100 USD.

Резерв на ризики (10%): 15710 USD.

Загальний бюджет проєкту: 172810 USD.

3.5 Календарне планування проєкту

Календарне планування виступає ключовою основою в управлінні проєктами, побудованими за Waterfall моделлю [33]. Воно забезпечує детальну часову структуру робіт, визначає критично важливий шлях і дає змогу наочно демонструвати взаємозв'язки між етапами – від старту ініціації до фінального завершення.

У рамках цього проєкту календарний графік діє як основний інструмент для контролю дотримання термінів, що має вирішальне значення при інтеграції складних інформаційних систем із чинною ефірною інфраструктурою.

У сфері управління проєктами діаграма Ганта є одним із найцінніших інструментів для візуалізації та відстеження прогресу [37]. Вона надає чітке та структуроване уявлення про завдання, часові рамки та залежності, що дає змогу визначати оптимальну послідовність дій, ефективно розподіляти ресурси та встановлювати реалістичні дедлайни.

Для побудови діаграми для проєкту консолідованого зберігання даних було використано сервіс GanttPRO [38].

Основні переваги сервісу включають:

- автоматизацію планування з можливістю автоматичного коригування термінів при зміні тривалості окремих завдань;
- точне призначення виконавців із врахуванням їхньої годинної ставки та уникнення перевантаження ресурсів;
- зручний візуальний показ ключових контрольних точок, що значно спрощує процеси планування, розробки та підготовки звітності.

Побудований календарний графік в межах проєкту (Діаграма Ганта), що зображений на рис. 3.7 є деталізованою моделлю життєвого циклу проєкту, розробленою за каскадною методологією.

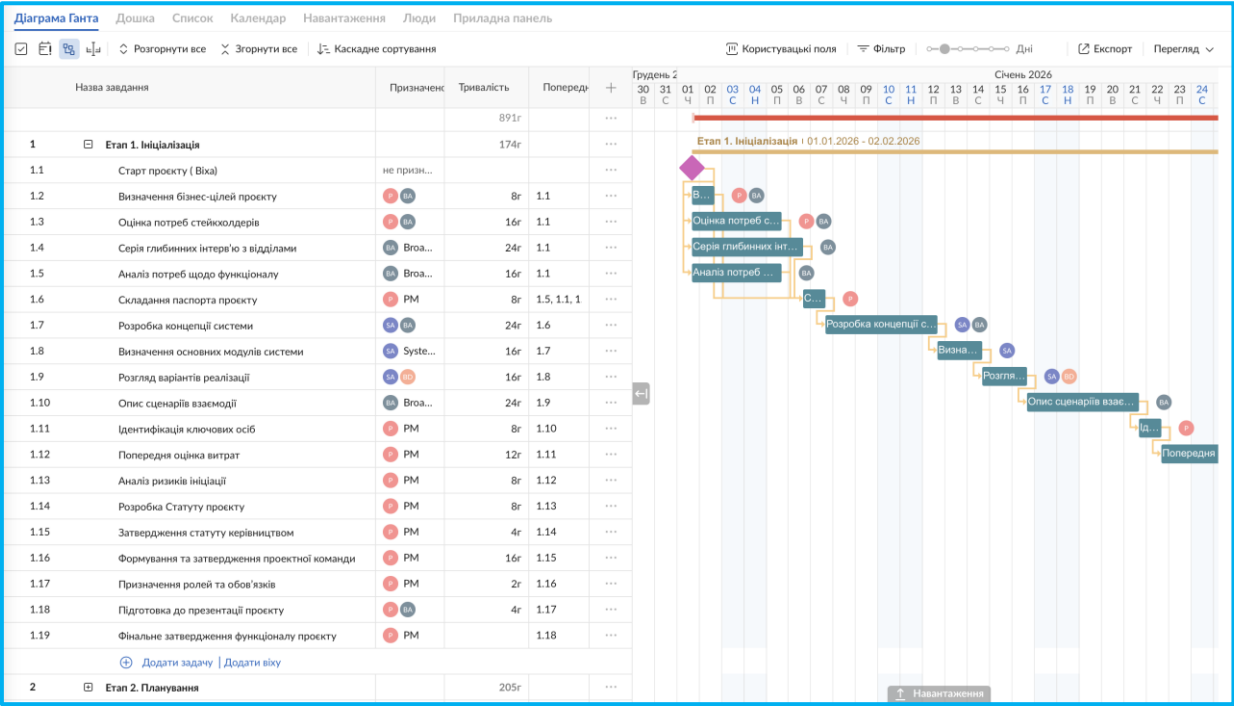


Рис. 3.7. Діаграма Ганта. Календарне планування проекту

Загальний обсяг робіт був розподілений між 5 етапами (рис. 3.8).

Назва завдання		Призначенс	Тривалість	Поперед-	+
			891г		...
1	⊕ Етап 1. Ініціалізація		174г		...
2	⊕ Етап 2. Планування		205г		...
3	⊕ Етап 3. Розробка		312г		...
4	⊕ Етап 4.Впровадження		180г		...
5	⊕ Етап 5.Завершення		52г		...

8

Рис. 3.8. Розподіл робіт проекту за етапами

Етап 1. Ініціалізація.

Фаза, що присвячена визначенню стратегічних цілей, аналізу потреб зацікавлених сторін і розробці статуту проекту.

Етап 2. Планування.

На цьому етапі було деталізовано технічних вимоги, розробка архітектурних рішень та прототипування. Також було сформовано дорожню карту розробки.

Етап 3. Розробка.

Фаза, що включає безпосереднє програмування математичних моделей, створення API-ендпоїнтів та інтеграцію модулів. Саме тут зосереджені основні технічні ресурси команди.

Етап 4. Впровадження.

В межах цього етапу заплановано перенесення системи у продакшн-середовище, міграція даних, налаштування інтеграцій з ефірним обладнанням та навчання персоналу.

Етап 5. Завершення.

Передбачає фінальні тестування, виправлення помилок за результатами пілотного запуску та офіційне закриття проєкту з архівуванням документації. Застосування інструменту GanttPRO дало змогу не лише чітко визначити часові рамки, а й детально проаналізувати завантаженість кожного учасника проєктної команди (рис. 3.9). Це допомогло зменшити ризики вигорання та забезпечити безперебійний хід робочих процесів.

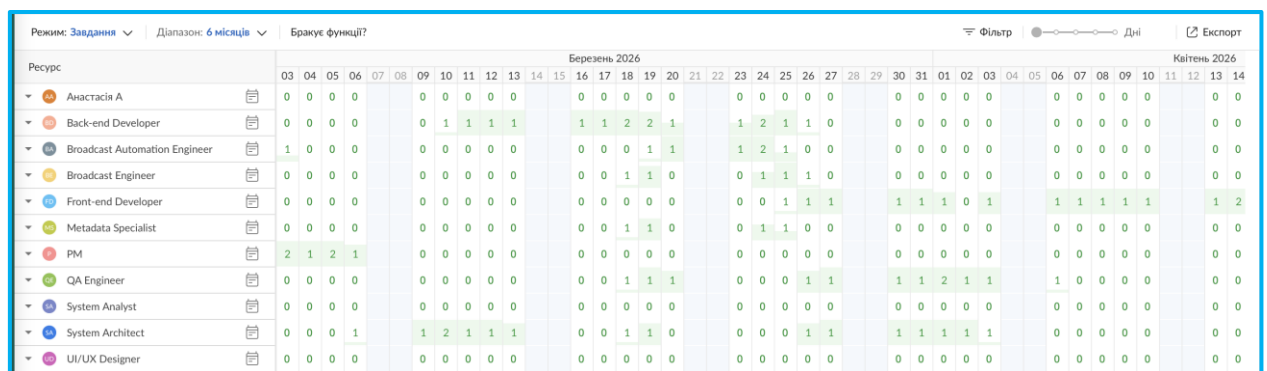


Рис. 3.9. Візуалізація завантаженості учасників проєктної команди в середовищі GanttPRO

Більшість учасників команди працюють у межах стандартного завантаження.

Однак, фіксується найбільше навантаження на Back-end розробника і системного архітектора і період етапу «Розробка» (березень–квітень 2026 року). Це обумовлено складністю математичного моделювання графа та

конфігурацією бази даних. Також, навантаження тестувальника зростає до завершення фази розробки та під час впровадження, забезпечуючи перевірку цілісності даних та проведення UAT.

Розглянемо також візуалізацію етапу розробки в середовищі GanttPRO (рис. 3.10).

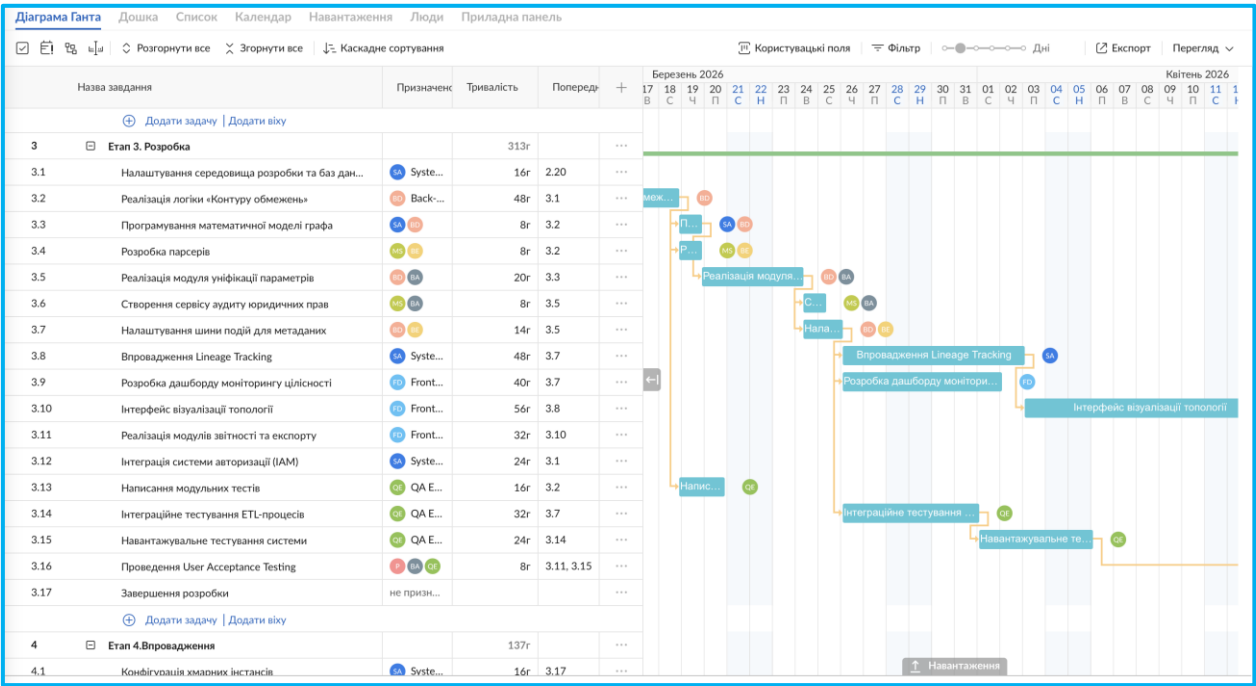


Рис. 3.10. Візуалізація етапу розробки в середовищі GanttPRO

Робота на цьому етапі стартує з налаштування середовища та одночасної інтеграції системи управління доступом (IAM).

Робота Backend зосереджується на створенні ядра системи, яке включає математичну модель графа та алгоритми «Контурів обмежень». Щоб прискорити процес, розробку парсерів і шини подій запускають одночасно з впровадженням логіки обробки даних.

В той же час Frontend працює над інтерфейсами візуалізації топології та дашбордами моніторингу виділена в окремий трек. Це дозволяє розробникам використовувати готові API-ендпоінти відразу після їх реалізації бекенд-командою. Процес тестування інтегрований безпосередньо в цикл розробки. Модульні тести створюються паралельно з написанням коду, а

навантажувальне тестування заплановано як фінальний фільтр перед етапом користувацького приймання (UAT).

Завершення цього етапу відзначається досягненням ключової віхи, яка підтверджує готовність повнофункціонального прототипу системи до інтеграції в інфраструктуру. Такий підхід забезпечує наявність стабільної версії продукту до початку травня, створюючи необхідний часовий резерв для завершального впровадження.

Усі ключові контрольні віхи проєкту наведено в табл. 3.3.

Таблиця 3.3

Контрольні віхи проєкту

№	Назва віхи	Дата
1	Старт проєкту	01.01.2026
2	Фінальне затвердження функціоналу	30.01.2026
3	Завершення планування	06.02.2026
4	Завершення розробки	01.05.2026
5	Пілотний запуск системи	18.05.2026
6	Офіційне завершення проєкту	01.06.2026

Підсумовуючи результати виконаних етапів, можна стверджувати, що сформований календарний графік являє собою комплексну модель управління життєвим циклом проєкту, яка відповідає стратегічним цілям організації та задовольняє технічні вимоги до розробки системи.

3.6 Управління ризиками проєкту

У сучасному середовищі мультимедійних технологій управління даними зазнає суттєвих змін, спричинених стрімким зростанням обсягів інформації та ускладненням взаємозв'язків між фізичними і логічними ресурсами. Система консолідованого зберігання даних вимагає не лише високого рівня технічної компетенції в сфері системної інженерії, але й використання передових підходів до управління проєктами. Це необхідно для мінімізації ризиків,

пов'язаних із процесами міграції та інтеграції розрізнених інформаційних джерел.

Процес розробки складних інформаційних систем у сфері медіа-дистрибуції неминуче стикається з множиною факторів, що можуть негативно вплинути на дотримання термінів, бюджету та якісних показників кінцевого продукту. Управління ризиками в даному дослідженні розглядається як безперервний цикл, що включає ідентифікацію, якісний та кількісний аналіз, а також планування заходів реагування [39].

В межах дослідження ризику було класифіковано за вісьмома основними класами: організаційні, технічні, технологічні, ризики планування, ризики невиконання термінів, фінансові, ризики учасників команди та ризики форс-мажорних подій. У табл. 3.4 наведено фрагмент таблиці з результатами ідентифікації проєктних ризиків. Повна таблиця наведена в табл. Б.1 Додатку Б.

Таблиця 3.4

Фрагмент таблиці з ідентифікацією проєктних ризиків

Код ризику	Тип ризику	Ризикова подія	Сила впливу	Ймовірність
1	2	3	4	5
P01	Технічні ризики	Втрата або пошкодження даних під час міграції з Excel у реляційну БД.	Критичний	Середня
P02	Технічні ризики	Порушення цілісності через ACID-невідповідність при складних транзакціях.	Високий	Низька
P03	Технічні ризики	Помилки в логіці алгоритму вибору оптимального джерела сигналу.	Середній	Середня
P05	Технологічні ризики	Залежність від конкретного хмарного постачальника.	Середній	Середня
P08	Технологічні ризики	Конфлікт версій програмного забезпечення при інтеграції з Legacy-системами моніторингу.	Середній	Середня
P09	Організаційні ризики	Опір персоналу внаслідок зміни звичних бізнес-процесів (відмова від Excel).	Середній	Висока

1	2	3	4	5
P12	Організаційні ризики	Зміна стратегічних цілей медіа-холдингу під час реалізації проєкту.	Високий	Низька
P13	Ризик невиконання термінів	Розмиття меж проєкту через додавання нових атрибутів каналів.	Високий	Висока
P15	Ризик невиконання термінів	Конфлікти ресурсів у матричній структурі управління проєктом.	Високий	Середня
P16	Ризик невиконання термінів	Затримка постачання обладнання для інфраструктури.	Високий	Середня
P25	Ризик форс-мажорних подій	Тривалі відключення енергопостачання (блекаути) в Україні.	Високий	Висока
P26	Ризик форс-мажорних подій	Зміни в регуляторному законодавстві (наприклад, Закон про медіа).	Високий	Середня
P27	Ризик форс-мажорних подій	Кібератаки на інфраструктуру та викрадення токенів доступу.	Критичний	Середня
P28	Ризик форс-мажорних подій	Фізичне пошкодження інфраструктури внаслідок бойових дій.	Критичний	Низька

За квазікількісною шкалою (табл. 3.5) було проведено аналіз ризиків за ймовірністю виникнення, частотою та важливістю ризиків [40]. Фрагмент отримані результатів аналізу наведено в табл. 3.6, а повна таблиця з результатами оцінки наведена в табл. Б.2 додатку Б.

