

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Комп'ютерних наук
(повна назва)
Кафедра Інформаційних управляючих систем
(повна назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
Пояснювальна записка

рівень вищої освіти другий (магістерський)

Дослідження методів оцінювання ефективності
ІС стрімінгу відеоконтенту
(тема)

Виконала:
студент 2 курсу, групи ІУСТМ-22-1
Сичова Марія Андріївна
(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 122 Комп'ютерні науки
(код і повна назва спеціальності)
Тип програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма Інформаційні управляючі системи та технології
(повна назва освітньої програми)

Керівник Віталій БРУСЕНЦЕВ
(Власне ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Допускається до захисту

Зав. кафедри


(підпис)

Костянтин ПЕТРОВ
(Власне ім'я ПРІЗВИЩЕ)

2024 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Комп'ютерних наук

Кафедра Інформаційних управляючих систем


Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Спеціальність 122 Комп'ютерні науки
(код і повна назва)

Тип програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма Інформаційні управляючі системи та технології
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри 
(підпис)

« 20 » листопада 2023 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

студентові Сичовій Марії Андріївні
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження методів оцінювання ефективності ІС стрімінгу відеоконтенту

затверджена наказом університету від 16 листопада 2023 р. № 1359 Ст

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії 15 січня 2024 р.

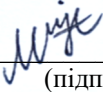
3. Вихідні дані до роботи матеріали звіту з передатестаційної практики; науково-технічні публікації та інтернет-джерела з тематики кваліфікаційної роботи

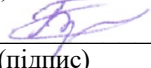
4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі огляд і аналіз відеострімінгових систем; опис загального підходу до оцінювання ефективності ІС; опис постановки задачі; аналіз методів оцінювання ефективності відеострімінгових систем; дослідження комбінованих методів оцінювання ефективності; практичне застосування методу оцінювання ефективності; практична реалізація ІС з модулем оцінювання ефективності відеострімінгових систем.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз відеострімінгових платформ та загального підходу до оцінювання їхньої ефективності	20.11.2023-25.11.2023	Виконано
2	Аналіз методів оцінювання ефективності відеострімінгових платформ	26.11.2023-01.12.2023	Виконано
3	Дослідження комплексних методів оцінювання ефективності відеострімінгових платформ	02.12.2023-06.12.2023	Виконано
4	Практичне застосування методу оцінювання ефективності відеострімінгових платформ	07.12.2023-10.12.2023	Виконано
5	Практична реалізація інформаційної системи з модулем оцінювання ефективності	11.12.2023-31.12.2023	Виконано
6	Оформлення пояснювальної записки	01.01.2024-05.01.2024	Виконано
7	Підготовка презентації	06.01.2024	Виконано
8	Захист кваліфікаційної роботи	16.01.2024	Виконано

Дата видачі завдання 20 листопада 2023 р.

Студент 
(підпис)

Керівник роботи  доц. каф. ІУС Віталій БРУСЕНЦЕВ
(підпис) (посада, власне ім'я, прізвище)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи містить: 96 сторінок, 11 рисунків, 9 таблиць, 26 джерел, 1 додаток.

АНАЛІЗ МЕТОДІВ, ВІДЕОКОНТЕНТ, ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА, ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ, ПЛАТФОРМА, СТІМІНГ.

Об'єктом дослідження магістерської кваліфікаційної роботи є процес оцінювання ефективності інформаційних систем потокового передавання відеоконтенту у глобальній мережі Інтернет.

Предметом дослідження магістерської кваліфікаційної роботи є методи оцінювання ефективності інформаційних систем потокового передавання відеоконтенту.

Метою магістерської кваліфікаційної роботи є дослідження методів оцінювання ефективності інформаційної системи потокового передавання відеоконтенту.

ABSTRACT

The explanatory note contains: 96 pages, 11 figures, 9 tables, 26 sources, 1 annex.

ANALYSIS OF METHODS, VIDEO CONTENT, INFORMATION SYSTEM, EFFECTIVENESS EVALUATION, PLATFORM, STREAMING.

The object of research of the master's qualification work is the process of evaluating the effectiveness of information systems for streaming video content in the Internet.

The subject of research of the master's qualification work is methods of evaluating the effectiveness of information systems for streaming video content.

The purpose of the master's qualification work is to study the methods of evaluating the effectiveness of the information system for streaming video content.

ЗМІСТ

Скорочення та умовні позначки	7
Вступ	8
1 Аналіз відеострімінгових платформ.....	10
1.1 Загальний опис та класифікація відеострімінгових платформ	10
1.2 Аналіз основних властивостей існуючих відеострімінгових платформ	13
1.3 Загальний підхід до оцінювання ефективності відеострімінгових платформ	18
1.4 Постановка задачі	23
2 Аналіз методів оцінювання ефективності відеострімінгових платформ	25
2.1 Критерії вибору методів оцінювання ефективності відеострімінгових платформ	25
2.2 Дослідження методів оцінювання ефективності відеострімінгових платформ	27
2.3 Аналіз методів підвищення ефективності відеострімінгових платформ	31
3 Методика оцінювання ефективності відеострімінгових платформ.....	39
3.1 Дослідження комбінованих методів, які можуть бути використані для оцінювання ефективності відеострімінгових платформ	39
3.2 Практичне застосування методу оцінювання ефективності відеострімінгових платформ	54
4 Практичне використання отриманих результатів	61
4.1 Програмна реалізація інформаційної системи з модулем оцінювання ефективності систем стрімінгу відеоконтенту	61
4.2 Практична реалізація інформаційної системи з модулем оцінювання ефективності систем стрімінгу відеоконтенту	63
Висновки.....	73
Перелік джерел посилання	74
Додаток А Графічний матеріал	77

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

4К – надвисока роздільна здатність

CDN (Content delivery network) – мережа постачання контенту

DASH (Dynamic Adaptive Streaming over HTTP) – протокол потокового передавання відео

DEA (Data Envelopment Analysis) – аналіз середовища функціонування

DMU (Decision-Making Unit) – блок прийняття рішень

DRM (Digital rights management) – керування цифровими правами

HD (High Definition) – висока роздільна здатність

HLS (HTTP Live Streaming) – протокол потокового передавання відео

IDE (Integrated development environment) – інтегроване середовище розробки

IoT (Internet of Things) – Інтернет речей

QoS (Quality of service) – моніторинг якості обслуговування

SD (Standard Definition) – стандартна роздільна здатність

UI (User Interface) – користувацький інтерфейс

UX (User Experience) – користувацький досвід

WAI (Weighted Aggregate Index) – зважений підсумковий індекс

AHP (Analytic Hierarchy Process) – процес аналізу ієрархій

ІС – інформаційна система

ПЗ – програмне забезпечення

СУБД – система управління базами даних

ВСТУП

Популярність стрімінгових платформ значно зросла за останні кілька років, що в основному пояснюється глобальною пандемією COVID-19, яка спричинила повсюдні локдауни та збільшення використання цифрових розваг як для дозвілля, так і для віддаленої роботи. Через те, що люди стали проводити більше часу вдома, попит на різноманітний контент за запитом стрімко зріс, зробивши послуги надання потокового відео основним джерелом розваг, відпочинку та інформації, тим самим прискоривши вже зростаючу тенденцію споживання цифрового контенту.

Також, зростаюча популярність стрімінгових платформ нерозривно пов'язана з зусиллями по приборканню піратства контенту, оскільки ці платформи пропонують законні, зручні та доступні альтернативи, задовольняючи таким чином попит споживача на етичні цифрові розваги.

У сучасному Інтернет-середовищі поширення стрімінгових платформ перевернуло звичне споживання аудіовізуального контенту, змінивши динаміку розповсюдження медіа та залучення користувачів.

Наразі дослідження методів оцінювання та підвищення ефективності потокових платформ є надзвичайно актуальним, оскільки ці платформи стали невід'ємною частиною того, як люди споживають контент та взаємодіють із ним. Зміни вподобань і очікувань користувачів вимагають постійного аналізу та вдосконалення, щоб забезпечити безперебійне постачання, персоналізований досвід і технологічну адаптивність. Тим самим формується шлях індустрії потокового передавання відео, яка постійно розвивається.

У даній роботі проводиться систематичний аналіз методів, спрямованих на оцінювання та подальше підвищення ефективності платформ потокового відео. Дослідження охоплює широкий спектр кількісних і якісних показників для окреслення аспектів, що впливають на продуктивність

відеострімінгових систем та задоволеність користувачів, а також комплексні методи, які включають в оцінювання декілька критеріїв.

Кваліфікаційна робота була виконана згідно ДСТУ та методичних вказівок [1,2,3].

Було проведено апробацію результатів дослідження – опубліковано статтю «Ефективність систем стрімінгу відеоконтенту на основі використання штучного інтелекту» у журналі «Наука і техніка сьогодні» [4].

1 АНАЛІЗ ВІДЕОСТРІМІНГОВИХ ПЛАТФОРМ

1.1 Загальний опис та класифікація відеострімінгових платформ

Поширення цифрового контенту та попит на гнучкі формати сприяли зростанню платформ потокового відео (також відомих як відеострімінгові платформи), які стали невід'ємною частиною сучасного медіаспоживання.

Платформи потокового відео стали основним методом доставки аудіовізуального контенту, зайнявши місце традиційного й давно знайомого ефірного та кабельного телебачення.

За своєю суттю, потокове відео має під собою на увазі надання відеоконтенту через Інтернет, що дозволяє користувачам отримувати доступ до великих обсягів відео за запитом. Це середовище значно розвинулося за останній час: платформи пропонують широкий спектр контенту – від фільмів та телевізійних шоу до відео та прямих трансляцій, створених безпосередньо користувачами платформи.

З метою більш детального аналізу, стрімінгові платформи можна класифікувати на дві основні категорії: трансляція в прямому ефірі (live streaming) та трансляція за запитом (on-demand streaming) [5].

Платформи з трансляціями в прямому ефірі, такі як Twitch, YouTube Live і Facebook Live, фокусуються на доставці контенту в режимі реального часу. Ця категорія потребує дослідження інфраструктури потокового мовлення, затримок та інтерактивних можливостей. Важливими аспектами платформ такого типу є здатність керувати користувачами, які одночасно переглядають контент, ефективність мереж постачання контенту (Content delivery network, CDN) та інтеграція інтерактивних елементів, таких як чат та залучення аудиторії.

Платформи з трансляцією за запитом надають користувачам гнучкість у доступі до контенту в зручний для них час. На світовому рівні лідерами є такі гіганти індустрії, як Netflix, Amazon Prime Video та Hulu, тоді як в

Україні найпопулярнішими платформами цього типу є Sweet.tv, Takflix та Megogo. Аналіз платформ за запитом охоплює бібліотеки контенту, алгоритми рекомендацій та користувацькі інтерфейси. Важливими параметрами для таких платформ є різноманітність контенту, якість та ефективність рекомендаційних механізмів.

У цій роботі ми зосередимось на розгляді та більш детальному аналізі стрімінгових платформ, які надають можливість трансляції та перегляду відео контенту за запитом.

Технологічні міркування відіграють ключову роль у формуванні ефективності та функціональності платформ потокового відео за запитом. В основі цих платформ лежить складна інфраструктура постачання контенту, яка забезпечує швидку і надійну доставку контенту шляхом його стратегічного кешування на географічно розподілених серверах. Це покращує загальний досвід потокового передавання, оскільки затримки мінімізуються, а час завантаження користувачем скорочується. Крім того, адаптивні технології потокового мовлення, такі як HTTP Live Streaming (HLS) і Dynamic Adaptive Streaming over HTTP (DASH), можуть використовуватися для регулювання якості відтвореного відео відповідно до швидкості інтернет-з'єднання глядача [6]. Цей адаптивний підхід забезпечує безперебійний перегляд, уникаючи проблем із буферизацією та дозволяючи оптимізувати якість відео для різних пристроїв і умов мережі.

Процеси перекодування є так само важливим технологічним аспектом відеострімінгових платформ за запитом. Ці платформи мають підтримувати велику кількість пристроїв з різними розмірами екранів, роздільною здатністю та кодеками. Перекодування передбачає перетворення вихідного відео в різні формати, зміну роздільної здатності та бітрейту для адаптації до різних пристроїв, що мають доступ до платформи [7]. Це дозволяє користувачам насолоджуватися контентом на смартфонах, планшетах, смарт-телевізорах та інших пристроях без втрати якості. Ефективність процесу перекодування безпосередньо впливає на масштабованість платформи та її

здатність обслуговувати глобальну аудиторію з різними технічними характеристиками. Тому при ретельному аналізі платформ, що надають можливість трансляції відео за запитом, важливо уважно вивчити деталі їхньої технологічної архітектури з метою оцінки їхньої адаптивності, продуктивності й здатності забезпечувати безперебійне передавання потокового відео.

Користувацький досвід є важливим фактором, що відрізняє платформи потокового відео на фоні інших. У цьому контексті оцінюється дизайн інтерфейсу користувача, механізми пошуку контенту та можливості персоналізації. Такі функції, як персоналізовані рекомендації, профілі користувачів і алгоритми управління контентом, безсумнівно відіграють важливу роль в утриманні глядачів на платформі та пристосуванні досвіду перегляду до індивідуальних уподобань. Крім того, якість відео, сумісність з різноманітними пристроями та зручність навігації також підвищують загальну задоволеність користувачів.