Таблиця 3.5

Шкала якісного оцінювання ризикових подій

Проста якісна	Розширена якісна	Квазікількісна оцінка
Відсутня	В	0
Низька	НН (низька – низька)	1
	НС (низька – середня)	2
	НВ (низька – висока)	3
Середня	СН (середня – низька)	4
	СС (середня – середня)	5
	СВ (середня – висока)	6
Висока	ВН (висока – низька)	7
	ВС (висока – середня)	8
	ВВ (висока – висока)	9
Катастрофічна	К	10

Таблиця 3.6

Фрагмент результатів аналізу проєктних ризиків

Ризикова подія	Затримки у часі (Якіс./Кільк.)	Фінансові витрати (Якіс./Кільк.)	Ймовірність (Якіс./Кільк.)	Частота (Якіс./Кільк.)	Важливість ризику
Втрата або пошкодження даних під час міграції з Excel у реляційну БД	ВВ / 9	К / 10	НС / 2	НН / 1	38
Порушення цілісності через ACID-невідповідність при складних транзакціях	СН / 4	ВС / 8	НС / 2	НН / 1	18
Помилки в логіці алгоритму вибору оптимального джерела сигналу	ВС / 8	К / 10	НН / 1	НН / 1	36
Залежність від конкретного хмарного постачальника	СС / 5	ВС / 8	СС / 5	НС / 2	23
Недостатня гнучкість ETL-інструментів до змін у форматах джерел	ВВ / 9	СВ / 6	СВ / 6	НС / 2	30
Конфлікт версій ПЗ при інтеграції з Legasy-системами моніторингу	СС / 5	СС / 5	СС / 5	НС / 2	25
Зміни в регуляторному законодавстві (наприклад, Закон про медіа)	СВ / 6	ВС / 8	НС / 2	НН / 1	16
Кібератаки на інфраструктуру та викрадення токенів доступу	НН / 1	К / 10	НС / 2	НН / 1	20
Фізичне пошкодження інфраструктури внаслідок бойових дій	ВВ / 9	К / 10	НН / 1	НН / 1	10

Під час аналізу було виявлено ризики проєкту, що вимагає пріоритетної уваги з боку менеджменту та впровадження превентивних заходів.

Тривалі відключення енергопостачання в Україні – 72 бали.

Цей ризик є найбільш критичним через його високу ймовірність і значний вплив на всі стадії проєкту. Блекаути ставлять під загрозу не лише процес розробки, а й безперебійне цілодобове мовлення (24/7), що має ключове значення для функціонування медіа-холдингу.

Розширення масштабів проєкту через додавання нових атрибутів – 64 бали.

Ця загроза пов'язана з великою кількістю зацікавлених сторін, включаючи юристів, інженерів і менеджерів. Постійне доповнення вимог до системи спричиняє каскадні затримки у виконанні проєкту та значне перевищення запланованого бюджету.

Перевищення витрат на хмарні ресурси через Metadata Explosion – 56 балів.

Перехід від супутникової трансляції до OTT-платформ суттєво збільшує кількість параметрів, необхідних для кожного каналу, з 15-20 до понад 100. Це створює ризик неконтрольованого зростання витрат на зберігання та обробку даних у хмарних сервісах.

Проблеми з безпекою у сторонніх API чи бібліотеках – 56 балів.

Оскільки система розбудовується як API-орієнтована екосистема, уразливості в зовнішніх модулях несуть ризики витоку конфіденційної технічної інформації, зокрема даних шифрування чи прав доступу, а також можуть спричинити зупинку роботи сервісу.

Зважаючи на це було також розроблено проти ризикові заходи, фрагмент карти яких наведено в табл. 3.7, а деталізовано в табл. Б.3 Додатку Б.

Результати проведеного аналізу дають підстави стверджувати, що впровадження інформаційної системи консолідованого зберігання даних у межах медіа-холдингу супроводжується значною невизначеністю. Це пов'язано як зі складністю внутрішньої IT-інфраструктури, так і з впливом зовнішніх форс-мажорних чинників. Для врахування всіх можливих ризиків було сформовано реєстр, який охоплює близько 30 ризикових подій,

класифікованих за вісьмома класами: організаційні, технічні, технологічні, планування, часові, фінансові, пов'язані з командою проєкту, а також форс-мажорні.

Таблиця 3.7

Фрагмент карти протиризикових заходів

Ризикова подія	Профілактика	Симптом	При симптомі	При проблемі
1	2	3	4	5
R-01. Втрата або пошкодження даних під час міграції	Створення повних бекапів; тестові запуски на копіях даних.	Розбіжність кількості записів у логах ETL-процесу.	Зупинка міграції; перевірка цілісності джерела.	Відновлення з бекапу; виправлення скриптів міграції.
R-02. Порушення цілісності через ACID-невідповідність	Використання PostgreSQL з підтримкою повного ACID; логування транзакцій.	Поява некоректних посилань у БД.	Відкат поточної транзакції; аналіз помилок.	Ручне очищення даних; рефакторинг коду транзакцій.
R-06. Вразливості у сторонніх API або бібліотеках	Регулярний аудит коду та сканування залежностей	Повідомлення про критичні вразливості (CVE) у медіа-спільнотах.	Тимчасове блокування вразливого функціоналу.	Термінове оновлення бібліотек або заміна API.
R-09. Опір персоналу (відмова від Excel)	Залучення користувачів до UX-дизайну; демонстрація переваг системи.	Низька частота авторизації користувачів; скарги на складність.	Проведення додаткового воркшопу; спрощення інтерфейсу.	Адміністративне впровадження регламенту використання ІС.
R-10. Відсутність підтримки топ-менеджменту	Регулярна візуалізація ROI та звітів про зниження простоїв ефіру.	Затримки у підписанні бюджетів або погодженні ресурсів.	Організація презентації «швидких перемог».	Перегляд обсягів проєкту; деескалація цілей.
R-12. Зміна стратегічних цілей холдингу	Ітераційне планування	Оголошення про нові напрямки (напр. повний відхід від супутника).	Адаптація пріоритетів беклогу під нові цілі.	Перезапуск проєкту з оновленим паспортом.
R-14. Невірна оцінка трудомісткості очищення даних	Попередній аудит джерел.	Відставання від графіка на етапі Staging більше ніж на 2 тижні.	Залучення додаткових фахівців з обробки метаданих.	Виключення непріоритетних груп даних.

Завершення табл. 3.7

1	2	3	4	5
R-15. Конфлікти ресурсів у матричній структурі	Попереднє «бронювання» ключових розробників; узгодження з лінійними керівниками.	Скарги розробників на перевантаження	Перегляд черговості завдань; перенесення некритичних робіт.	Залучення зовнішнього аутсорсингу або фрілансерів.
R-16. Затримка постачання обладнання	Раннє оформлення замовлень; робота з декількома постачальниками.	Затримка в логістичному трекінгу більше ніж на 7 днів.	Тимчасове використання хмарних віртуальних серверів.	Оренда обладнання; зміна постачальника.
R-17. Пролонгація етапу тестування	Написання тест-планів на етапі дизайну; автоматизація тестів.	Велика кількість багів під час UAT.	Виділення розробника на Full-time підтримку тестувальників.	Перенесення дати релізу; поетапне впровадження.
R-18. Затримки через ліцензійні угоди	Ранній старт переговорів; підготовка шаблонів типових угод.	Відсутність скан-копій договорів за тиждень до запуску.	Отримання тимчасових гарантійних листів від правовласників.	Блокування каналу в системі до отримання прав.
R-20. Валютні коливання	Фіксація цін у гривні в контрактах; використання Open Source.	Різке зростання курсу валют	Скасування підписок на неперіоритетний софт.	Запит додаткового фінансування з резервного фонду.
R-23. Брак знань стандартів EBUCore/SMPTE	Внутрішні тренінги; залучення Broadcast-консультанта.	Системні помилки в архітектурі логічних ланцюжків сигналу.	Організація інтенсивного курсу навчання для команди.	Заміна розробника на фахівця з медіа-досвідом.
R-25. Блекаути в Україні	Забезпечення офісу генераторами, UPS та Starlink; робота в хмарі.	Повідомлення про дефіцит в енергосистемі	Синхронізація локальних розробок із хмарою кожну годину.	Повне перенесення команди в автономний хаб або хмару.
R-26. Кібератаки та викрадення токенів	MFA; шифрування даних; регулярний пентест системи.	Аномальні спроби входу; несанкціоноване звернення до API.	Блокування підозрілих IP-адрес; ротація всіх API-токенів.	Активація плану Disaster Recovery (DRP); відновлення з бекапу.
R-27. Фізичне пошкодження інфраструктури	Повне гео-резервування даних у хмарах країн ЄС.	Ескалація бойових дій у регіоні розташування дата-центрів	Повна реплікація даних у безпечне середовище.	Перемикання на хмарний Disaster Recovery майданчик.

Такий підхід дозволив комплексно підходити до оцінки критичних аспектів кожного етапу життєвого циклу проєкту.

Додатково була розроблена матриця протиризикових заходів, яка включає профілактичні дії, моніторинг потенційних симптомів проблем та оперативні плани реагування у разі виникнення критичних ситуацій. Завдяки цій системі управління ризиками відбувається перехід від реактивного до проактивного підходу, що дозволяє значно знизити ризик каскадних збоїв на стадіях міграції та інтеграції.

У результаті забезпечується стійкість технологічної архітектури системи та гарантована безперебійність роботи медіа-холдингу навіть у процесі переходу до нової моделі.

РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА СКДАДОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

4.1 Розробка архітектури інформаційної системи

Розробка інформаційної системи консолідованого зберігання даних здійснюється на основі принципів модульності та стійкості до відмов, що забезпечує її ефективну роботу в умовах динамічного середовища медіа-дистрибуції.

Модель архітектури системи, наведена на рис. 4.1 розроблена на основі принципу архітектури, керованої обмеженнями. В основу покладено принципи відокремлення логіки обробки даних від фізичної інфраструктури, що дозволяє системі адаптуватися до змін у технічному середовищі без втрати цілісності інформації [41].

Такий підхід також забезпечує незалежність рівнів представлення, логіки та даних, що дозволяє масштабувати компоненти системи без порушення її цілісності та підвищує загальну безпеку рішення.

Вся система має контур обмежень. Це архітектурне рішення демонструє, що кожна операція – від завантаження даних до запиту через API – проходить крізь фільтри безпеки (IAM), технічні ліміти та юридичні регламенти. Це гарантує цілісність даних на рівні не нижче 98% та відповідність стандартам EBUCore [42].

Сервісний рівень та автентифікація:

- Користувач взаємодіє із системою через рівень представлення (UI).
- Identity & Access Management забезпечує безпеку за принципом найменших привілеїв (PoLP) та контроль доступу на основі ролей (RBAC).
- API Gateway – центральний асинхронний шлюз, який координує всі внутрішні потоки та маршрутизує запити до логічних модулів.

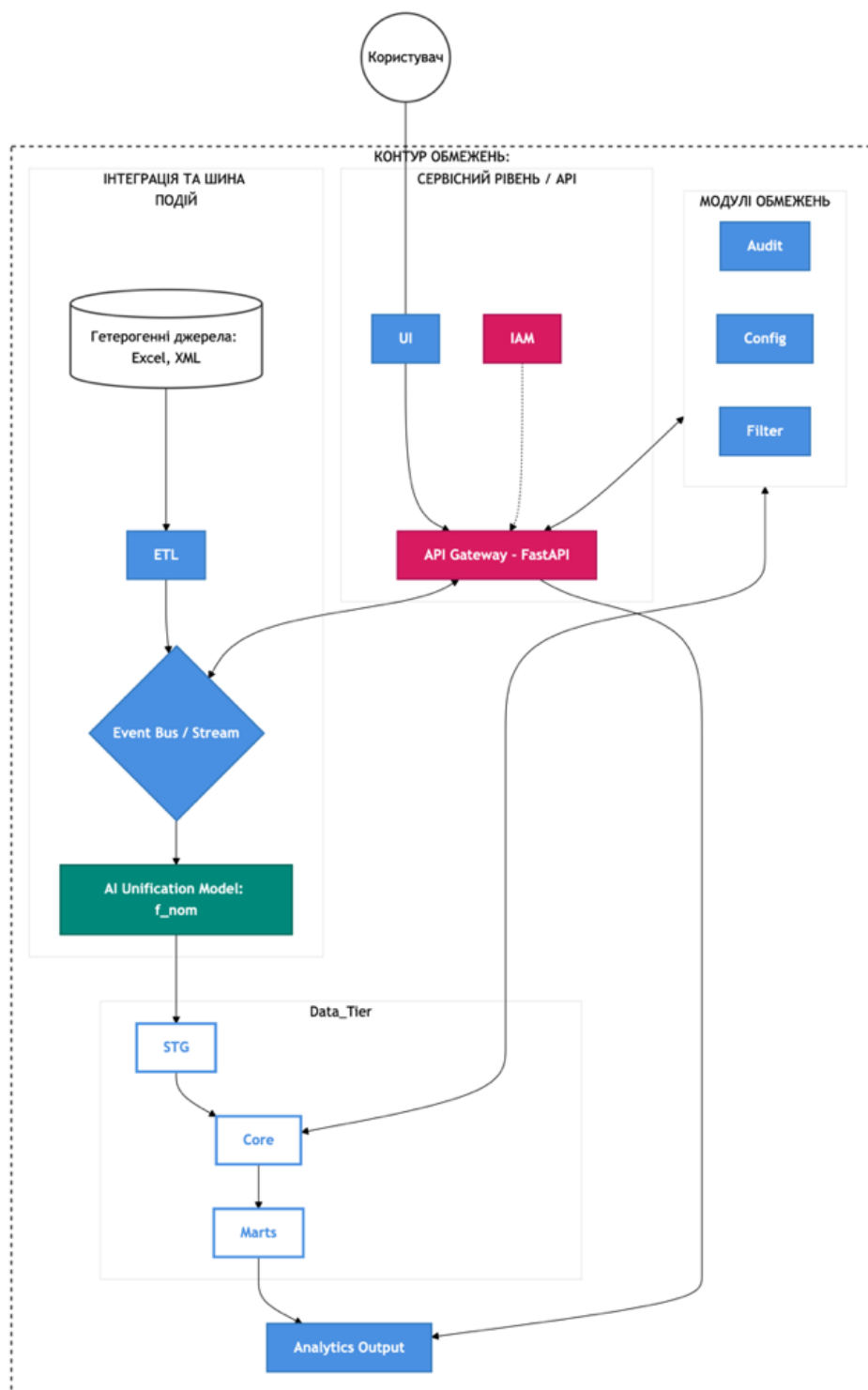


Рис. 4.1. Модель архітектури системи [43]

Шар інтеграції та шина подій.

Це вхід для даних, де вирішується проблема інформаційного хаосу:

- Гетерогенні джерела – відображають різноманітність вхідної інформації (Excel, XML).

- ETL – модуль первинної обробки.
- Event Bus / Stream – це центр подієвої архітектури. Будь-яка зміна статусу обладнання чи метаданих ініціює подію, на яку миттєво реагують інші модулі.
- AI Unification Model – це інтелектуальний модуль, що автоматично нормалізує дані, виправляє помилки ручного введення та приводить атрибути до єдиного стандарту, створюючи «єдине джерело істини».

Модулі обмежень та логіки.

Це блоки активного контролю, які оперують топологічною моделлю:

- Audit. Автоматично перевіряє технічні ліміти та юридичне право мовлення в регіоні.
- Config. Реалізує алгоритм вибору оптимального джерела у разі аварійних ситуацій.
- Filter. Забезпечує миттєвий крос-параметричний пошук по всьому масиву даних.

Рівень даних та виходу.

Data Tier реалізований як багаторівневе сховище:

- STG (зона приземлення сирих даних).
- Core (нормалізоване центральне сховище (ACID-цілісність)).
- Marts (вітрини даних, оптимізовані для швидкої аналітики).
- Analytics Output (фінальний етап, де формуються матриці доступності, звіти про навантаження CDN та юридичні комплаєнс-звіти).

Така архітектура перетворює систему з простого сховища даних на проактивний інструмент, який автоматично реагує на події і забезпечує уникнення некоректних конфігурацій [44].

Для розуміння динаміки взаємодії компонентів розроблено діаграму послідовності, яка наведена на рис. В.1 Додатку В. Вона ілюструє шлях трансформації «сирого» сигналу в рекомендоване джерело з урахуванням усіх технічних та юридичних обмежень.

Процес розпочинається з надходження сирих гетерогенних даних від зовнішніх джерел (супутникові ресивери, IP-стріми, юридичні реєстри).

Модуль інтеграції (ETL) виконує функцію уніфікації, приводячи розрізнені записи до стандартів ISO та перевіряючи типи даних. На відміну від класичних БД, система оновлює не просто рядки, а вузли (V) та ребра (E) топологічного графа, що дозволяє миттєво бачити зміни в ланцюжках проходження сигналу.

Наступний етап реалізує концепцію архітектури, керованої обмеженнями. Користувач або зовнішній API ініціює перевірку, після чого Модуль аудиту витягує актуальну топологію з графової БД.

Система одночасно перевіряє три критичні вектори:

1. Юридичний (наявність прав та відсутність Geo-blocking).
2. Технічний (сумарний бітрейт каналів відносно пропускної здатності обладнання).
3. Операційний вектор (перевірка інтегрального індексу цілісності даних.

Система аналізує повноту заповнення технічного паспорта каналу (наявність усіх обов'язкових атрибутів, таких як частота, SID, PID, мови) перед тим, як дозволити його активацію в ефірі).

У результаті користувач отримує не просто дані, а готове рішення системи про валідність поточної конфігурації.

Багатокритеріальна оптимізація вибору джерела – завершальна стадія прийняття рішень, що забезпечує стабільність ефіру на рівні 99,9 %:

- Модуль конфігурації аналізує граф на предмет усіх доступних альтернативних шляхів доставки сигналу.
- Виконується алгоритм S_{opt} , де джерела ранжуються за трьома критеріями: пріоритет, доступність та вартість.
- Система видає рекомендацію щодо активації конкретного джерела та обов'язково фіксує це рішення в історії для подальшого аналізу.

Ця послідовність дій демонструє перехід від пасивного зберігання даних до активного використання їх як інструменту управління. Ізоляція етапів нормалізації (ETL) та аудиту дозволяє нівелювати ризики R-01 (втрата даних) та R-14 (помилки очищення), забезпечуючи цілісність інформації на рівні 98 % +.

4.2 Розробка концептуальної та логічної моделей баз даних

Розробка сучасних інформаційних систем для консолідації різномірних даних у медіа-індустрії потребує чіткого дотримання ієрархії моделювання.

Цей процес розпочинається з ретельного аналізу предметної області й завершується формуванням детальних структур зберігання даних. В умовах стрімкої цифрової трансформації 2025–2026 років, коли структура споживання контенту радикально змістилася в бік потокового мовлення (OTT), складність та обсяг супутніх метаданих зросли в геометричній прогресії, що вимагає перегляду традиційних підходів до проєктування баз даних [10].

Проєктування бази даних – це поетапний процес, який перетворює розрізнені бізнес-вимоги на чітку технічну документацію. На початкових стадіях, концептуальному та логічному етапах, головна мета полягає у створенні якісної моделі, що точно відображає інформаційні потреби користувачів, без акценту на специфіку фізичної реалізації, таку як місце збереження даних, організація пам'яті чи вибір конкретної СУБД. Чим краще модель відповідає реальним запитам бізнесу, тим більш ефективною та зручною у використанні стане система в довгостроковій перспективі [45].

Структура системи, наведена на рис. Г.1 Додатку Г, розділена на три функціональні домени:

- юридичний (права та ліцензії);
- контентний (технічні специфікації медіа);
- інфраструктурний (джерела та обладнання).

1. Юридичний домен та комплаєнс-контроль.

Цей сегмент моделі відповідає за автоматизацію перевірки юридичної чистоти мовлення та запобігання регуляторним ризикам:

- RIGHTS-HOLDER: сутність верхнього рівня, яка володіє виключними правами на контент. Зв'язок із сутністю CHANNEL має кардинальність 1:N (один правовласник може володіти множиною каналів).
- RETRANSMISSION-TERMS: центральний вузол юридичної логіки, що визначає часові та правові межі використання сигналу.
- COUNTRY: Зв'язок між умовами ретрансляції та країнами дозволяє реалізувати функцію Geo-blocking, блокуючи технічну активацію сигналу в регіонах, на які не отримано ліцензію.

2. Контентний домен.

Відповідає за детальний опис властивостей мультимедійного потоку згідно зі стандартами EBUCore (Tech 3293) та CCDDM (Tech 3351):

- CHANNEL: ядро системи, що акумулює всі метадані.
- MEDIA-SPECS: сутність, що описує якісні характеристики сигналу (наприклад, формат). Вона включає:
- AUDIO-TRACKS: облік усіх доступних мовних доріжок для забезпечення мультимовного мовлення.
- SUBTITLES: параметри супроводу текстовою інформацією для осіб з обмеженими можливостями.

3. Інфраструктурний домен.

Формалізує шлях проходження сигналу від первинного джерела до обладнання дешифрування, що дозволяє здійснювати проактивний аналіз ризиків відмов.

- SIGNAL-SOURCE: описує точку входу медіа-потoku. Модель використовує механізм спеціалізації для розділення двох типів джерел:
- SATELLITE-PARAMS: технічні параметри супутникового прийому (частота, поляризація, FEC 50).

- IP-PARAMS: налаштування для потоків, що отримуються через мережеві протоколи.
- INFRASTRUCTURE: визначає логічне розміщення джерел у мережі компанії.
- HARDWARE та CONDITIONAL-ACCESS: сутності описують фізичний рівень (ресивери, сервери) та модулі умовного доступу (CAS-картки).

Логічне моделювання даних у рамках цього проєкту виконує роль структурного мосту між високорівневими бізнес-вимогами та фізичною реалізацією системи в середовищі PostgreSQL. На відміну від концептуальної моделі, логічне моделювання забезпечує більшу точність завдяки визначенню складу атрибутів, первинних (PK) і зовнішніх (FK) ключів, а також правил референційної цілісності. Це має ключове значення для усунення «інформаційного хаосу», виявленого на стадії аналізу проблематики.

Згідно з об'єктно-орієнтованим підходом та стандартами EBU CCDM (Tech 3351), перша частина логічної моделі (рис. 4.2) формалізує ієрархію володіння правами та базову ідентифікацію медіа-активів.

- Сутність RIGHTS HOLDER – кореневий елемент юридичного контуру системи.

Вона формалізує дані про юридичну особу, яка володіє виключними правами на контент або ліцензіями на мовлення.

Атрибутивний склад: включає унікальний ідентифікатор `id_holder` (PK), офіційну назву компанії (`name`), країну реєстрації (`reg_country`) та юридичні контакти.

Забезпечує централізований облік контрагентів, що дозволяє автоматизувати аудит договірних зобов'язань та нівелювати ризики порушення ліцензійних угод.

- Сутність CHANNEL – центральний об'єкт консолідації, навколо якого групуються всі технічні та контентні метадані.

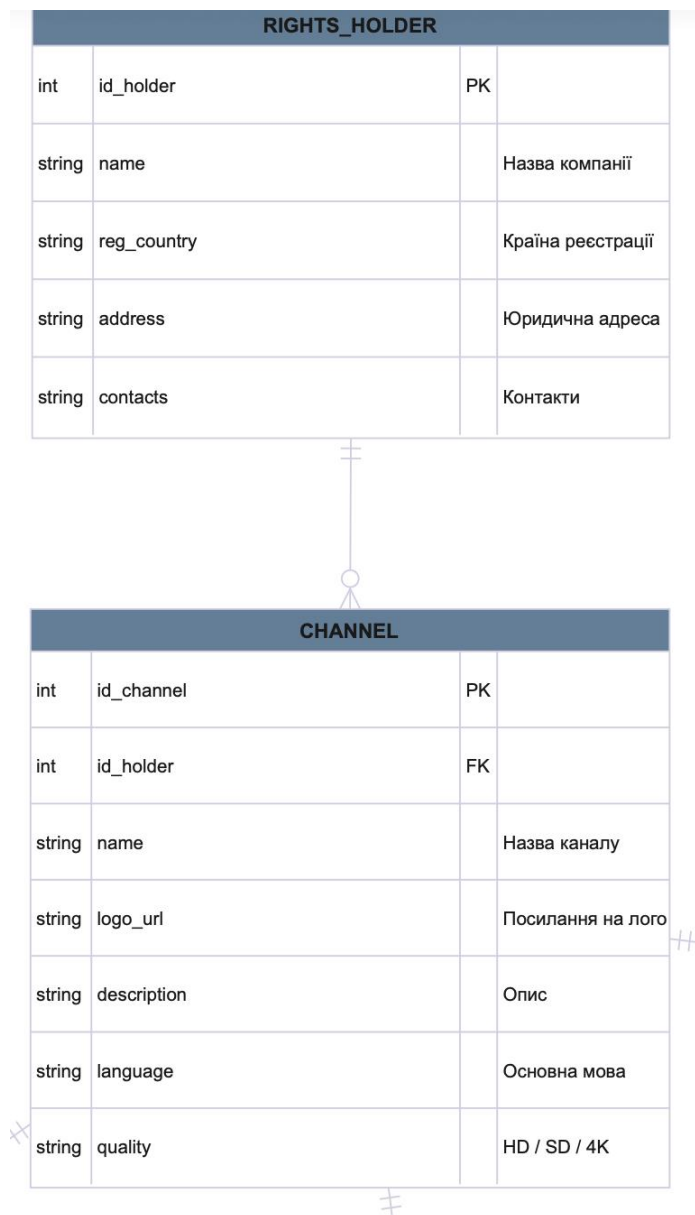


Рис. 4.2. Перша частина логічної моделі бази даних

Атрибутивний склад: окрім системного ключа `id_channel` (PK), сутність містить метадані згідно з EBUCore (Tech 3293): назву каналу, посилання на логотип (`logo_url`), опис, основну мову мовлення та якісні характеристики (`quality`), включаючи підтримку форматів мовлення.

Реалізовано зв'язок типу 1:N (один до багатьох). Один правовласник може володіти множиною телеканалів, проте кожен канал жорстко ідентифікується як актив конкретного власника через зовнішній ключ `id_holder` (FK). Це гарантує юридичну прозорість структури активів медіа-холдингу.

Другий сегмент логічної моделі (рис. 4.5) формалізує механізм взаємодії між медіа-активами та правовим полем їхнього розповсюдження. Це дозволяє системі перейти від пасивного збереження документів до активного управління правами через функцію Geo-blocking (flegal), що мінімізує ризики юридичних санкцій з боку правовласників.

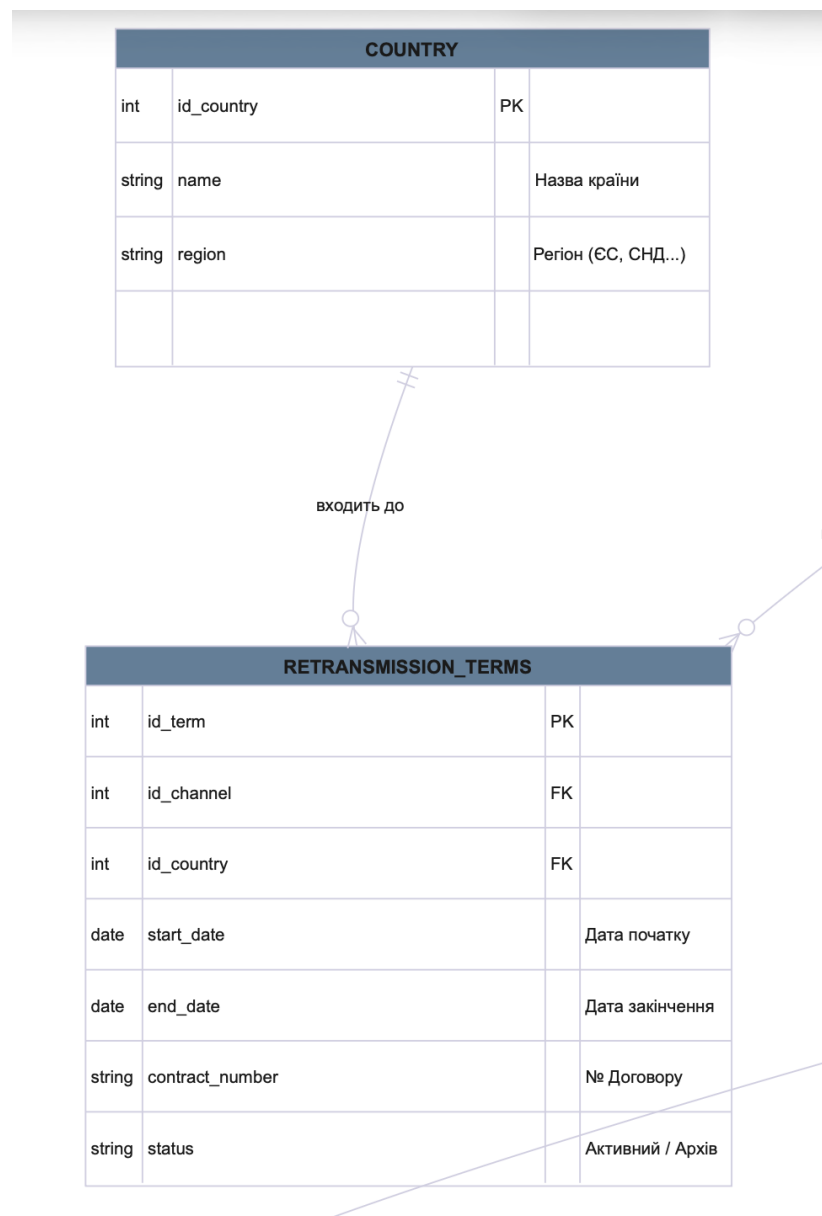


Рис. 4.3. Друга частина логічної моделі бази даних

1. Сутність COUNTRY – виступає як глобальний нормативно-довідковий класифікатор територій.

Атрибутивний склад: включає первинний ключ `id_country` (PK), назву країни (`name`) та приналежність до геополітичного регіону (`region`), наприклад, ЄС чи СНД.

Використання цієї сутності забезпечує уніфікацію вхідних даних на етапі ETL. Замість довільного написання назв, система використовує жорстку прив'язку до кодів, що дозволяє уникнути дублювання та помилок ідентифікації.

2. Сутність `RETRANSMISSION_TERMS` – центральна сутність юридичного контуру, яка виконує роль контролера прав у часі та просторі. Вона деталізує умови, за яких контент стає доступним для кінцевого споживача.

Атрибутивний склад:

- `id_term` (PK) – унікальний ідентифікатор умови;
- `id_channel` (FK) та `id_country` (FK) – зовнішні ключі, що пов'язують конкретний актив із територією;
- `start_date` та `end_date` – визначають часовий «коридор» легітимності мовлення;
- `contract_number` – посилання на первинний юридичний документ;
- `status` – прапор життєвого циклу (Активний / Архів), що дозволяє модулю аудиту миттєво відсікати застарілі ліцензії.

В даному фрагменті реалізовано зв'язок типу 1:N (один до багатьох) між `COUNTRY` та `RETRANSMISSION_TERMS`. Одна країна може бути частиною множини ліцензійних угод для різних каналів.

Ключовим архітектурним рішенням є створення сутності `RETRANSMISSION_TERMS` як деталізуючого про шарку між каналом та територією. Це дозволяє системі реалізувати складні сценарії:

- *Тимчасові права* → автоматичне припинення мовлення при настанні дати «`end_date`».

- *Крос-параметричний аудит* → при спробі активації джерела сигналу система звертається до цієї таблиці, щоб підтвердити наявність активного статусу для цільового регіону.

Третій сегмент логічної моделі (рис. 4.4) відображає архітектурне рішення щодо типізації джерел сигналу та їхньої прив'язки до фізичного обладнання. Це ядро системи, яке забезпечує виконання алгоритму вибору оптимального джерела та верифікацію технічних лімітів пропускну здатності.

1. Сутність SIGNAL_SOURCE.

Ця сутність виступає «хабом», який з'єднує контентний рівень «Channel» із технічними налаштуваннями.

Атрибутивний склад: містить ідентифікатор `id_source` (PK), посилання на канал `id_channel` (FK), дані про постачальника (`provider`), тип середовища (`Satellite`, `IP`, `Fiber`) та критичний параметр `priority`.

Атрибут `priority` (`Main` / `Backup`) є основою для роботи математичної моделі вибору сигналу. Зв'язок із сутністю `CHANNEL` («отримується через») реалізований як 1:N, що дозволяє одному каналу мати необмежену кількість резервних ліній.

2. Спеціалізація параметрів передачі.

- `SATELLITE_PARAMS` : зберігає специфічні дані PUR (Parameters of Universal Reception): назву супутника, частоту, поляризацію, `Symbol Rate` та параметр `FEC 50`. Наявність поля `sid` (`Service ID`) дозволяє однозначно ідентифікувати сервіс у транспортному потоці.
- `IP_PARAMS` : описують налаштування для цифрової дистрибуції. Включає IP-адресу, порт, бітрейт потоку та вибір протоколу (наприклад, `SRT` для надійної передачі або `HLS` для OTT-доставки).

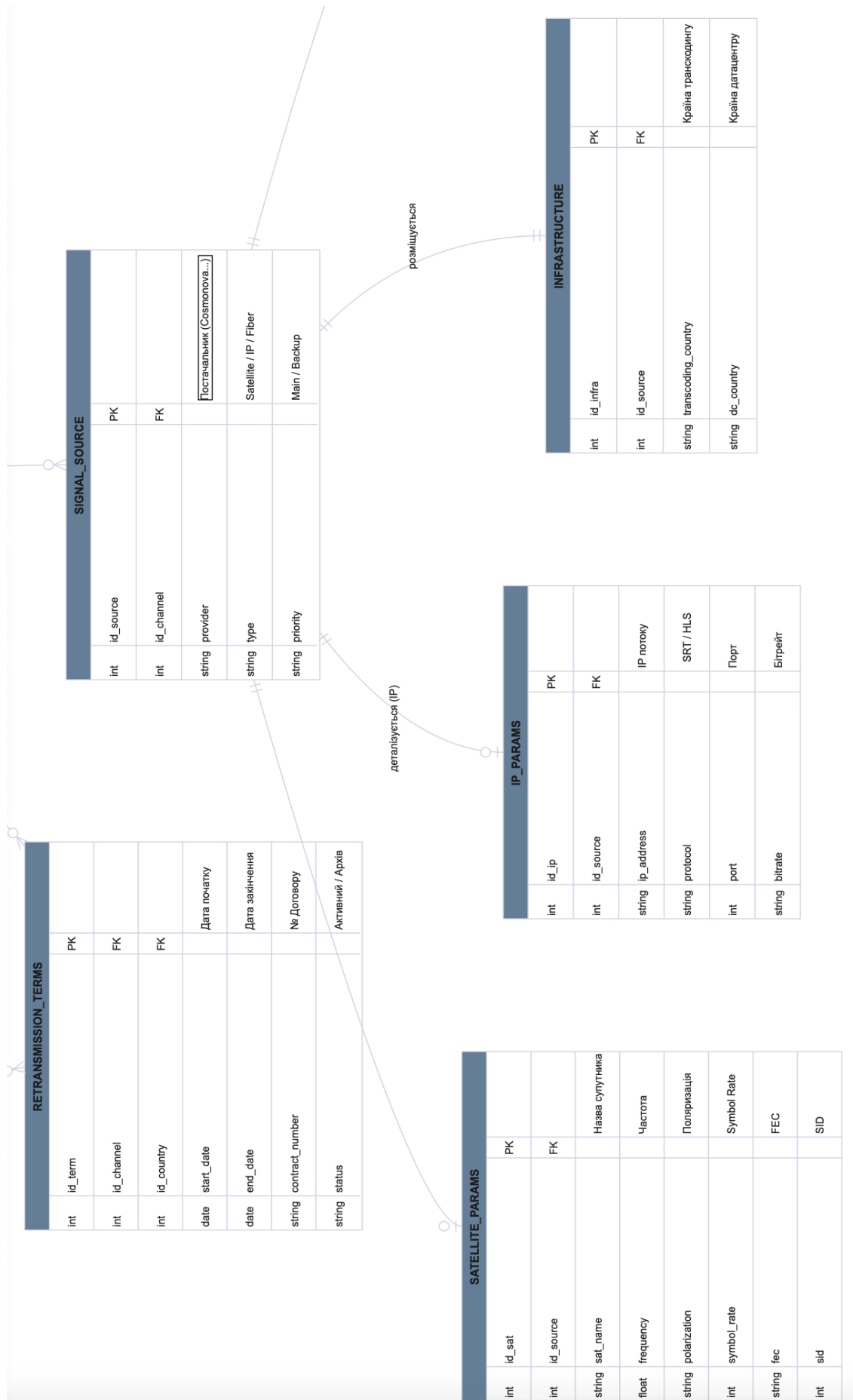


Рис. 4.4. Третя частина логічної моделі бази даних

3. Рівень фізичного розміщення та ресурсів.