Крім того, платформи для потокового відео можна класифікувати відповідно до їхніх бібліотек контенту та бізнес-моделей. Деякі платформи зосереджуються на ексклюзивному оригінальному контенті, для того, щоб виділитися з-поміж конкурентів на переповненому ринку, тоді як інші агрегують контент з різних джерел та надають до нього зручний доступ у одному місці. Для отримання доходу використовуються моделі на основі передплати (підписка), рекламні послуги та гібридні підходи, тоді як деякі платформи також пропонують безкоштовні рівні, з метою розширення своєї бази користувачів.

Постійний розвиток технологій створює як можливості, так і перешкоди для платформ потокового відео. У цьому контексті досліджуються нові шаблони, такі як включення віртуальної та доповненої реальності, а також потенційні проблеми, пов'язані з ліцензуванням контенту, піратством і невпинно зростаючим попитом на більш високу якість потокового відео [8].

Індустрія потокового відео є складною і різноманітною галуззю, яку можна аналізувати та класифікувати на основі різних факторів. Ці фактори включають технологічний прогрес, контент-стратегії, бізнес-моделі й користувацький досвід, та відіграють вирішальну роль у визначенні успіху та довговічності стрімінгових платформ. Оскільки ця галузь продовжує набирати обертів і залучає все ширшу аудиторію, стає все більш важливим вивчити й оцінити ці ключові елементи, щоб повністю розуміти динаміку розвитку потокового відео.

1.2 Аналіз основних властивостей існуючих відеострімінгових платформ

В Інтернет-просторі за останнє десятиліття з'явилася велика кількість сервісів, які пропонують послуги перегляду відео-контенту за запитом. Деякі з них вже стали відомими та широко розповсюдженими по всьому світу, інші є більш локальними, які працюють в межах певної країни і націлені на просування та популяризацію локального контенту або ж іноземного контенту, але перекладеного та адаптованого для локальної аудиторії.

Платформи потокового відео, які вже зарекомендували себе на ринку, мають достатньо великий список властивостей, які роблять їх привабливими для користувачів:

– бібліотека контенту є однією з основоположних та найважливіших властивостей для стрімінгових платформ. Під цим мається на увазі каталог фільмів, серіалів, телевізійних шоу та іншого відео-контенту, доступного для перегляду на платформі. Різноманітність та багате наповнення бібліотеки грає вирішальну роль при виборі користувачем стрімінгового сервісу.

Платформи потокового відео мають отримувати ліцензії та права на показ контенту на своєму майданчику – це демонструє прозорість сервісу,

його підпорядкування законам та протидію Інтернет-піратству. На додаток до ліцензованого контенту, деякі платформи також продукують свої власні ексклюзивні серіали та шоу. Така стратегія дозволяє вигідно вирізнитися на фоні конкурентів, пропонуючи глядачам оригінальний контент. Безсумнівно, каталог відеоматеріалу, доступного на платформі, має постійно розширюватися, надаючи користувачам можливість не тільки переглядати класику кінематографу, а й одними з перших насолоджуватися новинками кіно-індустрії. Важливим фактором, особливо для платформ світового рівня, є привабливість для глобальної аудиторії, тобто розміщення контенту з різних регіонів та різними мовами. Це також сприяє зросту потенційних користувачів, охоплюючи різноманітні демографічні та культурні групи;

– користувацький інтерфейс (User Interface, UI) та користувацький досвід (User Experience, UX) формують те, як користувач взаємодіє з платформою та наскільки зручним є користування конкретним сервісом.

Дизайн сайту чи застосунку має бути зрозумілим та інтуїтивним для пересічного користувача платформою. Спрощена навігація досягається візуальною легкістю інтерфейсу, продуманим макетом, наявністю меню та іконок. Важливо, щоб дизайн був адаптивним, тобто мав всі ті самі функції у знайомих для користувачів місцях при зміні положення чи розміру екрану [9]. Це дозволяє глядачам обирати будь-який девайс для відтворення відео і при цьому не змушує кожного разу заново розбиратися з зовнішнім виглядом сайту. Функціонал має надавати можливість ефективного пошуку контенту: просунуті пошукові алгоритми, наявність фільтрів, здатність сортувати каталог за різними критеріями, категоризація контенту за жанрами, темами, чи роками – все це сприяє легкому процесу пошуку. Серед не менш необхідних властивостей інтерфейсу та досвіду користувача можна назвати також спеціальні можливості, такі як субтитри, що налаштовуються, приховані субтитри (closed captions – текстова версія звукової частини відео) та аудіо описи, що робить платформу інклюзивною та доступною для глядачів з різноманітними потребами; списки перегляду та історія

дозволяють користувачам відстежувати свої улюблені ТБ-проекти та зберігати контент, який би вони хотіли переглянути пізніше; рейтинги та відгуки користувачів, які надають можливість глядачам самостійно оцінювати відеоконтент та залишати власні відгуки, допомагаючи іншим таким чином зрозуміти, що варто дивитися, а що ні;

– моделі підписки та інтеграція реклами є ключовими стратегіями монетизації стрімінгових платформ. Вони обумовлюють спосіб доступу користувачем до контенту та сприяють фінансовій стійкості платформи.

Багаторівнева модель підписки, яка надає як безкоштовні, так і платні варіанти, є моделлю, яку впроваджує багато платформ потокового відео. Безкоштовний рівень дозволяє переглядати відеоконтент з деякими обмеженнями та за умови наявності реклами на сайті. Платний же рівень зазвичай є вільним від реклами та пропонує перегляд відео у кращій якості та доступ до ексклюзивного контенту, якщо такий є. Для користувачів, які бажають оформити преміум-підписку, стрімінгові сервіси часто надають вибір тривалості підписки між місячною та річною – річні плани зазвичай є більш економічними у порівнянні з планом оплати кожного місяця. Також існують так звані пробні періоди, коли платформа безкоштовно надає повний доступ до усіх преміум-функцій на обмежений час (наприклад, на 7 чи 30 днів). Такі пробні періоди зазвичай доступні для нових користувачів сервісу, або для тих глядачів, що користуються тільки безкоштовними можливостями, і дозволяють випробувати функціонал системи перед прийняттям рішення про оформлення підписки. Так як платформи потокового відео зацікавлені у тому, щоб користувачі оплачували місячні чи річні підписки, вони часто пропонують вигідні плани для родин (де декілька користувачів можуть мати свої окремі профілі в рамках однієї підписки) та для студентів, надаючи знижку при пред'явленні студентського квитка і, таким чином, роблячи свою систему доступною для ширшої аудиторії. Безперечно, окрім надання користувачам можливість підписатися для отримання преміум-доступу, стрімінгові сервіси також забезпечують

глядачів правом у будь-який момент змінити вид підписки або ж відписатися зовсім, перейшовши до безкоштовного плану – це полегшує керування підписками та зміцнює довіру користувачів;

– якість потокового передавання та перегляд відео офлайн є властивостями, які задовольняють потреби користувачів у доступності контенту та гнучкості налаштувань при різних умовах підключення до мережі. Платформи пропонують перегляд контенту із різною роздільною здатністю, включаючи стандартну роздільну здатність (standard definition, SD), високу роздільну здатність (high definition, HD) і, в деяких випадках, надвисоку роздільну здатність (4K). Адаптивне потокове передавання дозволяє підлаштовуватися під Інтернет-з'єднання глядача, у відповідності до цього змінюючи якість відео у реальному часі [10]. Це запобігає буферизації та затримкам завантаження контенту. Певні платформи підтримують аудіо формати з технологією об'ємного звучання, такою як Dolby Atmos, забезпечуючи кінематографічне аудіо для користувачів із сумісними аудіосистемами. Стрімінгові сервіси часто надають користувачам можливість завантажувати відео контент для подальшого його перегляду за відсутності Інтернет-з'єднання. Платформи можуть надавати вибір роздільної здатності при завантаженні, щоб балансувати між якістю відео та розміром файлу на диску, а також, звісно, механізм очищення завантажених об'єктів із пам'яті для звільнення місця після перегляду;

– рекомендації контенту є незамінною властивістю стрімінгових сервісів, які за допомогою алгоритмів, машинного навчання та вивчення поведінки глядачів пропонують контент, який відповідає їхнім уподобанням.

Рекомендації не просто пропонують актуальні чи нові відео, а мають за мету познайомити користувача з контентом, який підходить до його вподобань, але при цьому є неочевидним або таким, що глядач навряд би знайшов самостійно. Основою для створення персоналізованих рекомендацій зазвичай є профіль користувача, за допомогою якого система відстежує взаємодію з контентом, зацікавленість у певних категоріях та історію

перегляду. На основі цих даних, а іноді також враховуючи такі показники, як, наприклад, час доби, просунуті алгоритми намагаються передбачити, який контент скоріш за все сподобається глядачу;

– батьківський контроль дозволяє дорослим створювати безпечний та підходящий до віку дитини простір, наповнений відповідним контентом, що був відібраний та схвалений батьками. Це є важливою властивістю стрімінгових сервісів, які зазвичай мають широку бібліотеку відеоматеріалу, серед якої далеко не весь контент є прийнятним для молодшого віку.

Зазвичай налаштування батьківського контролю забезпечують фільтрацію каталогу за рейтингами вікових обмежень та за категоріями, фільтрування пошукових запитів та можливість встановлення ліміту на час перегляду. Щоб дитина чи будь-хто інший не міг змінити налаштування батьківського контролю, ці обмеження захищаються PIN-кодом або паролем, таким чином надаючи доступ лише батькам чи опікунам дитини;

– інтерактивний контент є динамічною функцією, яку пропонують деякі стрімінгові сервіси і яка виходить за рамки традиційної лінійної розповіді. Це дозволяє залучити користувача до активного перегляду і зробити процес перегляду більш персоналізованим.

Під час перегляду контенту такого типу глядачу часто пропонується вибір у моменти важливих рішень, які впливають на розповідь. Прийняті рішення призводять до розгалужених шляхів та альтернативних результатів, створюючи таким чином певну кількість різних завершень однієї історії і роблячи контент придатним для перегляду багато разів у пошуках кінцівок, які користувач ще не бачив. Платформи можуть використовувати передові технології, такі як інтерактивні кнопки або голосові команди, щоб забезпечити безпосередню взаємодію користувача з історією під час перегляду. Також деякі види інтерактивного контенту пропонують вибір рішень, обмежений у часі, що робить перегляд непередбаченим та більш захоплюючим, або ж налаштування зовнішності персонажа, що також формує більш унікальний досвід перегляду для окремого глядача. Більш

того, інтерактивний контент не обов'язково обмежується розвагами як своєю метою; він також може бути використаний у навчальних цілях або ж для симуляцій тренувань у певних областях, забезпечуючи занурення та залученість людини, що навчається.

Аналіз основних аспектів поточних платформ потокового відео показує, що дана галузь є динамічною та формується з огляду на мінливі вподобання та очікування користувачів. Ці платформи мають на меті забезпечити комплексний і захоплюючий досвід перегляду завдяки низці функцій. До них належать великі бібліотеки оригінального та ліцензованого контенту, зручні користувацькі інтерфейси, які пропонують персоналізований досвід, і різні стратегії монетизації, такі як моделі підписки та інтеграція реклами, щоб задовольнити різноманітні вимоги користувачів. Крім того, платформи віддають перевагу гнучкості, безпеці та інноваціям, пропонуючи такі функції, як батьківський контроль, параметри якості потокового передавання, перегляд офлайн, інтерактивний контент і персоналізовані рекомендації. З подальшим розвитком технологій ці функції розвиватимуться й надалі та визначатимуть майбутнє цифрових розваг, змушуючи платформи постійно покращувати користувацький досвід.

1.3 Загальний підхід до оцінювання ефективності відеострімінгових платформ

Впровадження у проєкт нових передових технологій не завжди може призвести до покращення продуктивності системи та отримання переваг, які не зможуть перевершити конкуренти. Саме в таких випадках глибоке розуміння ключових показників ефективності інформаційних систем може допомогти вирішити проблему на фундаментальному рівні.

Для початку перерахуємо деякі з ключових показників, які свідчать про

неефективність системи, що розглядається:

- повільний час реагування на дії користувача;
- надмірні витрати на обслуговування системи;
- ненадійні результати та дуплікація даних;
- наявність помилкових даних;
- невдоволення користувачів результатом, контентом або досвідом користування;
- тощо.

Показники або критерії ефективності інформаційної системи можуть бути розбиті на ієрархічні рівні, щоб врахувати конкретні виміри корисності від реалізації інформаційної системи, як показано нижче на рисунку 1.1.

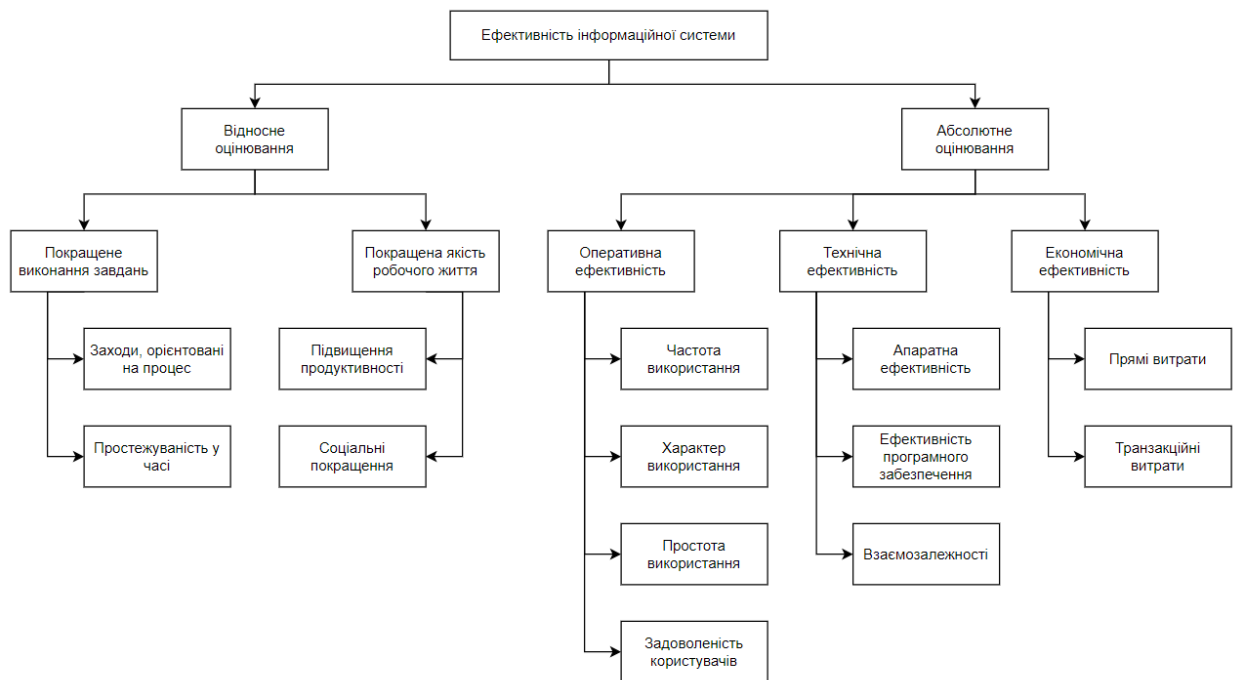


Рисунок 1.1 – Ефективність інформаційної системи

Оцінювання ефективності інформаційної системи можна розділити на два різні методи: відносне оцінювання та абсолютне оцінювання. Відносне оцінювання передбачає порівняння продуктивності системи з минулими показниками, аналогічними альтернативами або стандартами галузі. Цей

підхід оцінює ефективність інформаційної системи, беручи до уваги такі фактори, як ефективність, результативність та вплив системи на виконання завдань. Абсолютне оцінювання, з іншого боку, передбачає незалежний аналіз продуктивності інформаційної системи відносно заздалегідь визначених стандартів і цілей. Цей метод зосереджується на внутрішньому функціоналі системи та її здатності задовольняти конкретні вимоги без прямого порівняння з іншими системами. Як відносне, так і абсолютне оцінювання дають винятковий погляд на ефективність інформаційної системи, забезпечуючи повне розуміння її сильних і слабких сторін та загального впливу на цілі організації.

При відносному оцінюванні інформаційної системи розглядається якість виконання завдань та якість робочого життя. Очікується, що ефективна ІС покращить виконання завдань користувачами системи. Однак важливо зазначити, що може бути складно надати конкретні показники минулих досягнень, які можна використовувати для оцінки [11]. Показники продуктивності для виконання завдань відрізняються для різних застосунків, а іноді й для цілих організацій. Так само важливо відстежувати виконання завдань протягом певного періоду. Система може виглядати покращеною упродовж короткого часу після впровадження змін, але після повернутися до попередніх, або навіть гірших, показників.

Висока якість робочого життя для користувачів системи є основною метою процесу проектування систем, які великою мірою покладаються на взаємодію та співпрацю людей. В залежності від задач системи існують варіації щодо визначення та вимірювання поняття якості трудового життя. Деякі з головних переваг цього показника полягають у тому, що він відносно об'єктивний, його можна перевірити та ним важко маніпулювати. При цьому необхідні дані відносно легко отримати. Однак деякі з головних недоліків цієї категорії заходів полягають у тому, що їх непросто пов'язати з якістю ІС і важко точно визначити, які дії необхідні для виправлення проблем.

Вимірювання абсолютної ефективності інформаційної системи включає

в себе аналіз оперативної, технічної та економічної ефективності. При оцінюванні оперативної ефективності перевіряється, наскільки добре інформаційна система відповідає своїм цілям з точки зору користувача, який регулярно взаємодіє з системою. Чотирма показниками, що використовуються для оцінювання операційної ефективності, є частота використання, характер використання, простота використання та задоволеність користувачів. Якщо система часто використовується, вона, швидше за все, буде більш ефективною з точки зору кінцевого користувача. Подібним чином дуже складна система може мати різноманітні функції, панелі та можливості, але її можна використовувати лише для обмеженої кількості конкретних задач. В такому випадку менший характер використання кінцевим користувачем вказує на нижчу ефективність впровадженої інформаційної системи. Простота використання та задоволеність користувача після використання оцінюються з точки зору кінцевого користувача. Це дає додаткове уявлення про те, чи присутня втрата продуктивності, коли система є складною та з нею важко працювати з точки зору інтерфейсу користувача.

Під час вимірювання технічної ефективності увага головним чином фокусується на тому, щоб оцінити, чи має впроваджена інформаційна система відповідні апаратні технології та технології програмного забезпечення (ПЗ), які використовується для підтримки системи, а також формується висновок чи призведе зміна в технологіях до того, що система зможе краще досягати поставлених цілей. Продуктивність апаратного забезпечення можна виміряти за допомогою апаратних моніторів або більш грубих показників, таких як час відповіді системи чи час простою. Ефективність програмного забезпечення можна оцінити шляхом вивчення історії обслуговування програми, модифікацій та споживання ресурсів під час виконання. Масштабне виправлення помилок на частій основі передбачає наявність невідповідного дизайну, неякісного кодування чи тестування, невикористання структурованих підходів тощо. Однак необхідно розуміти,

що апаратне та програмне забезпечення не є незалежними ресурсами, і перевірка ефективності повинна враховувати можливі часткові збіги.

Економічна ефективність вимагає визначення і належної оцінки витрат і вигод. Іноді досягти цього важко, оскільки витрати та вигоди залежать від характеру інформаційної системи. Не всі витрати та вигоди можна відстежити безпосередньо в багатьох бізнес-функціях. Деякі переваги, очікувані та отримані від ІС, базуються на використанні у контексті. Наприклад, відеострімінгова система, порівняно з системою, розробленою для підтримки виробничої діяльності, матиме різні результати. Деякі з найбільш значних витрат і вигод можуть бути нематеріальними, їх важко ідентифікувати та майже неможливо оцінити. Отже, необхідна уважність та обережність при оцінюванні системи на основі цих критеріїв.

Якщо розглядати ефективність платформи потокового відео за вище перерахованими критеріями, то можна заключити, що відносне оцінювання буде спиратися на порівняння розроблюваної платформи з конкурентними системами в галузі з метою розуміння наскільки добре працює ця платформа у порівнянні з іншими. Для відеострімінгового сервісу цей підхід це може враховувати обсяг та різноманітність наявного контенту, покращений алгоритм рекомендацій, виміри якості та швидкості завантаження відео, число користувачів тощо. Даний метод оцінювання надає цінну інформацію про конкурентоспроможність платформи, її сильні сторони та області для вдосконалення.

Абсолютне оцінювання ж фокусується на внутрішніх характеристиках стрімінгової платформи та їхніх відповідностях до заздалегідь сформованих критеріїв та цілей. Цей підхід може враховувати відповідність сервісу потокового відео визначеним галузевим стандартам, її технічну надійність і її здатність забезпечити безперебійний перегляд відеоконтенту.

Як відносне, так і абсолютне оцінювання є важливими компонентами комплексної стратегії оцінювання для платформ потокового відео. Поєднання цих підходів дозволяє зацікавленим сторонам сформулювати

всебічний погляд на загальну ефективність платформи, сприяючи прийняттю обґрунтованих рішень і постійному вдосконаленню.

1.4 Постановка задачі

Об'єктом дослідження магістерської кваліфікаційної роботи є процес оцінювання ефективності інформаційних систем потокового передавання відеоконтенту у глобальній мережі Інтернет.

Предметом дослідження магістерської кваліфікаційної роботи є методи оцінювання ефективності інформаційних систем потокового передавання відеоконтенту.

Метою магістерської кваліфікаційної роботи є дослідження методів оцінювання ефективності інформаційної системи потокового передавання відеоконтенту.

Для досягнення мети роботи необхідно вирішити наступні задачі:

- дослідити процес оцінювання ефективності ІС стрімінгу відеоконтенту;
- проаналізувати існуючі методи оцінювання ефективності ІС стрімінгу відеоконтенту;
- порівняти існуючі методи оцінювання ефективності ІС стрімінгу відеоконтенту, визначити їхні переваги та недоліки;
- виконати експериментальну перевірку обраного методу оцінювання ефективності ІС стрімінгу відеоконтенту;
- зробити висновки щодо того, які методи є найбільш підходящими для оцінювання ефективності ІС стрімінгу відеоконтенту та яким чином різні фактори впливають на ефективність відеострімінгових систем.

Дослідження та вдосконалення оцінювання ефективності платформ потокового відео є корисним та важливим завданням, яке може призвести до

покращення послуг, що надають відеострімінгові платформи, і, таким чином, позитивно вплинути на розвиток цілої галузі.

З метою виконання поставленої задачі потрібно провести аналіз існуючих методів оцінювання ефективності ІС стрімінгу відеоконтенту, який буде наведено у наступному розділі.

2 АНАЛІЗ МЕТОДІВ ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВІДЕОСТРІМІНГОВИХ ПЛАТФОРМ

2.1 Критерії вибору методів оцінювання ефективності відеострімінгових платформ

Після проведеного у попередньому розділі аналізу видно, що стрімінгові сервіси мають велику кількість властивостей й особливостей, та належать до великої й складної галузі. При виборі методу для оцінювання ефективності платформи потокового відео необхідно ретельно проаналізувати різноманітні критерії. Це допоможе обрати придатний метод, який буде відповідати конкретним цілям оцінювання, доступним ресурсам та характеристикам системи, що оцінюється.

Ключові критерії, які важливо розглянути при виборі методу оцінювання ефективності відеострімінгової платформи:

- цілі оцінювання – метод оцінювання ефективності можна обирати в залежності від мети, яка стоїть перед цим оцінюванням. Методи будуть відрізнятися у відповідності до того, чи потрібно провести оцінювання економічної ефективності, технічної продуктивності, задоволеності користувачів, або ж сукупності декількох факторів;

- валідність та надійність – слід оцінити обґрунтованість та надійність результатів методів, між якими стоїть вибір. Варто надати перевагу тому методу оцінювання ефективності, який був перевірений та визнаний надійним у отриманні значущих та послідовних результатів;

- характеристики платформи – обраний метод оцінювання ефективності має враховувати конкретні аспекти та індивідуальні особливості платформи, що розглядається. Це може бути обсяг та різноманітність наявного контенту, впроваджені моделі монетизації, наявні технологічні інновації або ж інтерактивні функції;

- доступність якісних даних – необхідно обирати метод оцінювання

ефективності таким чином, щоб для його використання вистачало наявних даних про систему, що розглядається. Таким чином, оцінювання буде ґрунтуватися на релевантній та надійній інформації, а результати будуть добре відображати стан системи;

– складність методу – важливо зважати на складність методу оцінювання ефективності, так як деякі з них є доволі громіздкими та важкими у обчисленнях. Тому при виборі методу необхідно враховувати технічний досвід та ресурси, доступні для проведення оцінювання;

– вартість впровадження – перед вибором методу потрібно розглянути та проаналізувати вартість впровадження конкретного методу. Певні методи можуть бути більш витратними за інші, тому врахування цього критерію допоможе спланувати бюджет, необхідний для проведення оцінювання ефективності;

– обмеження ресурсів – при виборі методу оцінювання ефективності слід враховувати ліміти, такі як обмеження часу чи персоналу. Тож, обраний метод має відповідати наявним ресурсам, включаючи час для збору даних, аналізу та прийняття рішень;

– допустимий рівень суб'єктивності – в різних методах суб'єктивні висновки, такі як відгуки користувачів або судження експертів, відіграють різну роль у оцінюванні ефективності. Варто обирати метод, що буде відповідати бажаному балансу об'єктивності та суб'єктивності;

– пріоритети зацікавлених сторін – при виборі методу оцінювання ефективності потрібно зважати на вподобання та пріоритети зацікавлених сторін. Вони мають бути так само залучені до процесу прийняття рішень, і таким чином можна обрати метод, який буде відповідати їхнім очікуванням;

– інтерпретація та комунікація – варто також звертати увагу на те, наскільки легко можна інтерпретувати результати оцінювання ефективності, проведеного певним методом. Метод, що надає зацікавленим сторонам чіткі та зрозумілі результати, буде сприяти легкій комунікації та прийняттю

рішень;

– гнучкість у застосуванні для майбутніх потреб – важливим аспектом, який слід розглянути при виборі методу оцінювання ефективності, є можливість адаптації методу до проведення оцінювання у майбутньому. Метод має бути придатним до модифікацій або розширень, щоб відповідати змінам у платформі або мінливим потребам оцінювання.