Ці сутності формалізують фізичну топологію мережі:

- **INFRASTRUCTURE**: описує логічне та географічне розміщення вузла (DC country, Transcoding country). Це необхідно для контролю затримки сигналу та виконання вимог щодо локалізації даних.
- **HARDWARE**: представляє фізичні одиниці обладнання (ресивери, сервери). Зв'язок «розміщується / потребує» дозволяє системі розраховувати сумарне навантаження бітрейту на пристрій

4. Контур дешифрування та безпеки.

Сутність **CONDITIONAL_ACCESS** пов'язана з обладнанням і відповідає за інвентаризацію CAS-карток та CAM-модулів. Це дозволяє технічній підтримці за лічені секунди визначити, яка саме картка доступу відповідає за розкодування конкретного джерела сигналу, що значно скорочує час реакції на інциденти.

Четвертий сегмент логічної моделі (рис. 4.5) фокусується на описі якісних характеристик медіа-потoku.

Це дозволяє системі не просто ідентифікувати канал, а й керувати його внутрішньою структурою – мовними доріжками та сервісами супроводу, що є критично важливим для автоматизації завантаження електронного телегіда (EPG) та забезпечення комплаєнсу в різних країнах мовлення.

1. Сутність **MEDIA_SPECS** – сполучна ланкою між логічним каналом та його технічними особливостями.

Атрибутивний склад:

- **id_specs (PK)** – унікальний ідентифікатор набору специфікацій;
- **id_channel (FK)** – посилання на центральну таблицю каналів;
- **epg_provider** – атрибут, що вказує на джерело отримання метаданих програми передач.

Ця сутність дозволяє групувати всі параметри «якості» та додаткові сервіси під єдиним технічним профілем.

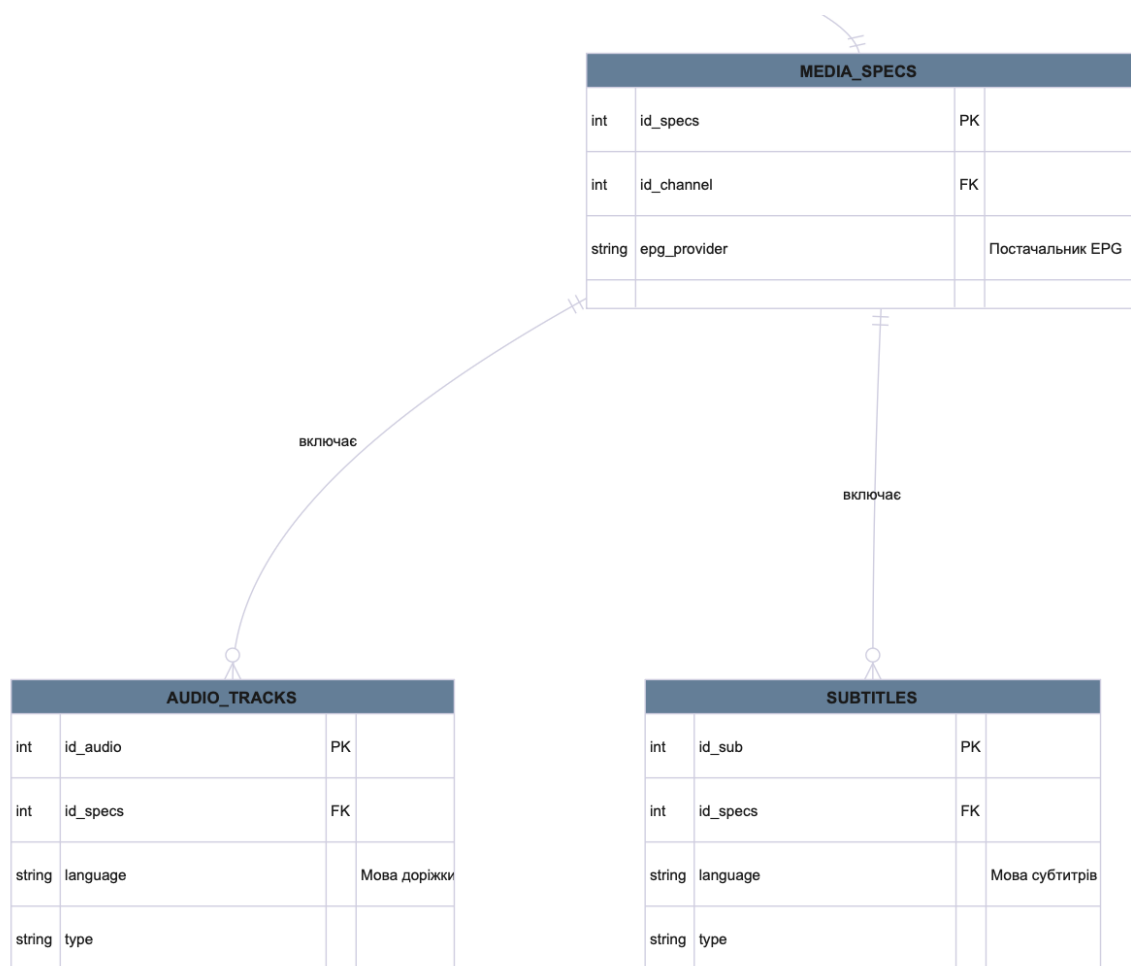


Рис. 4.5. Четверта частина логічної моделі бази даних

2. Сутність AUDIO_TRACKS – формалізує наявність декількох звукових супроводів для одного медіа-активу.

Атрибутивний склад: включає первинний ключ `id_audio`, зовнішній ключ `id_specs` (FK), мову доріжки (`language`) та її тип (наприклад, Stereo, 5.1, Original).

Реалізовано зв'язок 1:N (один до багатьох). Одна специфікація каналу «включає» множину аудіодоріжок. Це дозволяє системі автоматично перевіряти наявність обов'язкової локальної доріжки перед активацією сигналу в конкретному регіоні.

1. Сутність SUBTITLES відповідає за облік сервісів текстового супроводу.

Атрибутивний склад містить ідентифікатор, посилання id_specs (FK), мову субтитрів та їхній формат (DVB-Sub, Teletext).

Забезпечує виконання вимог регуляторів щодо доступності контенту для осіб з обмеженими можливостями. Аналогічно до аудіо, реалізовано зв'язок 1:N із сутністю специфікацій.

Завершальний сегмент (п'ятий) логічної моделі (рис. 4.6) описує апаратне забезпечення системи та механізми керування доступом до контенту. Це дозволяє реалізувати проактивний моніторинг фізичних ресурсів та автоматизувати інвентаризацію засобів дешифрування.

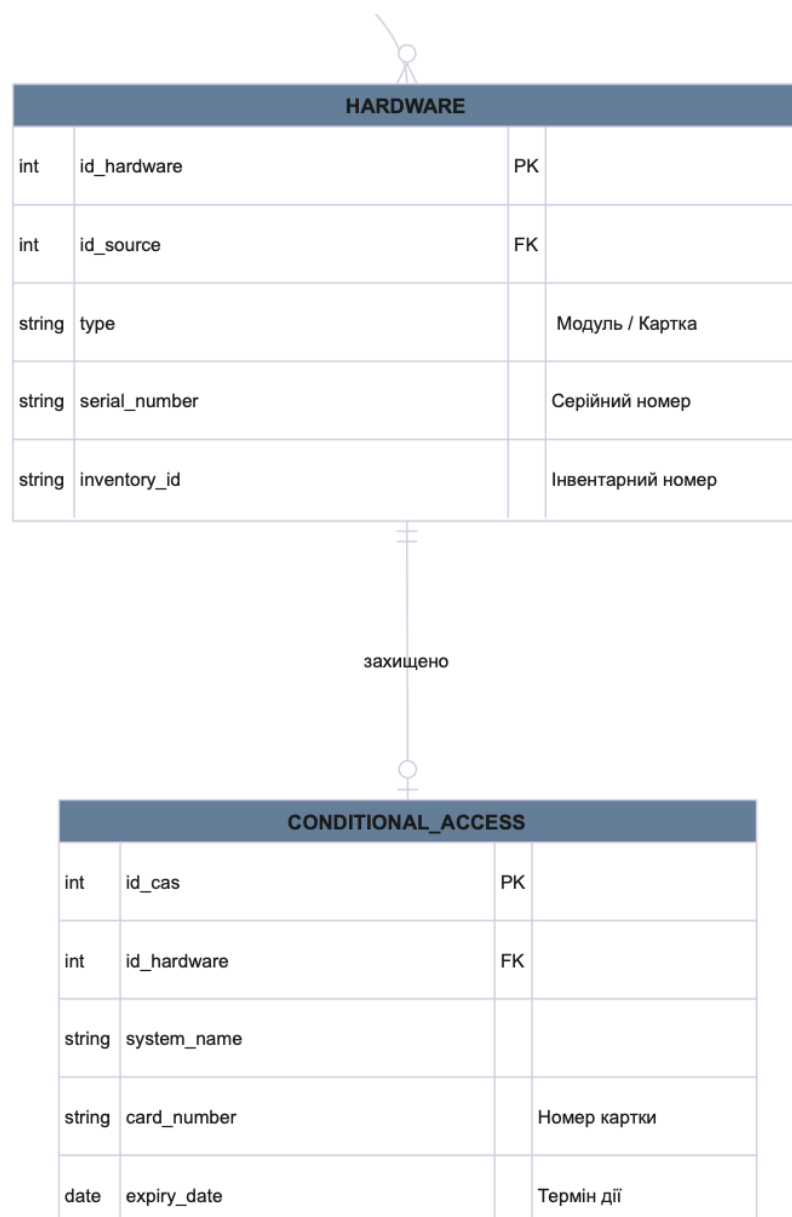


Рис. 4.6. П'ята частина логічної моделі бази даних

1. Сутність **HARDWARE** – є цифровим двійником фізичних пристроїв (ресиверів, професійних IRD-приймачів, серверів), що встановлені в дата-центрах медіа-холдингу.

Атрибутивний склад:

- **id_hardware** (PK) – унікальний системний ідентифікатор пристрою;
- **id_source** (FK) – зовнішній ключ, що забезпечує зв'язок із таблицею **SIGNAL_SOURCE**, вказуючи, яке саме джерело сигналу обробляється цим пристроєм;
- **type** – класифікатор типу обладнання (Модуль / Картка / Ресивер) ;
- **serial_number** – серійний номер виробника для технічної підтримки;
- **inventory_id** – внутрішній інвентарний номер компанії для фінансового обліку.

Ця сутність дозволяє розраховувати сумарне навантаження бітрейту на пристрій за раніше визначеною формулою.

1. Сутність **CONDITIONAL_ACCESS** формалізує параметри безпеки та розкодування сигналу.

Атрибутивний склад: містить первинний ключ **id_cas**, посилання на фізичний пристрій **id_hardware** (FK), назву системи кодування (**system_name**), унікальний номер смарт-картки (**card_number**) та дату завершення терміну дії підписки (**expiry_date**).

Реалізовано зв'язок типу 1:1 або 1:N. Логіка зв'язку гарантує, що кожна одиниця обладнання має чітко закріплені модулі дешифрування. Це дозволяє інженерам моніторингу за лічені секунди ідентифікувати, яка саме картка відповідає за конкретний канал.

Розроблена концептуальна та логічна моделі бази даних для інформаційної системи консолідованого зберігання дозволили перетворити розрізнені та різномірні дані медіа-холдингу на узгоджену й масштабовану структуру. Використання об'єктно-орієнтованого підходу, заснованого на міжнародних стандартах EBU CCDM та EBUCore, забезпечило створення

«єдиного джерела істини» (Single Source of Truth). Це відіграє критично важливу роль у забезпеченні ефективної роботи сучасних OTT-платформ.

4.3 Розробка серверної частини

Серверна складова інформаційної системи консолідованого зберігання медіа-даних виконує функції інтеграційного шару, який відповідає за збирання, перевірку й обробку різнорідних потоків метаданих. Головним викликом у процесі розробки є здатність ефективно працювати з великими обсягами інформації в умовах феномену «Metadata Explosion» – стрімкого зростання обсягів метаданих, що є характерною рисою сучасних OTT-платформ та мовленнєвих комплексів [46].

Вибір мови програмування та фреймворку для серверної частини медіасистеми впливає не лише на швидкість розробки, але й на довгострокову стабільність і можливість масштабування. В умовах високої динамічності медіаданих перевага надається інструментам, що забезпечують асинхронну обробку і сувору валідацію даних.

Для реалізації серверної логіки обрано мову програмування Python. Згідно з науковими та галузевими дослідженнями, Python залишається найбільш затребуваною мовою для систем управління даними завдяки поєднанню високої продуктивності розробки та потужної екосистеми спеціалізованих бібліотек [47]. Наявність бібліотек як-от Pandas та NumPy дозволяє ефективно реалізувати процеси очищення (cleaning) та нормалізації технічних параметрів, що надходять із розрізнених джерел. Використання спеціалізованої бібліотеки NetworkX дозволяє представляти інфраструктуру мовлення як складний орієнтований граф, що є критичним для візуалізації логічних ланцюжків сигналу [48-49]. Python допомагає значно зменшити час написання коду, приблизно вдвічі, у порівнянні зі статично типізованими мовами, такими як Java або C#. Це особливо цінно для швидкого створення прототипів систем консолідації.

Для реалізації бекенду розглядалися два основні підходи: використання Django REST Framework (DRF) [50] та сучасного асинхронного FastAPI [51]. Хоча Django відомий своєю концепцією «batteries included» (все включено), надаючи вбудовану адмін-панель та ORM, він часто виявляється занадто важким та повільним для високопродуктивних API [52].

FastAPI – це легкий мікрофреймворк, створений на основі Starlette і Pydantic, який забезпечує винятково високу продуктивність. Однією з головних його переваг є вбудована підтримка асинхронної архітектури (ASGI), що дає змогу ефективно обробляти тисячі одночасних запитів до баз даних чи зовнішніх API без блокування потоків. Завдяки використанню анотацій типів FastAPI підвищує надійність коду, а також автоматично створює інтерактивну документацію Swagger / OpenAPI, що значно прискорює процес інтеграції з фронтендом [53-54].

Бібліотеки для реалізації логіки та обробки даних:

- *NetworkX*. Бібліотека для створення, маніпулювання та вивчення структур складних мереж. Вона дозволяє представити інфраструктуру мовлення як орієнтований граф, де вузлами є обладнання та канали, а ребрами – логічні зв'язки між ними [55].
- *Pandas*. Основний інструмент для реалізації ETL-процесів (Extract, Transform, Load). Забезпечує високу швидкість очищення та нормалізації даних, що надходять з розрізнених Excel-таблиць та XML-фідів [56].
- *Pydantic*. Використовується для побудови моделей даних та суворої валідації метаданих на відповідність стандартам EBUCore. Він гарантує, що жоден некоректний технічний параметр не потрапить у базу даних [57].
- *SQLAlchemy*. Object-Relational Mapper [58] для взаємодії з базою даних PostgreSQL, що дозволяє відокремити бізнес-логіку від особливостей SQL-запитів.

Серверна частина, реалізована на FastAPI, виконує роль інтелектуального прошарку, який обробляє вхідні потоки даних та перетворює їх на валідовану інформацію.

Механізм подолання різномірності даних.

На вхідному етапі сервер реалізує модуль уніфікації. Дані з різних джерел (Excel, XML) часто містять помилки, скорочення або різні формати написання назв країн. Сервер використовує функцію нормалізації $f_{norm}: D_{raw} \rightarrow D_{std}$, де для кожного атрибуту відбувається приведення до еталонного словника (наприклад, ISO кодів країн). Це мінімізує надмірність даних та виключає логічні помилки, що підтверджується необхідністю впровадження проактивного аналізу ризиків для стабільності систем.

Графова логіка інфраструктурного моніторингу.

Замість лінійного зберігання, сервер будує топологічну карту системи $G = \langle V, E \rangle$.

За допомогою NetworkX сервер може миттєво ідентифікувати «ланцюжки впливу». При зміні статусу будь-якого вузла обладнання, сервер автоматично запускає алгоритм обходу графа. Це дозволяє за лічені секунди визначити список усіх каналів, мовлення яких під загрозою, та активувати логіку перемикавання на резерв. Такий проактивний моніторинг забезпечує ідентифікацію пов'язаних підграфів протягом кількох секунд.