Отже, при виборі методу оцінювання ефективності важливо враховувати конкретний контекст та вимоги до платформи потокового відео. Після ретельного аналізу критеріїв, перелічених вище, можна прийняти обґрунтоване рішення щодо найбільш відповідного методу оцінки ефективності відеострімінгової платформи. З метою розгляду різних точок зору та врахування досвіду, може бути корисним залучити до процесу прийняття рішень багатопрофільну команду.

Беручи до уваги різноманітні аспекти та комбінуючи різні методи, можна досягти більш об'єктивної та всебічної оцінки ефективності. Тим не менш, перед тим, як приступити до комплексної оцінки, за допомогою пілотування та тестування варто перевірити доцільність та актуальність методів у меншому масштабі.

2.2 Дослідження методів оцінювання ефективності відеострімінгових платформ

Оцінювання ефективності платформ потокового відео є критичним аспектом розуміння їхнього впливу на користувачів і медіапростір загалом. Для оцінювання продуктивності, задоволеності користувачів і загальної ефективності цих платформ використовуються різні методи, які дають змогу зрозуміти їхні сильні сторони та сфери, що потребують вдосконалення.

Одним з основних підходів до оцінювання відеострімінгових платформ є кількісні показники, які передбачають вивчення даних, пов'язаних із залученням користувачів, кількістю переглядів і показниками утримання глядачів. Аналіз кількості активних користувачів, частоти та тривалості їх взаємодії, а також географічного розподілу аудиторії дає цінну кількісну інформацію про охоплення та популярність платформи.

Показники активності користувачів відіграють важливу роль при оцінюванні здатності платформи залучати й утримувати аудиторію протягом тривалого часу. Кількісні дані про частоту та тривалість взаємодії користувачів допомагають виміряти загальний вплив платформи.

На основі даних про кількісні показники можна приймати рішення, які допоможуть поліпшити функціональність платформи, оптимізувати користувацький досвід та забезпечити безперебійне середовище потокового відеоконтенту для різноманітної глобальної аудиторії.

Оцінювання якості, з іншого боку, заглиблюється в суб'єктивні аспекти досвіду користувача. Відгуки користувачів, огляди та опитування можуть забезпечити якісне розуміння задоволеності користувачів, їхніх уподобань і проблем, з якими вони стикаються під час користування системою. Аналіз даних якості може сприяти більш цілісній оцінці, допомагаючи визначити конкретні особливості та аспекти платформи, які сприймаються користувачами позитивно або негативно.

Дизайн інтерфейсу користувача та загальна зручність використання є вирішальними елементами у визначенні ефективності платформи потокового відео. Проведення тестів на зручність використання (юзабіліті-тестів) та оцінювання взаємодії з користувачем допомагає виявити області, де інтерфейс може бути інтуїтивно зрозумілим або ж, навпаки, заплутаним. Аналіз того, наскільки легко користувачі орієнтуються платформою, знаходити контент і налаштовувати свій досвід перегляду, дає уявлення про загальну зручність платформи. Розуміючи суб'єктивне сприйняття платформи користувачами, дизайнери та розробники можуть приймати

обґрунтовані рішення щодо оптимізації користувацького інтерфейсу та підвищення загального рівня задоволеності глядачів.

Крім того, якісні показники можуть допомогти виявити, як користувачі сприймають унікальність платформи. Те, що відрізняє стрімінговий сервіс від інших в очах користувачів, не завжди можна охопити кількісними даними. Розуміння сприйняття користувачами ексклюзивного контенту, інноваційних функцій або впізнаваного інтерфейсу користувача сприяє кращому розумінню ефективності платформи в конкурентному середовищі.

Оцінювання відеострімінгових сервісів часто включає в себе оцінювання постачання контенту та технічної продуктивності. Такі показники, як швидкість буферизації відео, якість потокового передавання та час завантаження, дають уявлення про технічну надійність платформи [12].

Оцінювання якості постачання контенту передбачає перевірку бездоганності досвіду перегляду. Наприклад, дослідники можуть проводити поглиблені інтерв'ю з користувачами або фокус-групи, для вивчення їхнього сприйняття послідовності відтворення відео, буферизації відео, часу завантаження тощо. Якісні методи можуть використовуватися для виявлення випадків, коли користувачі стикаються з перебоями в потоковій передачі, отримуючи розуміння конкретних факторів, що сприяють виникненню таких проблем. Платформи, які можуть забезпечити стабільно високу якість потокового передавання з мінімальними перебоями, зазвичай сприймаються користувачами більш позитивно.

Ефективність алгоритмів рекомендацій контенту є ще одним важливим аспектом оцінювання платформи. Системи рекомендацій, які точно розуміють вподобання користувачів і пропонують релевантний контент платформи, сприяють підвищенню рівня залученості та задоволеності користувачів.

Якісний аналіз рекомендованого контенту починається з вивчення реакції користувачів на запропонований контент. Це включає в себе розуміння того, чи вважають користувачі рекомендовані відео актуальними,

цікавими та такими, що відповідають їхнім інтересам. Збір відгуків про точність рекомендацій дає цінну інформацію про здатність платформи сприяти персоналізованому перегляду, що, в свою чергу, підвищує залучення та лояльність користувачів.

Крім того, успішна система рекомендацій повинна не тільки підтримувати вибір користувачів, але й пропонувати їм новий і різноманітний контент, який відповідає їхнім загальним інтересам. Оцінювання точності та релевантності цих алгоритмів вимагає аналізу взаємодії користувачів із рекомендованим контентом і коригування рекомендацій на основі відгуків користувачів [13].

Аналіз настроїв у соціальних мережах все частіше використовується як метод вимірювання сприйняття стрімінгових платформ громадськістю. Відстежуючи обговорення, відгуки та згадки в соціальних мережах, можна в режимі реального часу зрозуміти, як користувачі обговорюють і діляться своїм досвідом на тій чи іншій платформі. Інструменти аналізу настроїв використовують алгоритми обробки природної мови, щоб класифікувати публікації в соціальних мережах як позитивні, негативні чи нейтральні, надаючи кількісну оцінку суспільних настроїв [14].

Аналіз настроїв у соціальних мережах є особливо цінним завдяки своїй миттєвості та оперативності. На відміну від традиційних опитувань або форм зворотного зв'язку, для збору та аналізу яких може знадобитися час, дослідження настроїв у соціальних мережах дає змогу отримати уявлення про громадську думку в режимі реального часу. Така гнучкість дозволяє платформам потокового відео оперативно вирішувати проблеми, що виникають, безпосередньо взаємодіяти з користувачами та демонструвати прагнення до постійного вдосконалення.

Якщо порівнювати всі вищеперераховані методи оцінювання ефективності стрімінгових платформ, то можна визначити, що кожен із них надає цінну інформацію. Задоволеність користувачів, як суб'єктивний показник, враховує нюанси, які не піддаються кількісній оцінці, наприклад

задоволеність контентом, зручність навігації та привабливість інтерфейсу платформи. Якісне оцінювання у технічній сфері часто зосереджується на сприйнятті користувачем таких показників, як якість відео, час завантаження та швидкість реагування платформи, пропонуючи погляд на технічну продуктивність з точки зору звичайного користувача. Рекомендації контенту мають вирішальне значення для розуміння суб'єктивного досвіду пошуку та персоналізації контенту. Аналіз настроїв у соціальних мережах фіксує зміни громадської думки та служить цінним якісним показником позиції платформи в очах її аудиторії.

Таким чином, оцінювання ефективності платформ для стрімінгу відеоконтенту охоплює різноманітні кількісні та якісні підходи. Поєднуючи показники, пов'язані із залученням користувачів, технічними характеристиками, зручністю використання та соціальними настроями, можна отримати повне розуміння впливу та ефективності платформи в цифровому середовищі.

2.3 Аналіз методів підвищення ефективності відеострімінгових платформ

Ефективність платформ потокового відео є критично важливим аспектом їхнього успіху, що впливає на задоволеність користувачів, постачання контенту та загальну конкурентоспроможність на ринку. Аналіз методів підвищення ефективності передбачає розгляд різних аспектів, починаючи від технічної оптимізації і закінчуючи функціями, орієнтованими на користувача. Для підвищення ефективності поточкових платформ можна застосувати кілька ключових стратегій, які буде розглянуто нижче.

Оптимізація постачання контенту є основним методом підвищення ефективності платформ потокового відео, охоплюючи низку стратегій, які

безпосередньо впливають на користувацький досвід та технічну продуктивність. В основі цього підходу лежить удосконалення процесу постачання відеоконтенту користувачам таким чином, щоб максимізувати швидкість, мінімізувати буферизацію та підвищити загальну доступність.

Одним із ключових аспектів оптимізації постачання контенту є інтеграція мереж постачання контенту (CDN). Ці мережі включають масив географічно розподілених серверів, стратегічно розташованих для зменшення затримки та прискорення постачання контенту. Завдяки децентралізації розповсюдження контенту мережі CDN зменшують фізичну відстань між користувачами та серверами, тим самим зменшуючи затримки та забезпечуючи більш плавну передачу [15].

Крім того, важливим елементом оптимізації постачання контенту є впровадження адаптивного потокового передавання даних. Ця технологія динамічно регулює якість відеопотоку залежно від підключення користувача до Інтернету, оптимізуючи відтворення для різних умов мережі. Завдяки плавному переходу між різними версіями контенту з бітрейтом, адаптивне потокове передавання мінімізує буферизацію та забезпечує безперервне відтворення навіть при коливаннях швидкості Інтернету.

Технічні оптимізації, такі як вдосконалені алгоритми стиснення відео, відіграють вирішальну роль у цій стратегії. Зменшуючи розмір відеофайлів без втрати якості, платформи можуть оптимізувати використання пропускну здатності. Це не тільки прискорює постачання контенту, але й сприяє більш ефективному використанню мережевих ресурсів, забезпечуючи користувачам високоякісне потокове передавання навіть в умовах обмеженої пропускну здатності [16].

По суті, фокус на оптимізації постачання контенту відображає прагнення забезпечити користувачам безперебійний та оперативний досвід потокового передавання. Цей метод визнає важливість подолання технічних перешкод, оптимізації процесу постачання та надання пріоритету задоволенню потреб користувачів. В епоху постійного зростання попиту на

високоякісний відеоконтент оптимізація постачання контенту має ключове значення для відеострімінгових платформ, які прагнуть досягти успіху в конкурентному та динамічному цифровому середовищі.

Покращення технічних характеристик є необхідним кроком у прагненні до підвищення ефективності платформ потокового відео. Цей аспект охоплює низку стратегій, спрямованих на вдосконалення серверної інфраструктури та оптимізацію механізмів, які полегшують постачання контенту кінцевим користувачам.

В основі цих удосконалень лежить стратегічне масштабування серверної інфраструктури – динамічний процес, призначений для адаптації до змінного навантаження користувачів. Розумно розподіляючи серверні ресурси, платформи можуть забезпечити безперебійне потокове передавання навіть у періоди пікового попиту [17]. Така масштабованість не тільки підвищує стійкість платформи, але й значно сприяє зменшенню затримок, що є вирішальним фактором для підтримки позитивного користувацького досвіду.

Крім того, завдяки впровадженню ефективних алгоритмів кодування, потокові платформи можуть передавати контент швидше, скорочуючи час завантаження та мінімізуючи переривання буферизації. Це не тільки приносить користь користувачам із різними умовами мережі, але й сприяє загальній ефективності пропускної здатності.

Паралельним напрямком підвищення технічної продуктивності є стратегічне впровадження адаптивного потокового передавання даних. Ця технологія динамічно підлаштовує якість відтворення відео відповідно до якості інтернет-з'єднання користувача, забезпечуючи оптимальний перегляд [18]. Оскільки користувачі стикаються з різними умовами мережі, адаптивне потокове передавання плавно переходить між різними рівнями якості, зменшуючи кількість переривань та підвищуючи загальну задоволеність.

Постійний розвиток поточкових протоколів є ще одним важливим елементом у цій сфері. Платформи використовують протоколи потокового

передавання з низькою затримкою, щоб зменшити час затримки між постачанням контенту та його відтворенням користувачем, що сприяє більш швидкому та інтерактивному досвіду. Це зменшення затримки особливо важливе для сценаріїв прямих трансляцій, де участь у режимі реального часу має першочергове значення.

Зрештою, підвищення технічної продуктивності є надважливим в процесі покращення ефективності потокової платформи. Поєднання масштабованих серверних архітектур, передових алгоритмів стиснення, технологій адаптивного потокового передавання та протоколів із низькою затримкою разом підвищує технічну надійність платформи. Це не тільки відповідає сучасним очікуванням користувачів, але й дозволяє платформі легко адаптуватися до мінливих умов споживання цифрового контенту. Оскільки потокові платформи продовжують розширювати межі технологічних інновацій, такі технічні вдосконалення продуктивності залишаються надважливими для забезпечення надійного та ефективного стрімінгу відеоконтенту для глобальної аудиторії.

Покращення взаємодії з користувачем також є однією з ключових стратегій для підвищення ефективності платформ потокового відео, оскільки воно безпосередньо впливає на задоволеність користувачів, їхнє залучення та загальне сприйняття надаваних послуг. Безперебійний та інтуїтивно зрозумілий користувацький досвід не лише утримує існуючих користувачів, але й приваблює нову аудиторію. Щоб досягти цього, платформам варто віддавати пріоритет кільком ключовим елементам у своєму дизайні та функціональності.

Головним у покращенні взаємодії з користувачем є розробка інтуїтивно зрозумілого інтерфейсу користувача. Платформам слід інвестувати у створення інтерфейсів, які є візуально привабливими, легкими для навігації та пропонують спрощений процес виявлення контенту. Добре продуманий інтерфейс користувача зменшує когнітивне навантаження на користувачів, дозволяючи їм легко знаходити та взаємодіяти з контентом без зайвих

складнощів.

Сумісність між пристроями є обов'язковою умовою в сучасній світі багатьох девайсів. Платформам потокового відео варто прагнути забезпечити доступність їхніх послуг і стабільну роботу на різних пристроях, включаючи смартфони, планшети, смарт-телевізори та комп'ютери. Ця гнучкість дозволяє користувачам безперешкодно переходити з одного пристрою на інший, сприяючи більш універсальному та зручному досвіду користування [19].

Зусилля, спрямовані на покращення сумісності між пристроями, охоплюють фокус на створенні адаптивних інтерфейсів користувача, які плавно пристосовуються до різних розмірів та роздільної здатності екранів. Така адаптивність гарантує, що користувачі стикаються з узгодженим і візуально привабливим макетом незалежно від пристрою, який вони використовують для доступу до стрімінгової платформи. Позбавляючи користувачів необхідності боротися з несумісними макетами або спотвореним контентом, сумісність між пристроями значно покращує загальний досвід користувача.

Оскільки користувачі переходять між пристроями, можливість продовжити перегляд відео з того місця, де вони зупинилися, підтримувати персоналізовані налаштування та синхронізувати свою історію переглядів стає надзвичайно важливим функціоналом.

Крім того, оскільки Інтернет речей (Internet of Things, IoT) продовжує розвиватися, сумісність між пристроями поширюється і на пристрої «розумного будинку». Платформи потокового відео, які інтегруються з пристроями Інтернету речей, пропонують користувачам по-справжньому інтегрований досвід [20].

Використання інструментів моніторингу в режимі реального часу дозволяє платформам швидко виявляти та вирішувати проблеми, забезпечуючи безперервну високоякісну трансляцію. Моніторинг якості обслуговування (Quality of service, QoS) забезпечує оптимальне надання

послуг завдяки використанню цілої низки засобів систематичного оцінювання та управління показниками продуктивності.

За своєю суттю QoS моніторинг охоплює відстеження та аналіз у реальному часі таких критичних параметрів, як пропускна здатність, затримка та втрата пакетів. Постійно відстежуючи ці фактори, відеострімінгові платформи можуть отримати уявлення про стан своєї мережевої інфраструктури, виявляючи потенційні вузькі місця або проблеми, які можуть поставити під загрозу якість потокового передавання [21].

Одним із ключових аспектів моніторингу якості обслуговування є його здатність швидко виявляти та усувати перевантаження мережі. Сильне перевантаження мережі може призвести до затримок буферизації та зниження якості відео. Завдяки постійному моніторингу мережевого трафіку поточкові платформи можуть активно оптимізувати свою серверну інфраструктуру, забезпечуючи її динамічне масштабування відповідно до різних рівнів попиту користувачів.

Крім того, QoS моніторинг допомагає виявити аномалії або порушення в процесі потокового передавання. Втрата пакетів або раптові коливання пропускної здатності можуть свідчити про потенційні проблеми, що дозволяє поточковим платформам негайно вжити заходів, для їх усунення. Цей проактивний підхід мінімізує перебої в роботі системи та сприяє її загальній надійності.

Заходи безпеки відіграють важливу роль у підвищенні ефективності платформ потокового відео, забезпечуючи не лише захист контенту, але й зміцнюючи довіру користувачів та дотримуючись стандартів галузі. З розвитком цифрового простору впровадження надійних заходів безпеки стає обов'язковим для подальшого успіху та підтримання репутації стрімінгових сервісів.

Одним із фундаментальних аспектів безпеки на платформах потокового відео є впровадження передових систем керування цифровими правами (Digital rights management, DRM). Технології DRM запобігають

несанкціонованому доступу та розповсюдженню контенту, захищеного авторським правом, шляхом його шифрування під час передачі та зберігання [22]. Це не тільки захищає інтереси творців і розповсюджувачів контенту, а й сприяє створенню безпечного та надійного середовища.

Шифрування використовується для захисту передачі відеоконтенту через Інтернет. Передові алгоритми шифрування гарантують конфіденційність і безпеку комунікації між користувачами та відеострімінговою платформою. Це особливо важливо для преміум-контенту, де збереження ексклюзивності матеріалу має першочергове значення.

Окрім захисту контенту, платформи потокового відео вживають заходів безпеки для захисту даних користувачів та їхньої конфіденційності. Безпечні процеси автентифікації користувачів, такі як двофакторна автентифікація, підвищують стійкість платформи до несанкціонованого доступу. Надаючи пріоритет конфіденційності користувачів, відеострімінгові платформи зміцнюють довіру аудиторії, заохочуючи їхню постійну залученість та лояльність.

Превентивні заходи безпеки включають в себе постійний моніторинг і виявлення загроз. Платформи можуть швидко виявляти та реагувати на інциденти безпеки за допомогою інструментів моніторингу в режимі реального часу та аналізу на основі штучного інтелекту. Така гнучкість має вирішальне значення для зменшення потенційних ризиків і забезпечення безперебійного обслуговування користувачів.

Співпраця з експертами з кібербезпеки та постійні інвестиції в інфраструктуру безпеки є невід'ємними компонентами комплексної стратегії безпеки. Регулярні перевірки безпеки, оцінювання вразливостей і тестування на проникнення сприяють виявленню й усуненню потенційних слабких місць, зміцнюючи загальну безпеку всієї платформи.

Дотримання галузевих стандартів і правил ще більше підвищує безпеку платформ потокового відео. Відповідність встановленим стандартам не лише захищає від потенційних юридичних наслідків, але й демонструє прагнення

до підтримки безпечного та етичного цифрового середовища. Проактивний і адаптивний підхід до безпеки гарантує, що платформи потокового відео залишатимуться стійкими, надійними та здатними забезпечувати безпечний і приємний користувацький досвід.

Підсумовуючи, підвищення ефективності відеострімінгових платформ є багатогранною сферою, яка вимагає комплексного підходу. Технічна оптимізація, функції, орієнтовані на користувача, і прагнення до постійного вдосконалення є ключовими елементами для забезпечення відповідності платформ потокового відео мінливим очікуванням користувачів і вимогам цифрового середовища.

3 МЕТОДИКА ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВІДЕОСТРІМІНГОВИХ ПЛАТФОРМ

3.1 Дослідження комбінованих методів, які можуть бути використані для оцінювання ефективності відеострімінгових платформ

Після проведеного аналізу кількісних та якісних методів оцінювання ефективності платформи потокового відео стало видно, що, з метою отримання повного розуміння відомостей про ефективність системи, потрібно проводити комплексне оцінювання, враховуючи декілька показників одночасно. Такий підхід дозволяє обрати певну кількість показників, важливих для зацікавлених сторін, та на їх основі обчислити значення ефективності, що буде враховувати декілька вимірів.

Існує багато різноманітних методів, які можна використати зокрема для комбінованого оцінювання ефективності стрімінгових платформ. Нижче буде розглянуто три основних методи.

Метод зваженого підсумкового індексу (Weighted Aggregate Index, WAI) є достатньо простим та прямолінійним. Для його використання визначаються важливі для оцінювання показники, кожному з них присвоюється вага, а після цього розраховується загальне складене число, що і буде позначати ефективність. Цей метод дозволяє керувати отриманою оцінкою в залежності від відносної важливості кожного критерію.

Першим кроком при застосуванні методу зваженого підсумкового індексу є вибір показників, за якими власне буде проводитися дослідження ефективності системи. Ці критерії представляють собою ключові аспекти продуктивності системи, які зацікавлені сторони хочуть оцінити. Для відеострімінгової платформи такими показниками можуть бути, наприклад, технічні характеристики, фінансова складова, якість контенту або користувацький досвід. Визначення критеріїв є надважливим етапом, адже це становить основу усього процесу оцінювання.

Для кожного з обраного критерію необхідно вказати показники вимірювання, які можна використовувати для оцінювання ефективності системи. Ці показники мають бути кількісно визначеними та відповідати зазначеним критеріям. Таким чином, цей крок є основоположним у перетворенні більш абстрактних показників, таких як якість користувацький досвід чи контенту, на кількісні метрики, з якими можна оперувати при розрахунках.

Далі необхідно суб'єктивно оцінити кожен з обраних показників відносно одне одного. Ця оцінка має базуватися на важливості та вкладі критеріїв у ефективність платформи, що розглядається. У відповідності до цього аналізу треба призначити ваговий коефіцієнт кожному показнику. Отже, за допомогою ваг показники будуть розставлені у відповідності до пріоритетів зацікавлених сторін.

При застосуванні методу WAI необов'язково, щоб усі ваги у сумі становили одиницю – якщо присутні вагомні причини залишати вагові коефіцієнти у початковому масштабі, то цілком прийнятно використовувати ненормалізовані ваги. Однак, у більшості випадків ваги таки нормалізують таким чином, щоб у сумі вони давали одиницю [23]. Таким чином, вони будуть знаходитися у відносних пропорціях щодо одне одного, а також це спрощує інтерпретацію та підтримує послідовність результатів.

На наступному етапі, який є вкрай важливим, слід виконати нормалізацію критеріїв. Це робиться для того, щоб вони стали узгодженими між собою, так як показники часто мають різні одиниці вимірювання. Нормалізація дозволяє чесно порівняти критерії між собою та отримати неупереджений результат.

Мета даного кроку полягає в тому, щоб узгодити всі показники метрик за єдиною шкалою, як правило, від 0 до 1. Однією з частих технік, якою користуються для нормалізації критеріїв, є мінімально-максимальне масштабування (min-max scaling) за формулою:

$$S_N = \frac{S_R - S_{min}}{S_{max} - S_{min}}, \quad (3.1)$$

де S_R – значення критерію до нормалізації;

S_{min} – мінімальне значення серед усіх критеріїв;

S_{max} – максимальне значення серед усіх критеріїв.

Коли нормалізується найменший за значенням критерій, чисельник буде дорівнювати 0, а отже і S_N дорівнюватиме 0. Коли нормалізується найбільший за значенням критерій, чисельник буде дорівнювати знаменнику, а отже і S_N дорівнюватиме 1. Якщо ж значення S_R знаходиться між мінімальним та максимальним, значення S_N буде потрапляти в діапазон між 0 та 1.

Після цього відбувається оцінювання кожного окремого критерію на основі контрольних показників. Для цього потрібно використовувати відповідну систему оцінювання або шкалу, яка відповідає конкретному показнику. Для кількісних показників це може бути числовий діапазон, де вище значення вказує на кращу продуктивність, а для якісних – набір описових категорій, як-от «погано», «середньо» та «відмінно». Наприклад, при оцінюванні якості контенту метрики можуть включати кількість наявного відеоматеріалу, різноманітність жанрів або свіжість бібліотеки. Потім кожен із цих показників незалежно оцінюється на основі встановлених критеріїв.

Подальший крок передбачає розрахунок зваженої оцінки кожного критерію, для чого окремі показники для кожного критерію комбінуються з урахуванням їх відносної важливості, визначеної призначеними ваговими коефіцієнтами. Щоб визначити зважену оцінку певного критерію необхідно помножити нормалізований показник на його ваговий коефіцієнт. За допомогою даної операції більша вага у кінцевому результаті буде надана показникам, які вважаються більш критичними та пріоритетними для оцінювання загальної ефективності системи.

Далі всі отримані зважені оцінки потрібно підсумувати між собою для

отримання агрегованого зваженого значення ефективності системи. Цей етап є вирішальним, адже на ньому індивідуальні показники об'єднуються у єдине числове значення, яке показує загальну ефективність платформи, що розглядається, на основі визначених критеріїв та їхньої відповідної ваги.