Алгоритм багатокритеріального вибору джерела.

Для забезпечення безперебійності ефіру сервер реалізує формулу вибору оптимального джерела:

$$S_{opt} = \arg \max_{s_j \in S_i} (P_{s_j} \cdot A_{s_j}), \quad (4.1)$$

де P_{s_j} – пріоритет джерела (основне, резерв 1, резерв 2), а $A_{s_j} \in \{0,1\}$ – статус доступності сигналу в реальному часі. Сервер постійно аналізує

матрицю доступності та, у разі зникнення основного сигналу, автоматично перемикає вихід на джерело з наступним найвищим пріоритетом. Вимога унікальності пріоритетів запобігає логічним конфліктам, а впровадження «часового демпфера» усуває проблему «тремтіння» сигналу при нестабільній роботі джерел.

Взаємодія між частинами системи будується на принципах сервісно-орієнтованої архітектури (SOA) та RESTful-взаємодії, що забезпечує низьку зв'язність та високу маневреність компонентів [48].

Сервер використовує PostgreSQL [59-62] у взаємодії через асинхронний драйвер, наприклад, asynpcrg, у поєднанні з ORM-фреймворком SQLAlchemy. Такий підхід забезпечує реалізацію патернів «Unit of Work» та «Repository», завдяки чому бізнес-логіка залишається відокремленою від деталей сховища даних. Сервер підтримує постійний набір відкритих з'єднань з БД, що виключає затримки на створення нового з'єднання при кожному запиті. Використання ключового слова «await» дозволяє серверу не чекати завершення запису в БД, а перемикатися на обробку інших запитів, що критично для медіа-дашбордів із великим потоком оновлень. Кожна зміна параметрів каналу або конфігурації обладнання фіксується сервером у спеціальних таблицях історії, що забезпечує повний аудит дій персоналу.

Взаємодія сервера з клієнтською частиною.

Взаємодія з клієнтом (веб-платформою) надана у табл. 4.1, відбувається через API Gateway за допомогою стандартних HTTP-методів. FastAPI автоматично валідує вхідні JSON-пакети від клієнта за допомогою моделей Pydantic [63].

Таблиця 4.1

Методи та маршрути API взаємодії з веб-платформою

Метод	Маршрут	Опис операції	Вхідні дані
1	2	3	4
GET	/api/v1/channels	Отримання списку каналів з фільтрацією за ГЕО та якістю	geo_id, quality_level
POST	/api/v1/channels	Реєстрація нового технічного паспорта каналу	JSON object (channel data)

1	2	3	4
GET	/api/v1/topology	Генерація топологічного графа мережі (NetworkX)	—
PATCH	/api/v1/signal/{id}	Часткове оновлення параметрів сигналу (пріоритет)	id, priority_value
GET	/api/v1/audit/report	Формування звіту про порушення ліцензійних лімітів	start_date, end_date

Обґрунтування вибору кодів відповідей:

1. Код 200 OK → використовується для запитів GET та PATCH, коли операція читання або модифікації даних пройшла успішно, і сервер повертає очікуваний результат.
2. Код 201 Created → застосовується при успішному виконанні методу POST. Це сигналізує клієнту, що новий технічний паспорт каналу було успішно створено та збережено в базі даних.
3. Коду серії 4xx (Client Errors) →
 - 400 Bad Request → повертається, якщо клієнт надіслав некоректні фільтри для пошуку каналів.
 - 403 Forbidden → використовується для захисту модуля аудиту, якщо у користувача недостатньо прав для перегляду звітів.
 - 404 Not Found → виникає, якщо здійснюється спроба змінити пріоритет сигналу, якого не існує в системі.
4. Код 500 Internal Server Error → використовується для обробки виключних ситуацій під час складних обчислень топології мережі. Якщо алгоритм NetworkX стикається з помилкою в структурі графа, сервер коректно інформує про внутрішню проблему.

Отже, використання технологічного стека на основі Python та FastAPI забезпечує не лише високу швидкість створення, але й продуктивність, готову до викликів «Metadata Explosion» у контексті стрімкого зростання OTT-платформ. Застосування графових моделей, зокрема NetworkX, трансформує управління інфраструктурою, починаючи від простого моніторингу до

активного моделювання сценаріїв і проактивного запобігання можливим порушення роботи інформаційної системи. Гібридна архітектура бази даних PostgreSQL із підтримкою JSONB додає системі необхідну гнучкість для роботи з різнорідними технічними параметрами, одночасно забезпечуючи високу цілісність даних юридичного та фінансового характеру.

4.4 Розробка клієнтської частини

Розробка клієнтської частини складної інформаційної системи для медіа-компанії в період потребує впровадження сучасних дизайнерських підходів, які виходять далеко за рамки традиційної естетики. Основний акцент переноситься на когнітивну ефективність, інтелектуальну взаємодію та побудову адаптивного середовища для користувача.

Аналіз галузевих тенденцій показує, що інтерфейси систем управління мережами (NMS) і операційної підтримки (OSS) зазнають кардинальних змін.

Традиційні статичні «панелі управління» поступово поступаються місцем сучасним адаптивним екосистемам [64].

Клієнтська частина медіа-інфраструктури створюється відповідно до стандарту ISA-101. Основна концепція High Performance HMI полягає у підвищенні ситуаційної обізнаності через використання так званої «сірої парадигми», де насичені кольори застосовуються лише для позначення аварійних станів [65].

Було обрано найбільш раціональну архітектуру компактної панелі де інтерфейс системи адаптується у вигляді горизонтального бару глобальної фільтрації. Це дозволяє реалізувати правило «трьох кліків» та забезпечити миттєвий доступ до будь-якої частини топологічного графа системи $G = \langle V, E \rangle$.

Для проєктування інтерфейсів та прототипування дизайну було вибрано інструмент Figma [66]. Платформа забезпечує повний цикл розробки продукту: від створення низькодеталізованих вайрфреймів до складних інтерактивних прототипів та повноцінних дизайн-систем. Figma дає змогу

створювати універсальні елементи, такі як кнопки, поля вводу чи іконки, що допомагають підтримувати візуальну узгодженість у системі. Перед початком розробки прототипів було проаналізовано проекти застосунків, які були розроблені у Figma та наведені в роботах [67-68].

Основний етап розробки клієнтської частини інформаційної системи був зосереджений на створенні Dashboard, який забезпечує операційну прозорість усіх рівнів медіа-інфраструктури. На рис. 4.7 наведено головний екран системи, який інтегрує модулі моніторингу, технічного аудиту та управління правами.

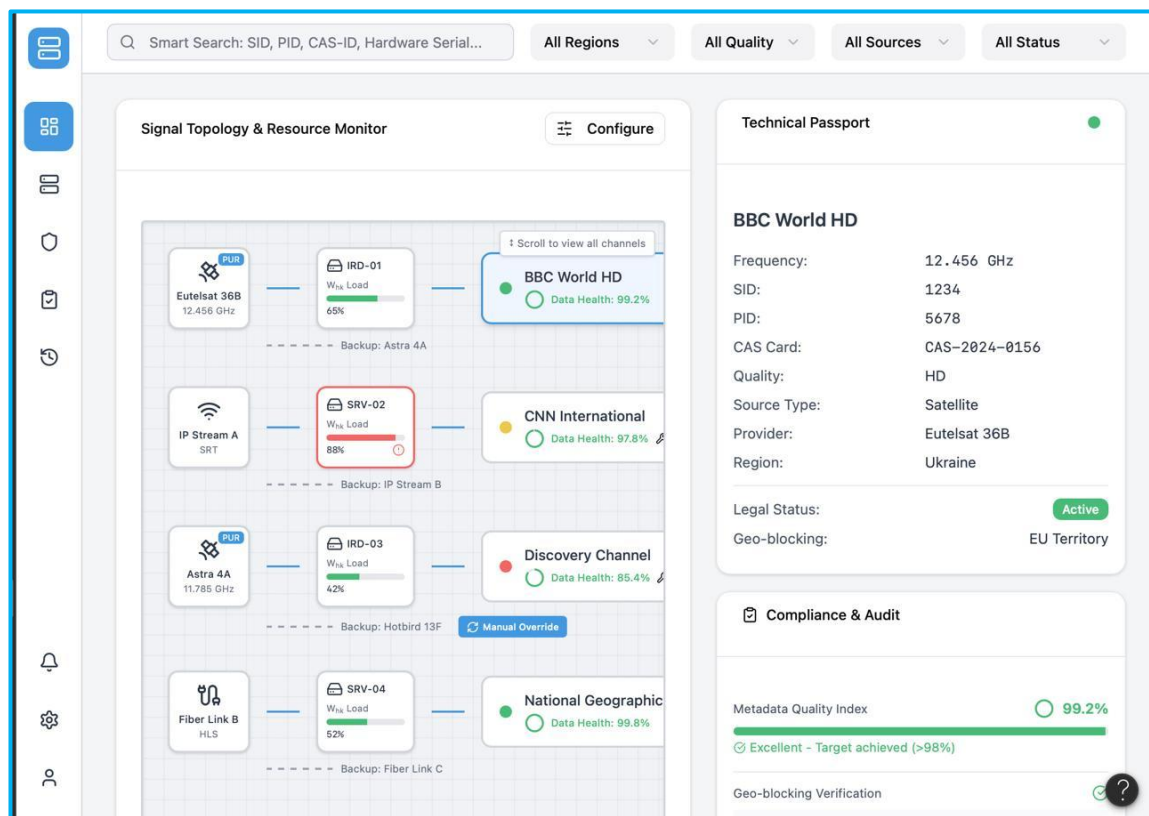


Рис. 4.7 – Головний екран інформаційної системи

Права панель (технічний паспорт каналу) забезпечує миттєвий доступ до детальних атрибутів обраного об'єкта: частота, SID, PID та номер CAS-карти.

У верхній панелі розміщені інструменти «Smart Search», які дозволяють швидко визначити канал за технічними характеристиками, такими як CAS-ID

та SID. Також передбачено набір фільтрів за регіонами, якістю (HD/4K) та типами джерел.

Граф топології інфраструктури (центральна робоча область): візуалізує логічні та фізичні зв'язки системи у вигляді орієнтованого графа $G = \langle V, E \rangle$.

Вона містить:

- Вузли джерел, які представлені іконками супутників (наприклад, Astra 4A, Eutelsat 36B) та IP-потоків (рис. 4.8). Кожен вузол містить назву джерела та його технічний статус.

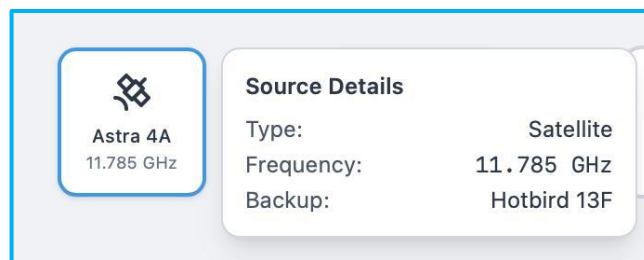


Рис. 4.8 – Візуалізація вузлів джерел

- Вузли обладнання, які відображають фізичні сервери або ресивери. Кожен блок має інтегрований індикатор Bitrate Load, у відсотках, що дозволяє контролювати пропускну здатність пристроїв у реальному часі.
- Вузли каналів: кінцеві точки графа, що містять логотип медіа-ресурсу, його назву та показник якості (HD/4K).

Активні сигнали відображені за допомогою суцільних ліній, тоді як пунктирні лінії позначають зарезервовані маршрути відповідно до моделі (рис. 4.9).

На рис. 4.10 відображено інтерфейсну панель Technical Passport – ключовий інструмент для консолідації та відображення метаданих окремого медіа-активу.

Панель реалізована у вигляді бокового вікна (Drawer), яке відкривається у контексті роботи з інфраструктурою, забезпечуючи оператору доступ до повної інформації про об'єкт, зберігаючи при цьому загальний візуальний контроль над топологією системи.

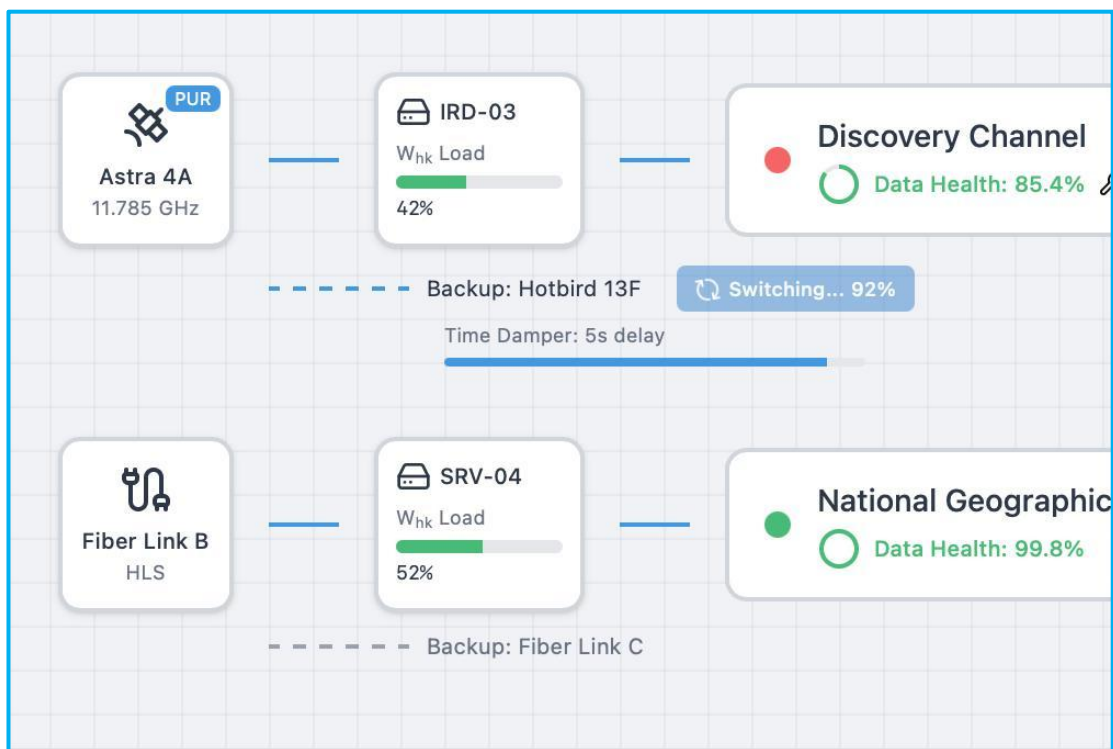


Рис. 4.9 – Візуалізація зарезервованих маршрутів

Technical Passport

CNN International

Frequency:	N/A
SID:	2345
PID:	6789
CAS Card:	CAS-2024-0157
Quality:	HD
Source Type:	Ip
Provider:	IP Stream A
Region:	Ukraine

Legal Status:

Expiring Soon

Geo-blocking:

Ukraine Only

Рис. 4.10 – Інтерфейсна панель Technical Passport (ключовий інструмент для консолідації та відображення метаданих окремого медіа-активу)

Функціональні блоки паспорта.

У верхній частині розміщено логотип та офіційну назву каналу, що забезпечує швидку ідентифікацію об'єкта.

- Метрика Data Health. Поруч із назвою відображається розрахований індекс цілісності метаданих. Зелений колір індикатора свідчить про те, що дані успішно пройшли автоматичну перевірку на повноту та валідність відповідно до встановлених KPI проєкту (>98%).
- SID (Service ID). Унікальний ідентифікатор сервісу в транспортному потоці, який слугує для автоматизованого налаштування обладнання.
- PID (ідентифікатор пакета). Сукупність параметрів, що використовується для визначення пакетів відео, аудіо або службової інформації.
- Frequency (частота). Технічний параметр несучої частоти джерела сигналу, який необхідний для конфігурації супутникових ресиверів.
- CAS Card. Номер смарт-картки системи умовного доступу, що відповідає за дешифрування сигналу. Це дозволяє вести точний інвентарний облік засобів доступу.
- Legal Status. Поточний статус прав на мовлення (наприклад, «Active»).
- Geo-blocking. Параметр територіальних обмежень, (наприклад, «Ukraine Only»), запобігаючи порушенню ліцензійних угод.

Для оптимізації швидкого доступу до значних обсягів консолідованих даних у системі було створено багаторівневу панель фільтрації в поєднанні з інтелектуальним пошуком, яка відображена на рис. 4.11. Цей модуль забезпечує реалізацію принципу «трьох кліків», дозволяючи миттєво знаходити потрібну інформацію серед сотень технічних записів.

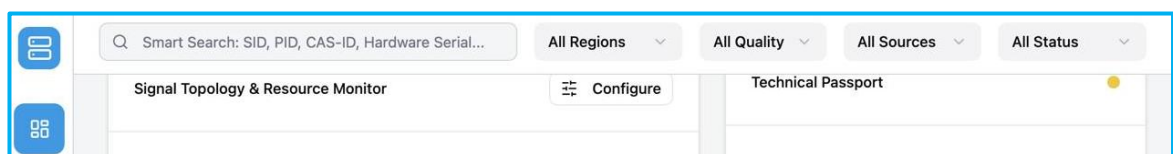


Рис. 4.11 – Багаторівнева панель фільтрації в поєднанні з інтелектуальним пошуком

Реалізовано рядок пошуку, що підтримує введення не лише назв каналів, а й специфічних технічних атрибутів: SID, PID, CAS-ID або частоти. Це має ключове значення для інженерного персоналу при проведенні технічного аудиту інфраструктури.