Інтерпретація результатів є доволі нескладним, але не менш відповідальним кроком. Він передбачає визначення сенсу цієї оцінки відносно цілей оцінювання, критеріїв і пріоритетів зацікавлених сторін. Діапазон для можливого результату залежить від нормалізації метрик та розподілення вагових коефіцієнтів, але якщо значення критеріїв були нормалізовані у певному проміжку (наприклад, від 0 до 1), то і отримане підсумкове значення буде знаходитися у цьому ж проміжку. Чим вищим є отримане підсумкове значення, тим вищим є ефективність оцінюваної системи; якщо ж значення є доволі низьким, то вона вказує на області, в яких система може бути неефективною та які можна покращити. Інтерпретація загального зваженого результату сприяє прийняттю стратегічних рішень щодо підвищення ефективності платформи, адже результати оцінювання можуть бути використані для визначення пріоритетів для покращення, розподілу ресурсів та впровадженню корисних ініціатив.

Отже, з усього вищеперерахованого впливає формула для обчислення загального зваженого значення:

$$S_W = \sum_{i=1}^n (S_{N_i} \cdot W_{N_i}), \quad (3.2)$$

де n – кількість показників;

S_{N_i} – нормалізоване значення i -го показника;

W_{N_i} – нормалізоване значення вагового коефіцієнту для i -го показника.

Підбиваючи підсумки, метод зваженого підсумкового індексу надає комплексне уявлення про ефективність платформи, допомагаючи зацікавленим сторонам робити обґрунтований вибір для постійного

вдосконалення та стійкого успіху в конкурентному середовищі платформ потокового відео.

Ще одним методом, що може бути використано для оцінювання ефективності інформаційних систем, а зокрема і платформ потокового відео, є аналіз середовища функціонування (Data Envelopment Analysis, DEA). Цей непараметричний метод використовується для оцінювання відносної ефективності блоків прийняття рішень (decision-making units, DMU), таких як організації, фірми або, як у випадку, що розглядається у роботі, платформи потокового відео. DEA особливо корисний, коли є кілька входів і виходів, і він надає спосіб порівняти продуктивність різних об'єктів.

Першим кроком у застосуванні методу аналізу середовища функціонування є визначення входів та виходів, у які обрані входи конвертуються. Ці дані становлять базис методу DEA, забезпечуючи кількісну основу для оцінювання ефективності та результативності платформи.

Вхідні дані представляють собою ресурси або фактори, які система споживає або задіє для роботи. Вони можуть охоплювати різноманітні аспекти, пов'язані з операціями, фінансами чи ресурсами. Прикладами вхідних даних в контексті відеострімінгової платформи можна назвати витрати на придбання ліцензій на показ контенту, витрати на обслуговування серверів, витрати на маркетинг та будь-які інші ресурси, інвестовані для забезпечення функціональності та зростання платформи. Вибір вхідних даних має вирішальне значення, оскільки вони відображають матеріальні та нематеріальні ресурси, необхідні для роботи платформи.

Вихідні дані, з іншого боку, представляють собою продукти або результати, створені системою. Ці результати є проявами роботи та операцій системи. Вихідні дані в контексті платформи потокового відео можуть включати такі показники, як кількість користувачів, що оформили підписку, рівень залучення користувачів, різноманітність контенту, отриманий дохід і рівень загального задоволення користувачів. Виходи – це досягнення або

внески платформи, які можна виміряти та які зацікавлені сторони вважають показником успіху.

Важливо ретельно визначити вхідні та вихідні дані, щоб переконатися, що вони точно відображають нюанси галузі потокового відео та відповідають конкретним цілям оцінювання. Релевантність та специфічність вибраних вхідних і вихідних даних значно впливають на можливість застосування й валідність методу DEA. Під час визначення цих факторів необхідно враховувати унікальність платформи, галузеві контрольні показники та очікування зацікавлених сторін.

Вхідні та вихідні дані мають піддаватися кількісній оцінці та вимірюванню, щоб полегшити застосування методу аналізу середовища функціонування. Показники, які піддаються кількісному вимірюванню, допомагають створити чітку та об'єктивну основу для порівняння, дозволяючи систематично оцінювати ефективність різних платформ.

Існує декілька різних поглядів на правила пристосування розміру вибірки до глибини проблеми оптимізації. У роботі Авкірана вказано, що розмір вибірки має бути більшим за добуток кількості входів та кількості виходів, або ж щонайменше втричі більшим за суму входів та виходів [24].

Наступним кроком є нормалізація визначених даних. Це потрібно для того, аби забезпечити можливість порівняння вхідних та вихідних даних між собою. Цей крок має вирішальне значення для стандартизації значень і створення загальної бази для порівняння. Методами нормалізації, які часто використовуються, є мінімально-максимальне масштабування, описане вище, нормалізація z-показника (z-score normalization) та нормалізація за середнім значенням.

Метою нормалізації за середнім значенням є перетворення вхідних та вихідних даних таким чином, щоб вони стали незалежними від одиниць вимірювання та мали однакову або подібну величину. Процес нормалізації за середнім значенням відбувається за два кроки.

Спочатку розраховується середнє значення для набору даних для

кожного входу та виходу – значення входів або виходів для кожного блоку прийняття рішень сумуються і отримана сума ділиться на кількість DMU.

$$V_{m_i} = \frac{\sum_{n=1}^N V_{ji}}{N}, \quad (3.3)$$

де V_{ji} – значення i -го входу або виходу для j -го DMU;

N – кількість DMU.

Після цього кожне значення входу чи виходу ділиться на середнє значення для стовпця відповідних входів або виходів, розраховане на попередньому кроці. У результаті отримуємо нормалізовані значення усіх показників. Отож, загальна формула для цього етапу:

$$V_n = \frac{V_{ji}}{V_{m_i}}, \quad (3.4)$$

де V_{ji} – значення i -го входу або виходу для j -го DMU;

V_{m_i} – нормалізоване значення i -го стовпця (входу або виходу).

Далі настає етап, основна мета якого полягає у формулюванні математичної моделі, що фіксує зв'язки між входами та результатами для кожної оцінюваної платформи. Модель DEA за своєю суттю базується на принципах лінійного програмування та прагне максимізувати оцінку ефективності для кожної системи. Показник ефективності, що позначається як ρ , представляє собою відносну ефективність платформи порівняно з іншими. Формулювання моделі включає в себе набір математичних рівнянь, які виражають обмеження та цілі задачі оптимізації [25].

Загальна структура моделі DEA може бути представлена таким чином – максимізувати ρ , задовольняючи обмеженням:

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n \lambda_j \cdot x_{ij} \leq \rho \cdot \sum_{l=1}^k \mu_l \cdot y_{il} \\ \sum_{l=1}^k \mu_l \cdot y_{il} = 1 \\ \lambda_j, \mu_l \geq 0 \end{cases}, \quad (3.5)$$

де m – кількість систем, що оцінюються;

n – кількість входів, визначених для кожної системи;

k – кількість виходів, визначених для кожної системи;

ρ – оцінка ефективності системи, що вказує на відносну ефективність певної системи, порівняно з іншими;

x_{ij} – j -й вхід для i -ї системи;

y_{il} – l -й вихід для i -ї системи;

λ_j – вага, призначена j -му входу;

μ_l – вага, призначена l -му виходу;

$i = 1, 2, \dots, m$;

$j = 1, 2, \dots, n$;

$l = 1, 2, \dots, k$.

У наведеній системі перше обмеження є основним і воно гарантує, що кожна система працює продуктивно, перетворюючи вхідні дані у вихідні з ефективністю, не вищою за ρ . Друге обмеження потрібне для перетворення проблеми з нелінійної на лінійну, забезпечуючи таку умову, що сума виходів системи помножених на ваги, призначених кожному виходу, дорівнюватиме одиниці. Завдяки цьому обмеженню модель максимізує значення ефективності. Третє обмеження є обмеженням невід'ємності, яке забезпечує умову, за якої вагові коефіцієнти не можуть бути менше нуля.

Наступним кроком є власне розв'язання сформульованої моделі DEA. На цьому етапі використовуються методи математичної оптимізації, щоб знайти оптимальні ваги для кожного входу кожного DMU, тобто, у даному випадку, платформ потокового відео. Мета полягає в тому, щоб максимізувати оцінку ефективності, яка вказує на те, наскільки ефективно блок прийняття рішень використовує свої вхідні дані для отримання результатів порівняно з

іншими системами, що аналізуються.

Модель DEA зазвичай вирішується як задача лінійного програмування, і застосовуються різні алгоритми оптимізації, щоб знайти вагові коефіцієнти, які дають максимальну оцінку ефективності. Процес оптимізації спрямований на визначення комбінації ваг, яка дозволяє DMU досягти найвищого можливого показника ефективності, дотримуючись визначених обмежень.

Після успішного завершення процесу оптимізації, рішення включає в себе оптимальні вагові коефіцієнти для кожного входу кожного конкретного блоку прийняття рішень, що розглядається. Ці ваги та розраховане значення ефективності разом надають розуміння відносної продуктивності DMU у порівнянні з іншими проаналізованими системами. Вище значення ефективності зазначає більш ефективне використання вхідних даних для продукування вихідних; нижче значення, у свою чергу, вказує на потенційні неефективні сторони системи. Якщо у результаті розрахунків $\rho = 1$, то платформа вважається повністю ефективною, тобто вона працює на оптимальному рівні, враховуючи задані входи та виходи. Якщо $\rho < 1$, це значить, що платформа не є ефективною, а значення ефективності вказує на частку потенційного покращення.

Етап розв'язання моделі DEA потребує інтенсивних обчислень, але є важливим для отримання значущих показників. Результати, отримані на цьому кроці, служать основою для порівняльного аналізу, визначення найкращих практик і прийняття обґрунтованих рішень для підвищення загальної ефективності та результативності системи.

Після цього відбувається порівняльний аналіз отриманих показників ефективності для кожної платформи. На основі результатів визначаються сфери покращення для неефективних платформ. Результати можуть використовуватися для оптимізації розподілу ресурсів, покращення операційних процесів і покращення загальної ефективності.

Отже, DEA надає цінний інструмент для зацікавлених осіб, надаючи

кількісні оцінки та можливість порівняння ефективності різних платформ. Цей метод пропонує уявлення про те, наскільки ефективно кожна платформа використовує свої ресурси, що дозволяє приймати рішення на основі цих даних і постійно вдосконалювати систему.

Третім методом, що може бути використано для оцінювання ефективності відеострімінгових платформ є метод аналізу ієрархій (Analytic Hierarchy Process, АНР). АНР є методом прийняття рішень, який широко використовується для вирішення складних проблем, що включають багато критеріїв. Метод аналізу ієрархій структурує проблему прийняття рішення в ієрархічну модель і використовує попарні порівняння для визначення відносної важливості критеріїв і альтернатив.

При застосування методу АНР для початку проблема визначається як ієрархічна структура. Ієрархія зазвичай складається з трьох рівнів: загальної мети, альтернатив, що потрібні для досягнення мети, та критеріїв, які пов'язують альтернативи з метою. Ця ієрархічна структура представляє проблему у вигляді низки організованих рівнів, що дозволяє застосовувати систематичний і структурований підхід до прийняття рішень.

Для прикладу з відеострімінговими сервісами ієрархія може виглядати наступним чином:

- мета: визначення ефективності платформи потокового відео;
- критерії: фактори, що впливають на ефективність (наприклад, якість контенту, користувацький досвід, моделі підписки тощо);
- альтернативи: розглядається декілька платформ потокового відео.

Далі для кожного рівня ієрархії проводяться попарні порівняння «кожний-з-кожним» з метою визначення відносної важливості елементів. Ці порівняння відбуваються за спеціальною шкалою від 1 до 9, де 1 позначає відсутність переваги, а 9 – екстремальну перевагу. Таким чином оцінюється рівень переваги альтернативи A_i над A_j .

Скажімо, що при порівнянні альтернативи A_i з A_j перевагу було оцінено

як $a_{i,j}$. Тоді під час зворотного порівняння A_j з A_i перевагу буде оцінено обернено – $a_{j,i} = \frac{1}{a_{i,j}}$. При порівнянні альтернативи із самою собою перевага дорівнюватиме одиниці.

Результат попарних порівнянь альтернатив подається у вигляді матриці виду:

$$\begin{bmatrix} a_{1,1} & \dots & a_{1,n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n,1} & \dots & a_{n,n} \end{bmatrix}, \quad (3.6)$$

де $a_{i,j}$ – перевага альтернативи A_i у порівнянні з A_j ;

n – кількість альтернатив.

На головній діагоналі такої матриці будуть знаходитися одиниці.

Наступним кроком розраховуються вагові коефіцієнти пріоритетів для кожного елементу ієрархії. Для кожної окремої матриці порівнянь вага пріоритету знаходиться як власний вектор цієї матриці.

Обчислення значень власного вектора залежить від властивостей матриці порівнянь та здійснюється за формулою:

$$W_i = \frac{\sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{i,j}}}{\sum_{i=1}^n \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{i,j}}}, \quad (3.7)$$

де $a_{i,j}$ – перевага альтернативи A_i у порівнянні з A_j ;

n – кількість альтернатив.

Після цього необхідно провести перевірку узгодженості матриць порівнянь. Це потрібно через те, що на практиці внаслідок неправильних оцінок переваг матриця може стати неузгодженою. Щоправда, це не стосується матриць розміром менше ніж 3×3 – вони завжди є узгодженими.

Отже, з метою перевірки узгодженості матриці порівнянь на основі

значень цієї матриці та значень її власного вектору будується матриця E розміром $n \times n$. Елементи матриці E розраховуються наступним чином:

$$e_{i,j} = a_{i,j} \frac{W_j}{W_i}, \quad (3.8)$$

де $a_{i,j}$ – елемент матриці порівнянь, що відповідає поточному елементу $e_{i,j}$ матриці E ;

W_j – значення власного вектору, що за номером відповідає номеру стовпця поточного елементу $e_{i,j}$ матриці E ;

W_i – значення власного вектору, що за номером відповідає номеру рядка поточного елементу $e_{i,j}$ матриці E ;

$$i, j = 1, 2, \dots, n.$$

Серед суми усіх елементів матриці E по кожному рядку обирається максимальне значення λ_{max} . Якщо $\lambda_{max} = n$, це означає, що матриця попарних порівнянь є повністю узгодженою; у протилежному випадку $\lambda_{max} > n$. Після цього обраховується індекс узгодженості за формулою:

$$\mu = \frac{|\lambda_{max} - n|}{n - 1}, \quad (3.9)$$

де λ_{max} – максимальне значення серед суми усіх елементів матриці E по кожному рядку;

n – кількість альтернатив.

Далі з відповідної таблиці обирається табличне значення індексу узгодженості μ_T згідно розміру матриці. Відношення обчисленого індексу узгодженості до табличного індексу дозволяє вирахувати відношення узгодженості. У випадку, коли відношення $\mu/\mu_T < 0.1$, вважається, що матриця порівнянь є узгодженою; інакше слід переглянути визначені переваги [26].

Останнім кроком розраховуються пріоритети альтернатив, для чого для кожного k -го критерію формується матриця попарного порівняння альтернатив. З цих матриць обчислюється K векторів ваг виду:

$$W^{(k)} = \begin{bmatrix} W_1^{(k)} \\ \dots \\ W_n^{(k)} \end{bmatrix}, \quad (3.10)$$

де k – k -й критерій;

n – кількість альтернатив.

З векторів $W^{(k)}$ утворюється матриця наступного виду:

$$\begin{bmatrix} W_1^{(1)} & \dots & W_1^{(k)} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ W_n^{(1)} & \dots & W_n^{(k)} \end{bmatrix}, \quad (3.11)$$

де кожен рядок містить значення для однієї альтернативи.

Матриця (3.11) перемножується з вектором ваг критеріїв:

$$\begin{bmatrix} W_1^{(1)} & \dots & W_1^{(k)} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ W_n^{(1)} & \dots & W_n^{(k)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} W^{(1)} \\ \dots \\ W^{(k)} \end{bmatrix}. \quad (3.12)$$

У результаті отримуємо вектор пріоритетів альтернатив, де найбільшу перевагу матиме альтернатива з найбільшим пріоритетом.

Таким чином, метод аналізу ієрархій забезпечує систематичний і структурований підхід для оцінювання та визначення пріоритетності різних критеріїв під час оцінювання ефективності платформ потокового відео. Метод АНР об'єднує якісні оцінки в кількісну структуру, забезпечуючи більш обґрунтований і послідовний процес прийняття рішень.

Кожен із розглянутих методів має свої переваги та недоліки, тому вибір

методу для оцінювання ефективності платформ потокового відео залежить від конкретних цілей, наявності даних для аналізу та властивостей системи.

Перевагами методу WAI є:

- простота – метод зваженого підсумкового індексу є відносно легким для розуміння, а тому є доступним для застосування широкою аудиторією;
- гнучкість – даний метод дозволяє враховувати різні показники та вагові коефіцієнти, беручи до уваги пріоритети зацікавлених сторін.

Недоліками методу WAI є:

- суб'єктивність – розподіл ваг серед показників є суб'єктивним і може викликати упередження;
- припущення про лінійні зв'язки – метод WAI передбачає лінійні зв'язки між входами та виходами, які можуть не охоплювати складні взаємодії.

Переваги методу DEA:

- одночасне оцінювання – цей метод здатен надати комплексну оцінку ефективності, так як він дозволяє одночасно оцінювати кілька вхідних та вихідних даних;
- відносна ефективність – DEA вимірює відносну ефективність, що дозволяє порівнювати платформи між собою. Також, завдяки визначенню найефективніших систем, метод пропонує розуміння найкращих практик, що позитивно впливають на ефективність;
- непараметричний підхід – завдяки тому, що метод аналізу середовища функціонування є непараметричним, він підходить для випадків, коли функціональні форми зв'язків невідомі або їх важко визначити. DEA дозволяє оцінити ефективність систем без обмежень конкретними моделями чи параметрами та не вимагає попереднього визначення розподілів чи функціональних форм.

Недоліки методу DEA:

- чутливість до викидів значень – даний метод є чутливим до викидів у

даних, тому екстремальні дані можуть суттєво впливати на метрики ефективності;

- застосування для однорідних блоків прийняття рішень – передбачається, що блоки прийняття рішень (платформи) мають схожу технологію та працюють у схожих умовах.

Серед переваг методу АНР можна назвати:

- структурна декомпозиція – даний метод представляє складну проблему у вигляді ієрархічної структури, що полегшує розуміння цієї проблеми;

- розгляд попарних порівнянь – метод АНР дозволяє проводити попарні порівняння, що сприяє більш детальному розгляду критеріїв і альтернатив;

- аналіз чутливості – метод аналізу ієрархій забезпечує проведення перевірок узгодженості, що дозволяє оцінити надійність результатів.

Серед недоліків методу АНР можна назвати:

- суб'єктивність – цей метод покладається на суб'єктивні судження для попарних порівнянь і непослідовність у судженнях може вплинути на результати;

- складність – метод АНР може приймати складний вигляд, особливо у випадках, коли присутня велика кількість критеріїв та альтернатив.

Виходячи з аналізу переваг та недоліків кожного розглянутого методу було прийнято рішення застосувати метод DEA для оцінювання ефективності відеострімінгових платформ. Даний метод ставить акцент на вимірюванні ефективності та порівняльному аналізі систем, що розглядаються. Для галузі потокового відео оптимізація використання ресурсів має вирішальне значення, тому метод аналізу середовища функціонування може запропонувати цінну інформацію для зацікавлених осіб, завдяки своїй здатності кількісно оцінювати відносну ефективність та визначати найефективніші платформи.

Більш того, метод DEA є придатним для складного характеру оцінювання платформ потокового відео з різними показниками продуктивності, а тому добре підходить для сценаріїв, коли проблема прийняття рішення включає кілька входів і виходів. Не дивлячись на виокремленні недоліки, які має цей метод, ретельний аналіз під час вибору вхідних і вихідних даних, а також вилучення екстремальних значень, коли це необхідно, може усунути ці проблеми.

Таким чином, вибір DEA для оцінки платформ потокового відео обґрунтовується його фокусом на вимірюванні ефективності, можливостях порівняльного аналізу та гнучкості в обробці різноманітних взаємозв'язків входів та виходів.

3.2 Практичне застосування методу оцінювання ефективності відеострімінгових платформ

З метою наведення практичного застосування методу DEA для оцінювання ефективності відеострімінгових систем візьмемо за приклад декілька платформ потокового відео.

Для початку визначимо вхідні та вихідні дані, які будуть становити основу при оцінюванні ефективності платформ. Будемо розглядати системи з двома входами, які конвертуються у два виходи. У якості вхідних даних виступатимуть витрати на маркетинг та вартість придбання контенту, а у якості вихідних даних – кількість користувачів, що оформили підписку, та розмір бібліотеки контенту.

У якості практичної демонстрації роботи методу візьмемо мінімальний розмір вибірки – рівний добутку кількості входів та кількості виходів, а отже чотири відеострімінгові системи. У таблиці 3.1 наведено початкові вхідні та вихідні дані для чотирьох DMU – платформи А, платформи В, платформи С

та платформи D; стовпці «Вхід 1» та «Вхід 2» позначають витрати на маркетинг (грн.) та вартість придбання контенту (грн.) відповідно, а стовпці «Вихід 1» та «Вихід 2» позначають кількість підписаних користувачів (люд.) та розмір бібліотеки контенту (шт.) відповідно.

Таблиця 3.1 – Початкові вхідні та вихідні дані

DMU	Вхід 1	Вхід 2	Вихід 1	Вихід 2
Платформа А	800000	1500000	3500000	8000
Платформа В	1200000	2000000	4000000	10000
Платформа С	1000000	2200000	2500000	9000
Платформа D	1500000	1800000	6000000	12000

Так як маємо дані різних одиниць вимірювання та різних величин, маємо провести нормалізацію значень. Використаємо метод нормалізації за середнім значенням.

Для початку розрахуємо середнє значення для кожного входу та виходу. Просумувавши значення у кожному стовпці та поділивши кожену суму на кількість DMU отримаємо: середнє значення для входу 1 дорівнює 1125000, для входу 2 – 1875000, для виходу 1 – 4000000, для виходу 2 – 9750.

Послідовно поділивши кожне значення з таблиці 3.1 на середнє значення для відповідного входу або виходу отримаємо нормалізовані значення, що наведено у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Нормалізовані вхідні та вихідні дані

DMU	Вхід 1	Вхід 2	Вихід 1	Вихід 2
Платформа А	0.711	0.800	0.875	0.821
Платформа В	1.067	1.067	1.000	1.026
Платформа С	0.889	1.173	0.625	0.923
Платформа D	1.333	0.960	1.500	1.231

Застосуємо формулу (3.5) для формулювання математичної моделі для платформи А:

$$\begin{cases} \lambda_1 \cdot x_{A1} + \lambda_2 \cdot x_{A2} \leq \rho \cdot (\mu_1 \cdot y_{A1} + \mu_2 \cdot y_{A2}) \\ \mu_1 \cdot y_{A1} + \mu_2 \cdot y_{A2} = 1 \\ \lambda_1, \lambda_2, \mu_1, \mu_2 \geq 0 \end{cases}, \quad (3.13)$$

Підставимо значення нормалізованих вхідних та вихідних даних з таблиці 3.2:

$$\begin{cases} \lambda_1 \cdot 0.711 + \lambda_2 \cdot 0.800 \leq \rho \cdot (\mu_1 \cdot 0.875 + \mu_2 \cdot 0.821) \\ \mu_1 \cdot 0.875 + \mu_2 \cdot 0.821 = 1 \\ \lambda_1, \lambda_2, \mu_1, \mu_2 \geq 0 \end{cases}, \quad (3.14)$$

Математичні моделі для платформ В, С та D матимуть аналогічний вигляд моделі (3.14) після підстановки відповідних для них значень.

Тепер проблема готова для вирішення. Необхідно максимізувати значення ефективності ρ , враховуючи обмеження, визначені для кожної платформи. Так як вирішення наведеної задачі лінійного програмування вимагає складних обчислень, ми не будемо наводити їх у роботі. Нижче буде подано результати обчислень.

Значення ефективності для кожної з платформ наведено у таблиці 3.3 разом з його лінгвістичною категорією.

Таблиця 3.3 – Висновок про ефективність оцінюваних платформ

DMU	Значення ефективності	Лінгвістична категорія
Платформа А	1	Ефективна
Платформа В	0.888	Неефективна
Платформа С	0.899	Неефективна
Платформа D	1	Ефективна

DMU вважається ефективним, якщо він працює на межі ефективності, тобто він не може покращити один вихід, не погіршивши при цьому значення іншого, або зменшити один вхід, не зменшивши його виходи.

При вирішенні задачі було визначено однорангові блоки (peers) для неефективних систем, що показано у таблиці 3.4. Під одноранговими блоками розуміють інші DMU, які є аналогами для неефективного блоку та представляють реальні показники, на яких можна вчитися.

Таблиця 3.4 – Визначені однорангові блоки

DMU	Одноранговий блок 1	Одноранговий блок 2
Платформа А	Платформа А	–
Платформа В	Платформа А	Платформа D
Платформа С	Платформа А	–
Платформа D	Платформа D	–

Під час вирішення моделі DEA одноранговим блокам призначаються сирі (raw) вагові коефіцієнти, які називаються лямбда-значеннями. Лямбда представляє собою відносну важливість однорангового блоку, а для систем, які не мають однорангових блоків, лямбда дорівнюватиме нулю. У таблиці 3.5 наведено лямбда-значення для платформ, що оцінюються.