Крос-параметрична фільтрація надає можливість класифікувати канали за географічним охопленням, зокрема за країнами мовлення. Це тісно пов'язано з функцією перевірки юридичної відповідності. Крім того, доступні фільтри для вибору за якістю зображення (HD, 4K) і типами джерел сигналу, такими як супутник (Satellite), IP або оптичне волокно (Fiber).

Модуль уніфікації метаданих, зображений на рис. 4.12 інтегрований у клієнтську платформу для управління медіа-даними, дозволяє ефективно обробляти інформацію. Вікно цього інструмента впроваджує концепцію «Click-to-Repair», яка забезпечує оперативне виправлення технічних помилок безпосередньо в реальному часі.

Metadata Unification Module ×

Click-to-Repair: Fix missing attributes to improve Data Health

Discovery Channel ○ **Data Health: 85.4%**

Target: >98% metadata quality for optimal signal quality

Missing Mandatory Attributes

PID
Enter PID... Auto-fill

Frequency
Enter Frequency... Auto-fill

Current Metadata

SID 3456	PID N/A
CAS Card CAS-2024-0158	Frequency 11.785 GHz

Changes will recalculate Data Health and update the Technical Passport

Cancel Save & Recalculate

Рис. 4.12 – Модуль уніфікації метаданих

Модуль ідентифікує критичні параметри (рис. 4.13), яких бракує в технічному паспорті.

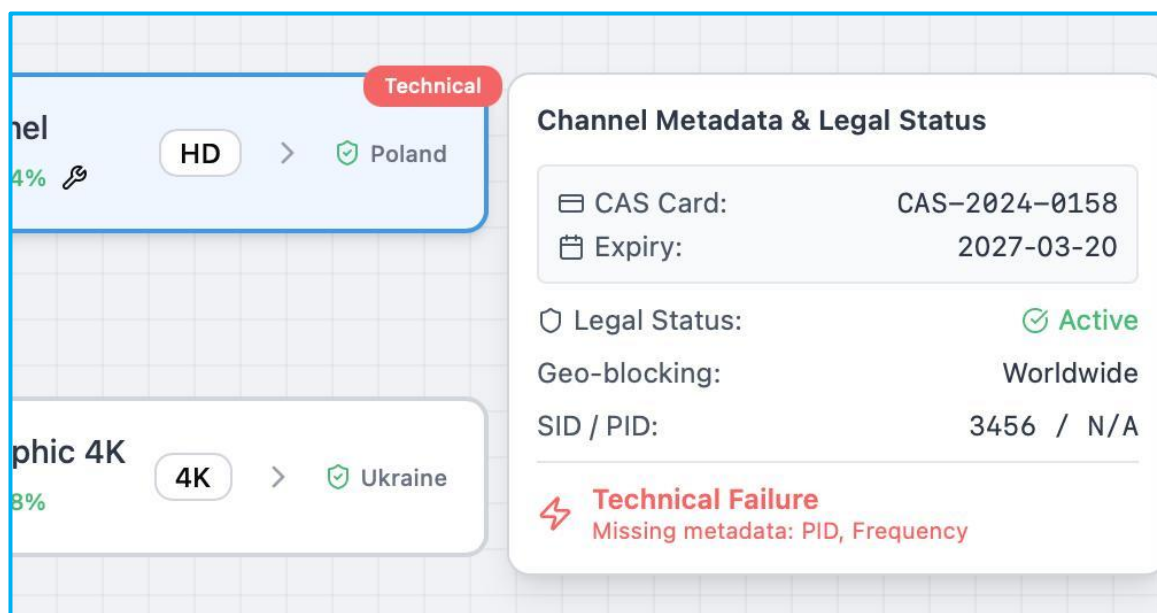


Рис. 4.13 – Критичні параметри, які ідентифікує модуль метаданих та яких бракує у технічному паспорті

Створений прототип клієнтської частини доводить, що консолідація технічних параметрів у єдиному візуальному просторі дозволяє скоротити час на технічну активацію та діагностику медіа-каналів на 30-40%, що повністю відповідає стратегічним цілям проекту та підтверджує його практичну цінність для операторів медіа-інфраструктури.

4.5 Забезпечення якості при розробці інформаційної системи

Розробка інформаційної системи для централізованого зберігання технічних, контентних і інвентарних даних медіа-компанії вимагає цілісного підходу. Він має поєднувати традиційні методики управління якістю програмного забезпечення зі специфічними вимогами до медіа-метаданих, характерних для цієї галузі [69].

Основним завданням є розробка та впровадження системи заходів, що гарантують високу точність даних, відмовостійкість інфраструктури та відповідність системи міжнародним і корпоративним стандартам.

Якість інформаційної системи консолідованого зберігання безпосередньо залежить від якості даних (Data Quality), які в неї завантажуються. Для забезпечення всебічної оцінки якості розроблюваної інформаційної системи використовується міжнародний стандарт ISO/IEC 25010:2011 [70] (в Україні – ДСТУ ISO/IEC 25010:2016).

У проєкті, де дані надходять із гетерогенних джерел (Excel, XML, ручне введення), управління якістю даних фокусується на подоланні інформаційного хаосу.

Характеристики якості даних, залежної від системи:

1. Доступність → можливість отримання даних за запитом у розподіленій мережі медіа-холдингу.
2. Портативність → здатність даних бути перенесеними між різними форматами (наприклад, експорт технічного паспорта з БД у XML для партнерів).
3. Відновлюваність → гарантія збереження метаданих при збоях обладнання через Snapshots та бекапи.

Фаза аналізу та збору вимог.

Це найважливіший етап, оскільки помилки, допущені тут, обходяться найдорожче. QA-діяльність включає:

1. Валідацію вимог → перевірку вимог на однозначність, повноту та несуперечливість.
2. Створення матриці простежуваності → забезпечення зв'язку між кожною бізнес-вимогою та відповідними функціями системи.
3. Розробку плану тестування → визначення стратегії, обсягів, ресурсів та графіків тестування на основі аналізу ризиків.

Фаза реалізації (кодування).

Головне завдання кодування – забезпечити відповідність коду проєктним специфікаціям та стандартам якості коду.

Фаза кодування включає наступні процеси:

1. Code Review → регулярний перегляд коду колегами для виявлення дефектів та невідповідностей стилю (наприклад, PEP8 для Python).
2. Модульне тестування → розробка тестів для кожної окремої функції, особливо для алгоритмів обробки даних та фільтрації.
3. Static Analysis → використання автоматизованих інструментів для виявлення вразливостей та потенційних помилок без виконання коду.

Система контролю якості (QC).

Тестування в Waterfall-моделі є окремою критичною фазою, що слідує за реалізацією. Стратегія тестування інформаційної системи, що розробляється, передбачає ієрархічний підхід, де кожен рівень тестування має свої цілі та інструменти.

Система контролю якості включає процеси:

1. Модульне тестування → перевіряються окремі функції парсингу метаданих, логіка нормалізації значень та математичні розрахунки. Для чисельних параметрів (бітрейти, частоти) використовується `pytest.approx` для порівняння значень з урахуванням похибок плаваючої коми.
2. Інтеграційне тестування → проводиться перевірка взаємодії між модулями (наприклад, FastAPI API та PostgreSQL). Використовується `TestClient` (на базі HTTPX) для імітації запитів до API без запуску повноцінного сервера.
3. Системне тестування → оцінка системи в цілому на відповідність функціональним та нефункціональним вимогам. Включає тестування безпеки та навантажувальне тестування.
4. Приймальне тестування → проводиться кінцевими користувачами для підтвердження того, що система готова до промислової експлуатації

Автоматизований контроль якості за стандартами EBU.

Для медіа сфери критично важливо не просто зберігати метадані, а й контролювати якість самих аудіовізуальних потоків, які ці метадані описують:

- QC Data Model → використання логічної моделі для представлення результатів тестів якості.
- Автоматизацію перевірок → використання API для запитів до каталогу тестів та отримання звітів про якість медіа-файлів у хмарному середовищі.
- Спеціалізовані тести → впровадження перевірок на доступність, HDR-параметрів та коректності IMF-пакетів.

Такий підхід дозволяє перетворити систему консолідованого зберігання на активний центр управління медіа-якістю, де кожен запис про канал супроводжується актуальним статусом його технічної валідності.

Управління якістю потребує фінансових ресурсів, проте ці інвестиції окупаються за рахунок зменшення вартості виправлення помилок та підвищення операційної ефективності.

Для оцінки успішності забезпечення процесів контролю якості при розробці запропонованої інформаційної системи використовуються наступні ключові показники ефективності (KPI), які наведено в табл. 4.2.

Таблиця 4.2

Ключові KPI для забезпечення процесів контролю якості при розробці інформаційної системи

Метрика	Опис	Цільове значення
1	2	3
Data Integrity Index <i>Індекс цілісності даних</i>	Відсоток заповненості та валідності метаданих	понад 98%
Availability <i>Доступність</i>	Час безперебійної роботи IC у режимі 24/7.	99,9%

1	2	3
Defect Rejection Rate <i>Коефіцієнт відхилення дефектів</i>	Відсоток багів, виявлених на стадії розробки порівняно з експлуатацією.	понад 90 %
Uptime Stability <i>Стабільність безвідмовної роботи</i>	Кількість автоматичних перемикачів стріма без переривання ефіру.	100 %
Time to Market <i>Час виходу на ринок</i>	Час на реєстрацію та технічну активацію нового каналу в системі.	Скорочення на 30-40%

Економічна перевага впровадження високих стандартів якості полягає у зменшенні ризиків простою ефіру, що сприяє більш стабільному та ефективному функціонуванню процесів.

Запровадження жорстких механізмів контролю якості на всіх етапах каскадного життєвого циклу розробки дозволяє перетворити підхід до управління медіа-інфраструктурою з усунення наслідків проблем на запобігання помилкам заздалегідь. Використання сучасних автоматизованих інструментів, таких як Pydantic для перевірки даних і Pytest для тестування математичних моделей, забезпечує передбачувано високу надійність системи та підтримку цілісності критично важливих метаданих на рівні понад 98%.

ВИСНОВКИ

У межах виконання кваліфікаційної роботи було вирішено наступні завдання:

1. Проаналізовано сучасний стан та специфіку процесів дистрибуції медіа-контенту, зокрема лінійних телеканалів, а також виявлено критичні недоліки в існуючих методах управління та зберігання технічних даних мультимедійних каналів.

2. Проведено дослідження методологічних підходів до управління проєктами розробки складних інформаційних систем та обґрунтовано вибір оптимальної моделі.

3. Сформовано технічні та функціональні вимоги до системи консолідованого зберігання даних, враховуючи необхідність інтеграції різнорідних параметрів: від супутникових частот до ліцензійних прав.

4. Розроблено концептуальну та математичні моделі системи, що описують процеси консолідації та обробки даних про медіа-канали.

5. Розроблено архітектурну модель бази даних, що відображає складну топологію взаємозв'язків між фізичним обладнанням та логічними потоками сигналів.

6. Запропоновано стратегію впровадження та план управління ризиками проєкту, забезпечивши безперебійність поточних операційних процесів компанії під час переходу на нову систему.

7. Сформовано ієрархічну та організаційну структури проєкту, деталізувати розподіл ролей і сфер відповідальності учасників команди, а також розроблено календарний план реалізації та обґрунтовано бюджетне планування з урахуванням необхідних ресурсів для розробки системи.

8. Спроектовано користувацькі інтерфейси вебплатформи, включаючи розробку інтерактивних дашбордів для візуалізації технічного стану каналів та прототипів інформаційних панелей для оперативного відображення результатів автоматизованого аудиту параметрів мовлення.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ

1. OSS/BSS in Telecom: A Comprehensive Guide for IoT. Zipit Wireless. URL: <https://www.zipitwireless.com/blog/oss-bss-in-telecom-a-comprehensive-guide-for-iot>
2. Oracle Unified Inventory Management (UIM) Documentation, Release 8.0. Oracle Help Center. URL: <https://docs.oracle.com/en/industries/communications/uim/8.0/>
3. AI Marketplace: Media & Entertainment Solutions. Vubiquity. URL: <https://www.vubiquity.com/service/ai-marketplace/>
4. DataMiner Functions Overview. DataMiner Services. URL: https://docs.dataminer.services/dataminer/Functions/Overview_Functions.html
5. DataMiner: The Multi-Vendor NMS, OSS and Orchestration Platform. Skyline Communications. URL: <https://skyline.be/dataminer/>
6. Infrastructure & Resource Management (IRM). VISP.net Help Documentation. URL: https://visp.net/help_documentation/infrastructure-resource-management-irm/
7. Next-Generation MAM Orchestration Solution: Case Study. Oxagile. URL: <https://www.oxagile.com/portfolio/next-generation-mam-orchestration-solution/>
8. Connolly S. M. Media Asset Management: Leveraging Assets for Profit. CRC Press, 2023. 248 p.
9. Media Asset Management Software: Proven Practices for Success. Dalet Blog. URL: <https://www.dalet.com/blog/media-asset-management-software-proven-practices-success>
10. Streaming reaches historic TV milestone, eclipses combined broadcast and cable viewing for first time. Nielsen News Center. URL: <https://www.nielsen.com/news-center/2025/streaming-reaches-historic-tv-milestone-eclipses-combined-broadcast-and-cable-viewing-for-first-time/>
11. Harnessing metadata in the media sector: It makes all the difference. Fincons Group. URL: <https://www.finconsgroup.com/blog/business->

insights/media/harnessing-metadata-in-the-media-sector-it-makes-all-the-difference-.kl

12. State of Streaming: Download & Data Insights. Parks Associates. URL: <https://www.parksassociates.com/products/exclusive-data-insights/sos-state-of-streaming-download>

13. Digital Video Market Update June 2023. Houlihan Lokey. URL: <https://hl.com/media/cwfhwesi/digital-video-market-update-june-2023.pdf>

14. Forrester Research. The Future of Media and Entertainment: Unified Technology Stacks and the Path to 2026. 2023–2024.

15. Forrester Research. The Total Economic Impact Of Media Asset Management Solutions: Cost Savings And Business Benefits Enabled By Centralized Asset Management. 2021.

16. The True Cost of Real-Time Data Streaming. Confluent. URL: <https://www.confluent.io/blog/the-true-cost-of-real-time-data-streaming/>

17. Ziuziun V., Avramets A. SWOT analysis of an IT project for developing a CRM system to automate beauty salon operations. Матеріали XXII міжнародної конференції «Управління проєктами у розвитку суспільства». Тема: «Штучний інтелект і управління проєктами післявоєнного відновлення України», м. Київ, 23 травня 2025 року, КНУБА, С. 38-43. URL: https://www.researchgate.net/publication/393661956_SWOT_analysis_of_an_IT_project_for_developing_a_CRM_system_to_automate_beauty_salon_operations

18. Connolly S. M. Media Asset Management: Leveraging Assets for Profit. CRC Press, 2023. 254 p.

19. Morozov V., Kalnichenko O., Kolomiets A. Research of the Impact of Changes Based on External Influences in Complex IT Projects. 2019 IEEE ATIT. Kyiv, 2019. P. 481–487. doi: 10.1109/ATIT49449.2019.9030441

20. Ziuziun V., Petrenko N. AI-Enhanced System Design for Agile Sprint Management and Velocity Prediction. 2025 IEEE SIST. Astana, 2025. P. 1–6. doi: 10.1109/SIST61657.2025.11139278

21. Ziuziun V., Bredikhin D. Conceptual and Mathematical Modeling in Managing a Project for Developing a Web Platform to Enhance Environmental

Awareness. 2025 IEEE SIST. Astana, 2025. P. 1–6. doi: 10.1109/SIST61657.2025.11139157

22. Kolomiiets A. et al. Development of Project Management Models for Information Systems to Improve Website SEO Metrics. IT&I 2024. Vol. 3909. P. 334–345. URL: https://ceur-ws.org/Vol-3909/Paper_27.pdf

23. Ziuziun V., Myrutenko L., Myrutenko O., Avramets A. Mathematical Justification for the Development of a Web Platform for Beauty Salon Operations. 2025 IEEE 5th International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST), Astana, Kazakhstan, 2025, pp. 1-6. <https://doi.org/10.1109/SIST61657.2025.11139271>

24. Ziuziun V., Koziuk Yu. Conceptual Modeling of an Information System for Professional Development and Promotion of Educational Services in the Field of Digital Design, Scientific journal Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, 2025, 4(153), P. 156-163. <https://doi.org/10.32782/1995-0519.2025.4.19>

25. Ziuziun V., Danilina T. Conceptual and Mathematical Justification for the «PETHEALTH» Information System Development Project, Taurida Scientific Herald. Series: Technical Sciences, 2025, 4, part 1, P. 94-102. <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2025.4.1.10>

26. Kubiavka L., Zaremba V., Ziuziun V. Application of Game Theory Methods to Optimize the Stakeholder Management Process. 2024 IEEE 4th International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST), Astana, Kazakhstan, 2024, pp. 647-651, doi: 10.1109/SIST61555.2024.10629255

27. Ziuziun V., Avramets A. Information System for Structuring and Analyzing Multimedia Data to Optimize Media Processes. 2026 IEEE 6th International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST), Astana, Kazakhstan, 13-15 May, 2026, pp. 1-6.

28. Technology, Media, and Telecommunications Outlook 2026. Deloitte Insights. URL: <https://www.deloitte.com/us/en/insights/industry/technology/technology-media-telecom-outlooks/media-entertainment-industry-outlook.html>

29. EBU Tech 3293: Media Object Metadata (MOM) v1.9. European Broadcasting Union. URL: https://tech.ebu.ch/files/live/sites/tech/files/shared/tech/tech3293v1_9.pdf
30. Preservation of Digital Assets in Media Systems. DGLAB. URL: http://1seminariopreservacaopatrimoniodigital.dglab.gov.pt/wp-content/uploads/sites/19/2015/08/recurso_10.pdf (дата звернення: 01.04.2026).
31. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide). 7th Edition. Project Management Institute, 2021. 274 p.
32. Зачко О. Б., Івануса А.І., Кобилкін Д.С. Управління проектами: теорія, практика, інформаційні технології. Львів: ЛДУ БЖД, 2019, 173 с.
33. Baumann H. The Convergence of Media and IT: Managing the Digital Transformation of Broadcast Infrastructure. Springer, 2024. 310 p.
34. Kovalchuk N., Zachko O., Kovalchuk O., Kobylkin D. Project Management of the Information System for the Selection of Project Teams. 2023 IEEE 12th International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS), Dortmund, Germany, 2023, P. 1054-1057, <https://doi.org/10.1109/IDAACS58523.2023.10348656>
35. Ziuziun V., Timinskiy O., Kolomiets A. et al. Research of Management Models for Commercial IT Project Development in a Remote Team Environment. Management of Development of Complex Systems, 2025, 61, pp. 26-34. <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2025.61.26-34>
36. Morozov V., Striletskyi Ye., Stryzhak S. Study of risk management models in IT projects held by the distributed teams working asynchronously. The proceedings of IEEE 5th International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST) 2025. <https://doi.org/10.1109/SIST61657.2025.11139236>
37. The Gantt Chart: Why is it a vital tool in project management? Corewin Blog. URL: <https://corewin.ua/blog/the-gantt-chart-why-is-it-a-vital-tool-in-project-management/>
38. Онлайн діаграма Ганта для управління проектами. GanttPRO. URL: <https://ganttpro.com/uk/?redirectByBrowserDetectedLocale>

39. Risk Register: Key Benefits and Implementation. Hyperproof. URL: <https://hyperproof.io/resource/risk-register-key-benefits/>
40. Тімінський О.Г., Коломієць А.С. Управління ризиками та можливостями проєкту [Текст]: методичні вказівки до виконання практичних, лабораторних робіт та самостійної роботи для студентів освітньої програми «Управління проєктами» спеціальності 122 «Комп'ютерні науки» для денної і заочної форм навчання. – К. : КНУ імені Тараса Шевченка, 2021, 40 с.
41. Van den Berg M. Design constraints in IT architecture. Tilburg University, 2009. 156 p.
42. Sanity Check System, 2025. URL: <https://web-framework.com/sanity-checks/>.
43. Зюзюн В., Аврамець А. Архітектура інформаційної системи для консолідованого зберігання даних про канали мультимедійної компанії. XXIII Міжнародна науково-практична конференція (РМ Київ-26) «Управління проєктами у розвитку суспільства», Київ, 22 травня 2026 року.
44. Introduction to Digital Asset Management. CUNY Academic Works. URL: https://academicworks.cuny.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1033&context=ny_oers
45. Digital Infrastructure for Media. CUNY Academic Works. URL: https://academicworks.cuny.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1033&context=ny_oers
46. Distributed Systems in Media and Entertainment: Managing Content at Scale. ResearchGate, 2024. URL: https://www.researchgate.net/publication/392935055_Distributed_Systems_in_Media_and_Entertainment_Managing_Content_at_Scale
47. Distributed Ledger Technology in the Media Industry. MDPI Information. 2020. Vol. 11, No. 4. P. 193. URL: <https://www.mdpi.com/2078-2489/11/4/193>
48. Python vs ETL Tools: Who wins for pipelines? Data Pilot. URL: <https://data-pilot.com/blog/python-vs-etl-tools-who-wins-for-pipelines/>

49. Introduction to Python's NetworkX for Graph Analysis. GCDI Commons, 2025. URL: <https://gcdi.commonsgc.cuny.edu/2025/12/12/introduction-to-pythons-networkx/>
50. Django REST framework. URL: <https://www.django-rest-framework.org>
51. FastAPI. URL: <https://fastapi.tiangolo.com>
52. Choosing the Best Backend Language for Web Development. Webandcrafts. URL: <https://webandcrafts.com/blog/backend-languages>
53. Comparison: Django REST vs FastAPI. Vervesys. URL: <https://www.vervesys.com/blogs/comparison-django-rest-vs-fastapi/>
54. Django vs Flask vs FastAPI: Which to choose in 2025? JetBrains PyCharm Blog. 2025. URL: <https://blog.jetbrains.com/pycharm/2025/02/django-flask-fastapi/>
55. NetworkX. Network Analysis in Python. URL: <https://networkx.org/en/>
56. Pandas: A Powerful Python Data Analysis Toolkit. URL: <https://pypi.org/project/pandas/>
57. Pydantic Docs. URL: <https://pydantic.dev/docs/validation/latest/get-started/>
58. SQLAlchemy – The Database Toolkit for Python. URL: <https://www.sqlalchemy.org>
59. Data Pipelines in the Media Industry: Best Practices. Integrate.io. URL: <https://www.integrate.io/blog/data-pipelines-media-industry/>
60. Data Modeling with Pydantic and FastAPI. CodeSignal Learn. URL: <https://codesignal.com/learn/courses/working-with-data-models-in-fastapi/lessons/data-modeling-with-pydantic-and-fastapi>
61. PostgreSQL: About. PostgreSQL: The world's most advanced open-source database. URL: <https://www.postgresql.org/about/>
62. Vadlamani V. Introduction to PostgreSQL Database Management. PostgreSQL Skills Development on Cloud. Apress, Berkeley, CA, 2024, P. 1-39. https://doi.org/10.1007/979-8-8688-0817-3_1

63. FastAPI and Pydantic: A powerful duo. Theodo Blog. URL: <https://www.theodo.com/blog/fastapi-and-pydantic-a-powerful-duo>
64. 10 UI/UX Design Trends that will Dominate 2026. Medium / Pairfect Design. URL: <https://medium.com/@pairfectdesignstudio/10-ui-ux-design-trends-that-will-dominate-2026-adf0529e1184>
65. Manufacturing Dashboard UX Design: Best Practices. Fuselab Creative. URL: <https://fuselabcreative.com/manufacturing-dashboard-ux-design/>
66. Figma: The Collaborative Interface Design Tool. URL: <https://www.figma.com>
67. Зюзюн В., Козюк Ю. Екосистема digital-дизайну: SPA-архітектурне моделювання вузькоспеціалізованої веб-платформи. Збірник наукових праць НУК імені Адмірала Макарова, 2025, 4(502), С. 288-297. [https://doi.org/10.15589/znp2025.4\(502\).33](https://doi.org/10.15589/znp2025.4(502).33)
68. Зюзюн В., Даніліна Т. Проектування цифрової системи супроводу власників тварин: від аналізу вимог до реалізації інтерфейсу. Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського, 2025, 6(155), С. 172-181. <https://doi.org/10.32782/1995-0519.2025.6.22>
69. Optimization of Software Testing Processes Through a Quality Management System. ResearchGate. URL: https://www.researchgate.net/publication/403240465_Optimization_of_Software_Testing_Processes_Through_a_Quality_Management_System
70. ISO/IEC 25010:2023. System and software engineering – Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) – Product quality model. International Organization for Standardization.

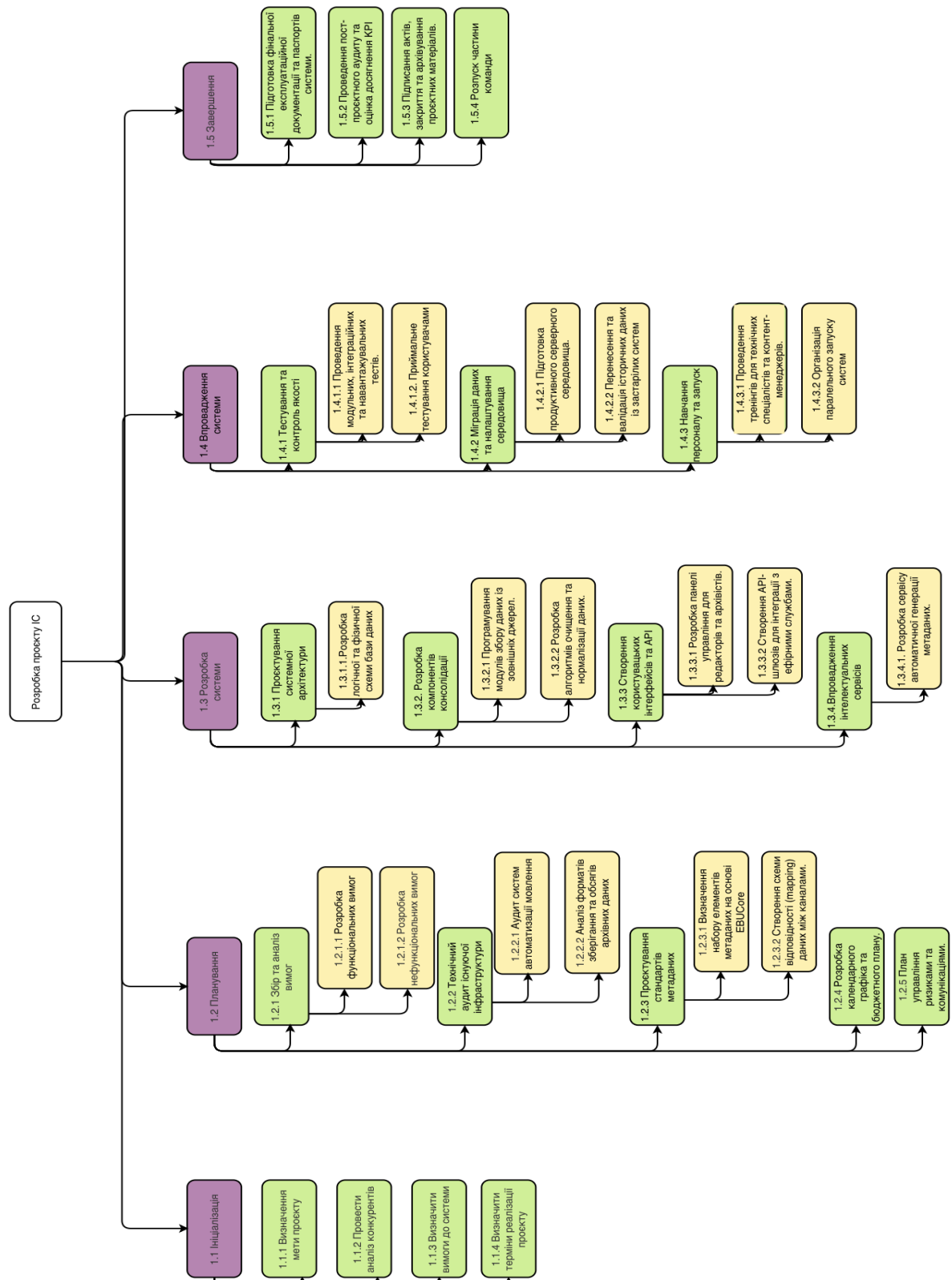


Рис. А.1. WBS-структура проекту

Ідентифікація проєктних ризиків

Код ризику	Тип ризику	Ризикова подія	Сила впливу	Ймовірність
P01	Технічні ризики	Втрата або пошкодження даних під час міграції з Excel у реляційну БД.	Критичний	Середня
P02	Технічні ризики	Порушення цілісності через ACID-невідповідність при складних транзакціях.	Високий	Низька
P03	Технічні ризики	Помилки в логіці алгоритму вибору оптимального джерела сигналу.	Середній	Середня
P04	Технічні ризики	Несумісність схем даних між Staging та Core шарами сховища.	Високий	Середня
P05	Технологічні ризики	Залежність від конкретного хмарного постачальника.	Середній	Середня
P06	Технологічні ризики	Виникнення вразливостей у сторонніх API або open-source бібліотеках.	Високий	Висока
P07	Технологічні ризики	Недостатня гнучкість ETL-інструментів до змін у форматах джерел.	Середній	Висока
P08	Технологічні ризики	Конфлікт версій ПЗ при інтеграції з Legacy-системами моніторингу.	Середній	Середня
P09	Організаційні ризики	Опір персоналу внаслідок зміни звичних бізнес-процесів (відмова від Excel).	Середній	Висока
P10	Організаційні ризики	Відсутність чіткої підтримки проєкту з боку вищого менеджменту холдингу.	Критичний	Низька
P11	Організаційні ризики	Неефективна комунікація між технічним та юридичним департаментами.	Високий	Середня
P12	Організаційні ризики	Зміна стратегічних цілей медіа-холдингу під час реалізації проєкту.	Високий	Низька
P13	Ризик невиконання термінів	Розмиття меж проєкту через додавання нових атрибутів каналів.	Високий	Висока

Код ризику	Тип ризику	Ризикова подія	Сила впливу	Ймовірність
P14	Ризик невиконання термінів	Невірна оцінка трудомісткості процесів очищення "брудних" даних.	Середній	Висока
P15	Ризик невиконання термінів	Конфлікти ресурсів у матричній структурі управління проектом.	Високий	Середня
P16	Ризик невиконання термінів	Затримка постачання обладнання для інфраструктури.	Високий	Середня
P17	Ризик невиконання термінів	Пролонгація етапу приймального тестування	Середній	Висока
P18	Ризик невиконання термінів	Затримки через складність ліцензійних угод із правовласниками.	Середній	Середня
P19	Фінансові ризики	Перевищення бюджету на хмарні сервіси через Metadata Explosion.	Високий	Середня
P20	Фінансові ризики	Валютні коливання, що впливають на вартість ліцензій ПЗ.	Низький	Висока
P21	Фінансові ризики	Скорочення фінансування проекту внаслідок економічної нестабільності.	Критичний	Низька
P22	Ризики учасників команди ІТ-проекту	Звільнення ключових співробітників	Високий	Низька
P23	Ризики учасників команди ІТ-проекту	Брак специфічних знань стандартів EBUCore/SMPTE у розробників.	Високий	Середня
P24	Ризики учасників команди ІТ-проекту	Зниження мотивації через високе навантаження та жорсткі дедлайни.	Середній	Середня
P25	Ризик форс-мажорних подій	Тривалі відключення енергопостачання (блекаути) в Україні.	Високий	Висока
P26	Ризик форс-мажорних подій	Зміни в регуляторному законодавстві (наприклад, Закон про медіа).	Високий	Середня
P27	Ризик форс-мажорних подій	Кібератаки на інфраструктуру та викрадення токенів доступу.	Критичний	Середня
P28	Ризик форс-мажорних подій	Фізичне пошкодження інфраструктури внаслідок бойових дій.	Критичний	Низька

Результати аналізу проєктних ризиків

Ризикова подія	Затримки у часі (Якіс./Кільк.)	Фінансові витрати (Якіс./Кільк.)	Ймовірність (Якіс./Кільк.)	Частота (Якіс./Кільк.)	Важливість ризику
Втрата або пошкодження даних під час міграції з Excel у реляційну БД.	ВВ / 9	К / 10	НС / 2	НН / 1	38
Порушення цілісності через ACID-невідповідність при складних транзакціях	СН / 4	ВС / 8	НС / 2	НН / 1	18
Помилки в логіці алгоритму вибору оптимального джерела сигналу	ВС / 8	К / 10	НН / 1	НН / 1	36
Несумісність схем даних між Staging та Core шарами сховища.	СВ / 6	СВ / 6	СН / 4	НС / 2	18
Залежність від конкретного хмарного постачальника	СС / 5	ВС / 8	СС / 5	НС / 2	23
Виникнення вразливостей у сторонніх API або open-source бібліотеках	НВ / 3	ВС / 8	ВН / 7	НС / 2	25
Недостатня гнучкість ETL-інструментів до змін у форматах джерел	ВВ / 9	СВ / 6	СВ / 6	НС / 2	30
Конфлікт версій ПЗ при інтеграції з Legacy-системами моніторингу	СС / 5	СС / 5	СС / 5	НС / 2	25
Опір персоналу внаслідок зміни звичних бізнес-процесів (відмова від Excel)	ВС / 8	СС / 5	ВВ / 9	СН / 4	34
Відсутність чіткої підтримки проєкту з боку вищого менеджменту холдингу	СС / 5	К / 10	НН / 1	НН / 1	30

Ризикова подія	Затримки у часі (Якіс./Кільк.)	Фінансові витрати (Якіс./Кільк.)	Ймовірність (Якіс./Кільк.)	Частота (Якіс./Кільк.)	Важливість ризику
Неефективна комунікація між технічним та юридичним департаментами.	СН / 4	СВ / 6	СВ / 6	СС / 5	36
Зміна стратегічних цілей медіа-холдингу під час реалізації проєкту	НС / 2	ВВ / 9	НС / 2	НН / 1	18
Розмиття меж проєкту через додавання нових атрибутів каналів	ВВ / 9	ВС / 8	ВС / 8	СВ / 6	48
Невірна оцінка трудомісткості процесів очищення «брудних» даних	ВС / 8	СВ / 6	ВВ / 9	СС / 5	54
Конфлікти ресурсів у матричній структурі управління проєктом	СВ / 6	СВ / 6	СС / 5	НС / 2	30
Затримка постачання обладнання для інфраструктури	ВВ / 9	СС / 5	СВ / 6	НС / 2	30
Пролонгація етапу приймального тестування	ВС / 8	СН / 4	ВВ / 9	НС / 2	36
Затримки через складність ліцензійних угод із правовласниками	СВ / 6	СН / 4	СВ / 6	НС / 2	24
Перевищення бюджету на хмарні сервіси через Metadata Explosion	СС / 5	ВС / 8	ВН / 7	СС / 5	56
Валютні коливання, що впливають на вартість ліцензій ПЗ	СН / 4	СВ / 6	ВВ / 9	СН / 4	54
Скорочення фінансування проєкту внаслідок економічної нестабільності	НВ / 3	К / 10	НН / 1	НН / 1	10
Звільнення ключових співробітників	ВВ / 9	ВС / 8	НС / 2	НН / 1	16

Ризикова подія	Затримки у часі (Якіс./Кільк.)	Фінансові витрати (Якіс./Кільк.)	Ймовірність (Якіс./Кільк.)	Частота (Якіс./Кільк.)	Важливість ризику
Брак специфічних знань стандартів EBUCore/SMPTE у розробників	СВ / 6	СС / 5	СВ / 6	НС / 2	30
Зниження мотивації через високе навантаження та жорсткі дедлайни	СС / 5	СН / 4	СС / 5	СС / 5	20
Тривалі відключення енергопостачання (блекаути) в Україні	ВВ / 9	ВС / 8	ВВ / 9	ВС / 8	72
Зміни в регуляторному законодавстві (наприклад, Закон про медіа)	СВ / 6	ВС / 8	НС / 2	НН / 1	16
Кібератаки на інфраструктуру та викрадення токенів доступу	НН / 1	К / 10	НС / 2	НН / 1	20
Фізичне пошкодження інфраструктури внаслідок бойових дій	ВВ / 9	К / 10	НН / 1	НН / 1	10

Карта протиризикових заходів

Ризикова подія	Профілактика	Симптом	При симптомі	При проблемі
R-01. Втрата або пошкодження даних під час міграції	Створення повних бекапів; тестові запуски на копіях даних.	Розбіжність кількості записів у логах ETL-процесу.	Зупинка міграції; перевірка цілісності джерела.	Відновлення з бекапу; виправлення скриптів міграції.
R-02. Порушення цілісності через ACID-невідповідність	Використання PostgreSQL з підтримкою повного ACID; логування транзакцій.	Поява некоректних посилань у БД.	Відкат поточної транзакції; аналіз помилок.	Ручне очищення даних; рефакторинг коду транзакцій.
R-03. Помилки в логіці алгоритму вибору джерела	Ретельне Unit-тестування математичних моделей та коефіцієнтів.	Вибір субоптимального джерела за наявності кращого сигналу.	Тимчасовий перехід на ручне управління джерелами	Коригування ваг у алгоритмах та оновлення ПЗ.
R-04. Несумісність схем даних Staging та Core	Суворий опис Master Data Management (MDM); використання словників уніфікації.	Помилки валідації типів даних при завантаженні в Core.	Актуалізація карти відповідності	Перезапуск ETL-пайплайну; зміна схеми Core-шару.
R-05. Залежність від хмарного постачальника	Використання Docker; орієнтація на Multi-cloud архітектуру.	Різке зростання вартості підписки	Перенесення некритичних сервісів на локальні потужності.	Повна міграція системи до альтернативного вендора.
R-06. Вразливості у сторонніх API або бібліотеках	Регулярний аудит коду та сканування залежностей	Повідомлення про критичні вразливості (CVE) у медіа-спільнотах.	Тимчасове блокування вразливого функціоналу.	Термінове оновлення бібліотек або заміна API.
R-07. Недостатня гнучкість ETL-інструментів	Розробка модульних адаптерів; використання JSON для гнучких атрибутів.	Неможливість парсингу нового формату XML-фідів.	Ручне внесення критичних змін до конфігурації парсера.	Оновлення архітектури ETL-модуля.
R-08. Конфлікт версій при інтеграції з Legacy-системами	Попереднє проведення Proof of Concept (PoC) інтеграції.	Помилки аутентифікації або десинхронізація команд.	Розгортання ізолюваного шлюзу для застарілих систем.	Апгрейд Legacy-систем або заміна протоколу.

Ризикова подія	Профілактика	Симптом	При симптомі	При проблемі
R-09. Опір персоналу (відмова від Excel)	Залучення користувачів до UX-дизайну; демонстрація переваг системи.	Низька частота авторизації користувачів; скарги на складність.	Проведення додаткового воркшопу; спрощення інтерфейсу.	Адміністративне впровадження регламенту використання ІС.
R-10. Відсутність підтримки топ-менеджменту	Регулярна візуалізація ROI та звітів про зниження простоїв ефіру.	Затримки у підписанні бюджетів або погодженні ресурсів.	Організація презентації «швидких перемог».	Перегляд обсягів проєкту; деескалація цілей.
R-11. Неефективна комунікація	Спільні робочі групи; використання єдиного термінологічного словника.	Затримки у валідації юридичних прав перед запуском каналів.	Призначення відповідального координатора між відділами.	Ескалація на рівень керівного комітету проєкту.
R-12. Зміна стратегічних цілей холдингу	Ітераційне планування	Оголошення про нові напрямки (напр. повний відхід від супутника).	Адаптація пріоритетів беклогу під нові цілі.	Перезапуск проєкту з оновленим паспортом.
R-13. Розмиття меж проєкту	Чітка специфікація (SRS); суворий контроль Change Requests.	Чітка специфікація (SRS); суворий контроль Change Requests.	Виділення нових вимог у «Етап 2» або майбутні релізи.	Офіційне збільшення бюджету та термінів реалізації.
R-14. Невірна оцінка трудомісткості очищення даних	Попередній аудит джерел.	Відставання від графіка на етапі Staging більше ніж на 2 тижні.	Залучення додаткових фахівців з обробки метаданих.	Виключення непріоритетних груп даних.
R-15. Конфлікти ресурсів у матричній структурі	Попереднє «бронювання» ключових розробників; узгодження з лінійними керівниками.	Скарги розробників на перевантаження	Перегляд черговості завдань; перенесення некритичних робіт.	Залучення зовнішнього аутсорсингу або фрілансерів.
R-16. Затримка постачання обладнання	Раннє оформлення замовлень; робота з декількома постачальниками.	Затримка в логістичному трекінгу більше ніж на 7 днів.	Тимчасове використання хмарних віртуальних серверів.	Оренда обладнання; зміна постачальника.
R-17. Пролонгація етапу тестування	Написання тест-планів на етапі дизайну;	Велика кількість багів під час UAT.	Виділення розробника на Full-time	Перенесення дати релізу; поетапне впровадження.

Ризикова подія	Профілактика	Симптом	При симптомі	При проблемі
	автоматизація тестів.		підтримку тестувальників.	
R-18. Затримки через ліцензійні угоди	Ранній старт переговорів; підготовка шаблонів типових угод.	Відсутність скан-копій договорів за тиждень до запуску.	Отримання тимчасових гарантійних листів від правовласників.	Блокування каналу в системі до отримання прав.
R-19. Перевищення бюджету на хмару (Metadata Explosion)	Впровадження FinOps; моніторинг споживання ресурсів у реальному часі.	Рахунок за хмару перевищує прогноз на 15%+ щомісяця.	Оптимізація запитів до БД; видалення застарілих логів.	Зміна політики зберігання; перехід на дешевші інстанси.
R-20. Валютні коливання	Фіксація цін у гривні в контрактах; використання Open Source.	Різке зростання курсу валют	Скасування підписок на неперіоритетний софт.	Запит додаткового фінансування з резервного фонду.
R-21. Скорочення фінансування проєкту	Орієнтація на MVP (Minimum Viable Product); етапність оплат.	Оголошення про політику «економії» у холдингу.	Фокус лише на критичних функціях консолідації.	Призупинення проєкту до стабілізації фінансування.
R-22. Звільнення ключових співробітників	Формалізація знань у Wiki; дублювання ролей	Зниження лояльності; повідомлення про пошук нової роботи.	Проведення retention-інтерв'ю; перегляд мотиваційного пакету.	Терміновий найм розробника; передача задач Back-up фахівцю.
R-23. Брак знань стандартів EBUCore/SMPTE	Внутрішні тренінги; залучення Broadcast-консультанта.	Системні помилки в архітектурі логічних ланцюжків сигналу.	Організація інтенсивного курсу навчання для команди.	Заміна розробника на фахівця з медіа-досвідом.
R-24. Зниження мотивації у працівників	Моніторинг навантаження; регулярні 1-to-1 зустрічі; відсутність овертаймів.	Почастішання лікарняних; порушення дедлайнів на дрібних задачах.	Надання додаткових днів відпочинку; преміювання за віхи.	Перерозподіл ресурсів; тимчасове зниження темпів розробки.
R-25. Блекаути в Україні	Забезпечення офісу генераторами, UPS та Starlink; робота в хмарі.	Повідомлення про дефіцит в енергосистемі	Синхронізація локальних розробок із хмарою кожну годину.	Повне перенесення команди в автономний хаб або хмару.

Ризикова подія	Профілактика	Симптом	При симптомі	При проблемі
R-26. Кібератаки та викрадення токенів	MFA; шифрування даних; регулярний пентест системи.	Аномальні спроби входу; несанкціоноване звернення до API.	Блокування підозрілих IP-адрес; ротація всіх API-токенів.	Активація плану Disaster Recovery (DRP); відновлення з бекапу.
R-27. Фізичне пошкодження інфраструктури	Повне гео-резервування даних у хмарах країн ЄС.	Ескалація бойових дій у регіоні розташування дата-центрів	Повна реплікація даних у безпечне середовище.	Перемикання на хмарний Disaster Recovery майданчик.

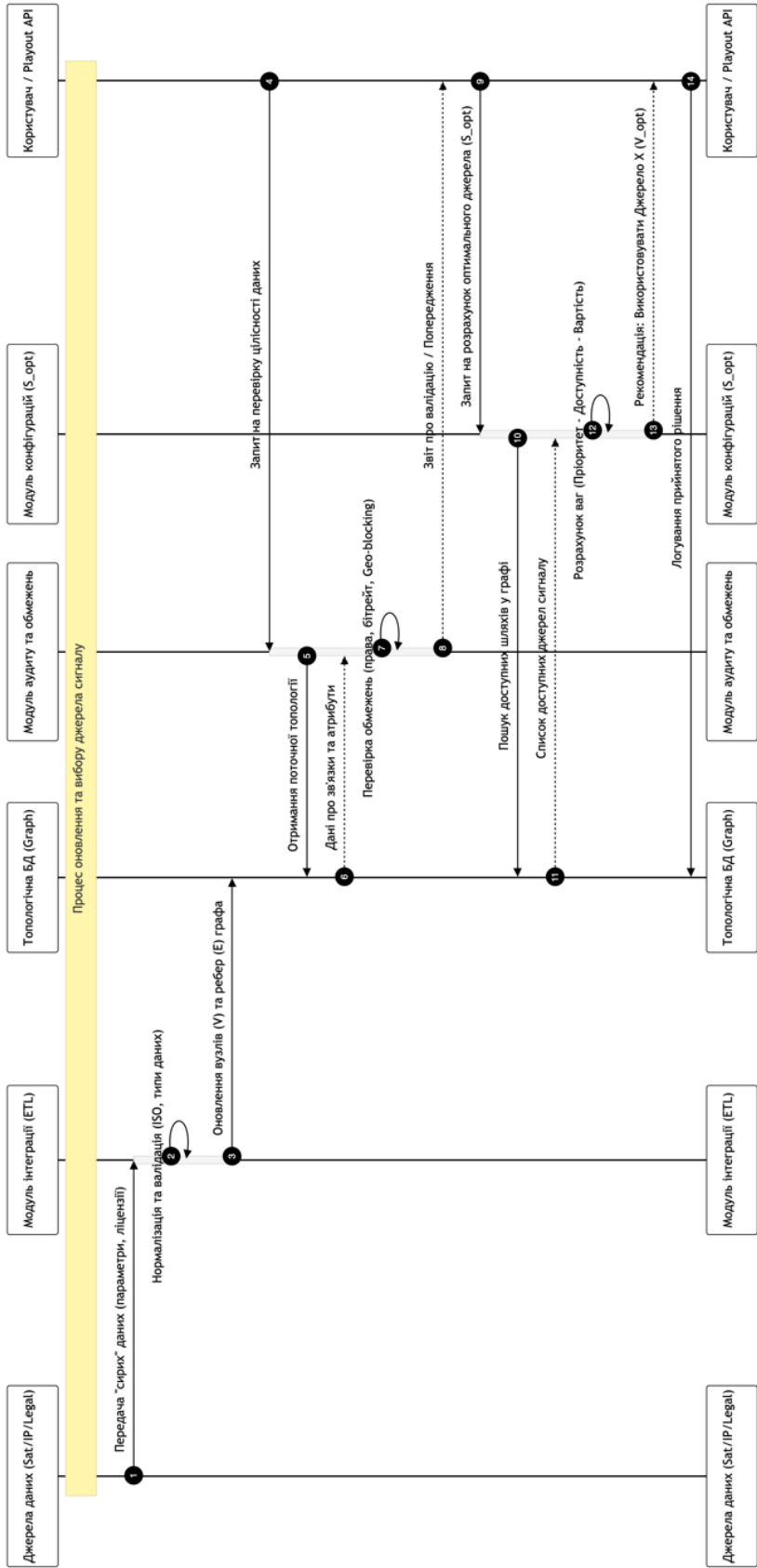


Рис. В.1. Діаграма послідовності

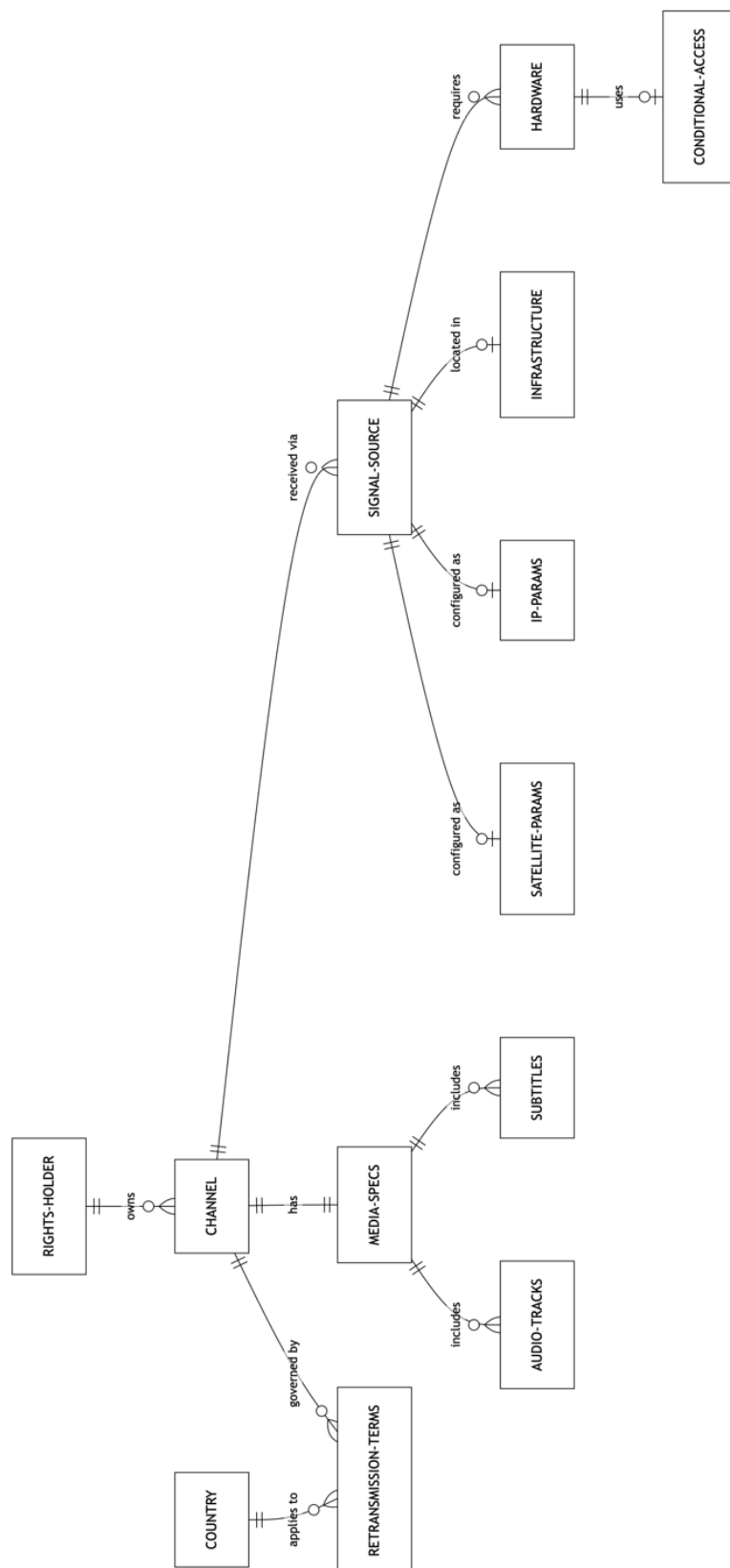


Рис. Г.1. Структури системи управління базою даних