Таблиця 3.5 – Визначені лямбда-значення

DMU	Платформа А	Платформа В	Платформа С	Платформа D
Платформа А	1	0	0	0
Платформа В	1.037	0	0	0.247
Платформа С	1.25	0	0	0
Платформа D	0	0	0	1

У ході вирішення заданої проблеми було визначено такі вагові

коефіцієнти для входів та виходів кожної платформи, що вони максимізують значення ефективності ρ для кожного блоку прийняття рішень. Більша вага означає більшу важливість певного входу або виходу при розрахунку ефективності. Нульова вага означає, що відповідний вхід чи вихід не враховується в оцінці ефективності для цього конкретного DMU. Ваги для вхідних та вихідних даних наведено у таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Визначені вагові коефіцієнти

DMU	Вхід 1	Вхід 2	Вихід 1	Вихід 2
Платформа А	1.406	0	0	1.218
Платформа В	0.499	0.556	0	0.975
Платформа С	1.251	0	0	1.083
Платформа D	0.625	0.173	0.667	0

Деякі блоки прийняття рішень можуть не повністю використовувати свої ресурси. Якщо для DMU існують зовсім невикористані або неповністю використані входи чи потенціал для підвищення виходів, в DEA такі дані називаються «провисання» (slacks). Провисання позначають величину, на яку система може підвищити використання вхідних ресурсів або покращити виробництво вихідних, не стаючи при цьому менш ефективною. Значення провисань для платформ, що оцінюються, наведено у таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Визначені значення провисань

DMU	Вхід 1	Вхід 2	Вихід 1	Вихід 2
Платформа А	0	0	0	0
Платформа В	0	0	0.152	0
Платформа С	0	0.173	0.399	0
Платформа D	0	0	0	0

Наостанок, було визначено цільові значення для вхідних і вихідних даних, за яких буде покращено ефективність оцінюваних платформ, що показано у таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 – Визначені цільові значення входів та виходів

DMU	Вхід 1	Вхід 2	Вихід 1	Вихід 2
Платформа А	0.711 → 0.711	0.8 → 0.8	0.875 → 0.875	0.821 → 0.821
Платформа В	1.067 → 1.067	1.067 → 1.067	1 → 1.278	1.026 → 1.156
Платформа С	0.889 → 0.889	1.173 → 1	0.625 → 1.094	0.923 → 1.027
Платформа D	1.333 → 1.333	0.96 → 0.96	1.5 → 1.5	1.231 → 1.231

Провівши зворотну до обчислення нормалізованих значень операцію, а саме помноживши цільові значення входів та виходів на середнє значення по кожному стовпцю, отримаємо величини вхідних та вихідних даних для неефективних платформ, до яких варто прагнути з метою покращення продуктивності. Ці значення надано у таблиці 3.9.

Таблиця 3.8 – Визначені цільові значення входів та виходів

DMU	Вхід 1	Вхід 2	Вихід 1	Вихід 2
Платформа А	800000	1500000	3500000	8000
Платформа В	1200000	2000000	5112000	11271
Платформа С	1000000	1875000	4376000	10013.25
Платформа D	1500000	1800000	6000000	12000

При порівнянні таблиць 3.1 та 3.9 видно, що платформа В при тих же витратах здатна збільшити кількість користувачів, що оформили підписку, з 4 млн. до 5.112 млн., а розмір бібліотеки контенту – з 10 тис. до 11,271 тис. Платформа С, у свою чергу, може підвищити значення виходів, зменшивши при цьому значення одного з входів. Витрати на придбання контенту

можливо зменшити з 2,2 млн. грн. до 1,875 млн. грн., збільшивши кількість підписаних користувачів з 2,5 млн. до 4,376 млн., а розмір бібліотеки контенту – з 9 тис. до 10 тис.

Підсумовуючи, наведений приклад практичного застосування методу аналізу середовища функціонування довів свою цінність як методу оцінювання ефективності систем, і в тому числі платформ потокового відео. Враховуючи як вхідні, так і вихідні дані, метод DEA забезпечує основу для всебічного аналізу та визначення областей, в яких блоки прийняття рішень може бути удосконалено. Результат застосування даного методу надав не тільки інформацію про відносну ефективність кожної відеострімінгової платформи, але й показав потенційні провисання входів та виходів, зазначивши таким чином як можна більш продуктивно використовувати ресурси або де виробництво можна збільшити без втрати ефективності. Таким чином, було показано, що DEA є потужним інструментом для зацікавлених осіб, пропонуючи корисну інформацію для підвищення загальної продуктивності системи та задоволення користувачів.

4 ПРАКТИЧНЕ ВИКОРИСТАННЯ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

4.1 Програмна реалізація інформаційної системи з модулем оцінювання ефективності систем стрімінгу відеоконтенту

Інформаційна система, що розроблюється, має складатися з трьох важливих частин:

- клієнтського застосунку, що є візуальним інтерфейсом системи, з яким безпосередньо взаємодіє користувач;
- бази даних, що забезпечує зберігання даних у системі;
- серверного застосунку, що відповідає за основний функціонал платформи, виконуючи обробку даних, та є зв'язуючою ланкою між клієнтським застосунком та базою даних.

Задля програмної реалізації інформаційної системи було обрано мову програмування JavaScript. Дана мова є однією з найпопулярніших для розробки компонентів ІС. JavaScript може використовуватися як на стороні клієнта, так і на стороні сервера, що робить її дуже універсальною у використанні, а проєкт – легшим у розробці та супроводженні. Також ця мова програмування підтримує обробку асинхронних запитів, завдяки чому можлива ефективна обробка одночасних задач, що є великою перевагою для системи з модулем оцінювання ефективності систем стрімінгу відеоконтенту. JavaScript забезпечує полегшену розробку крос-платформних клієнтських частин, тобто таких, що працюють у різних операційних системах та браузерах, так як вона є стандартною загальноживаною мовою для створення веб-застосунків. Більш того, існує велика кількість інструментів для тестування як клієнтської, так і серверної частини, написаних мовою JavaScript, що спрощує розробку стабільних та надійних систем.

Для розробки серверного застосунку було використано платформу Node.js на базі мови JavaScript, а саме бекенд фреймворк Express.js, що дозволяє створювати RESTful API. Express.js вважається стандартним

серверним фреймворком для Node.js.

З метою полегшення розробки та подальшої підтримки проекту було використано набір інструментів Swagger, що забезпечує створення якісної та детальної документації API.

Для розробки клієнтського застосунку було обрано фронтенд JavaScript бібліотеку React, яка надає можливість побудови користувацьких інтерфейсів на основі компонентного підходу. Це дозволяє розбивати загальний інтерфейс на невеликі компоненти, які можна перевикористовувати та компонувати між собою, що полегшує розробку, тестування та підтримку коду.

Для реалізації бази даних, де буде зберігатися інформація системи, було використано реляційну систему управління базами даних (СУБД) MySQL. Ця СУБД може ефективно обробляти великі обсяги інформації та забезпечувати швидкий доступ до даних, що є важливим для системи з модулем оцінювання ефективності систем стрімінгу відеоконтенту. Більш того, MySQL, як і мова JavaScript, підтримує крос-платформність і це робить її підходящою для розроблюваної системи. Також дана СУБД може розширюватися та масштабуватися, якщо у майбутньому виникне потреба у збільшенні обсягу даних.

У якості інтегрованого середовища розробки (Integrated development environment, IDE) було обрано Visual Studio Code (VS Code), що є редактором коду, оптимізованим для побудови сучасних веб-застосунків. Це IDE надає багато властивостей для зручної розробки, наприклад підсвічування синтаксису, інтелектуальне завершення коду, рефакторинг коду, підтримку налагодження (debugging) коду тощо. VS Code має широку бібліотеку плагінів, завдяки яким можна налаштувати середовище під себе, додавши корисні та зручні інструменти для роботи з кодом.

Для відстеження змін у коді було застосовано систему контролю версій Git, а для зручної роботи з Git було обрано платформу GitHub.

4.2 Практична реалізація інформаційної системи з модулем оцінювання ефективності систем стрімінгу відеоконтенту

Інформаційна система, що реалізується, має забезпечувати зручну та інтуїтивну взаємодію користувача з таким наданим функціоналом:

- реєстрація користувача у системі (за відсутності облікового запису);
- авторизація та автентифікація користувача у системі (за присутності облікового запису);
- відображення головної сторінки сайту з тематично згрупованим контентом;
- відображення загального списку фільмів, наявних на поточний момент на сайті;
- відображення загального списку серіалів, наявних на поточний момент на сайті;
- відображення окремої сторінки, що містить детальну інформацію про певну одиницю відеоконтенту;
- відображення вікна порівняння відеострімінгових платформ за кількома критеріями;
- додавання одиниці відеоконтенту до окремого індивідуального створеного користувачем списку;
- додавання одиниці відеоконтенту до окремого індивідуального списку вподобаного;
- відображення індивідуальних створених користувачем списків;
- відображення індивідуального списку вподобаних користувачем одиниць відеоконтенту;
- відображення сторінки профілю користувача з можливістю редагування особистих даних;
- відображення загальної та помісячної статистики перегляду

користувача;

- вихід авторизованого користувача з системи.

За допомогою описаних у підрозділі 4.1 технологій та інструментів, та у відповідності до вимог до функціоналу, висунутих вище, було розроблено інформаційну систему з модулем оцінювання ефективності систем стрімінгу відеоконтенту.

Вперше при роботі з системою необхідно виконати реєстрацію особистого облікового запису, що показано на рисунку 4.1. Новому користувачу потрібно заповнити всі поля, а саме надати ім'я користувача (юзернейм), обрати свою дату народження, також надати адресу електронної пошти та придумати пароль. Зі сторінки реєстрації можливо переключитися на сторінку входу до системи, якщо користувач вже має обліковий запис.

Рисунок 4.1 – Сторінка реєстрації нового користувача

У випадку, коли користувач вже має створений профіль у системі, йому потрібно пройти процес авторизації, що показано на рисунку 4.2. Для цього

достатньо надати адресу електронної пошти та пароль, які було введено під час реєстрації. Зі сторінки входу до системи можливо переключитися на сторінку реєстрації, якщо користувач бажає створити новий обліковий запис.

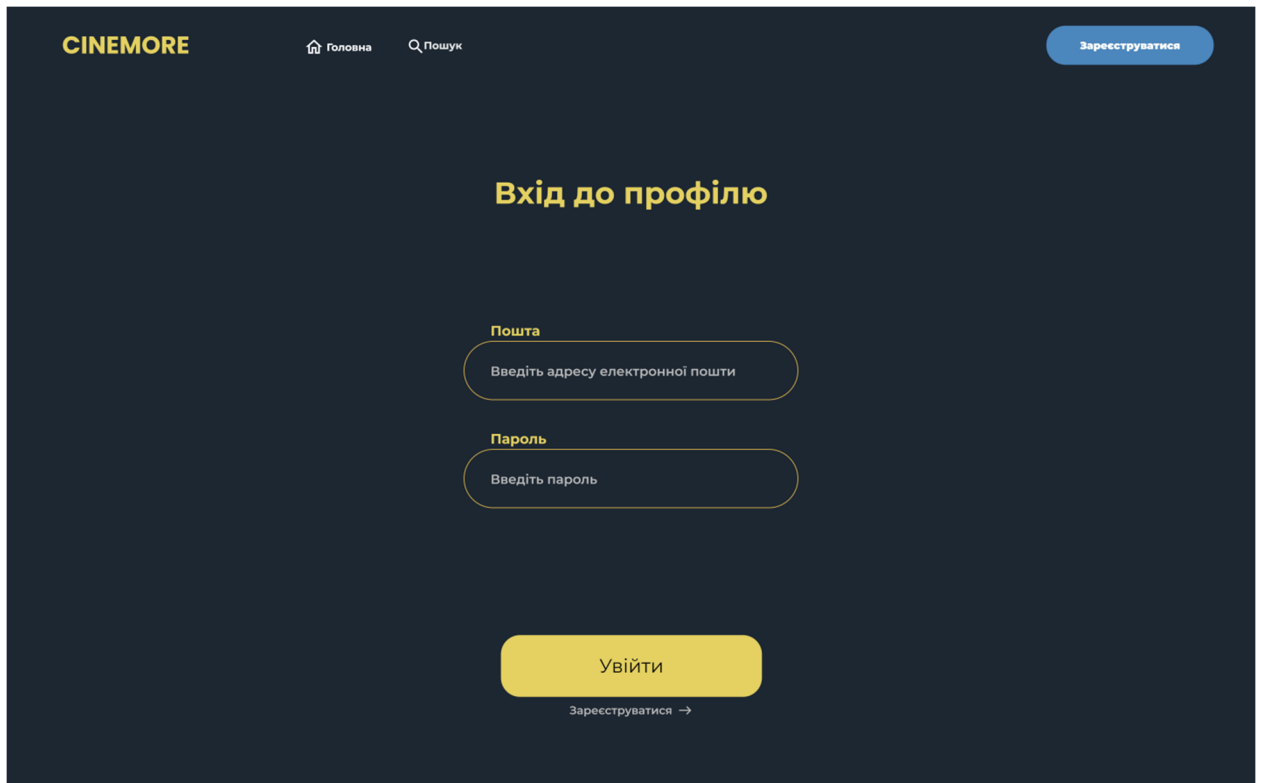


Рисунок 4.2 – Сторінка входу до системи

Після реєстрації або входу до облікового запису користувач опиняється на головній сторінці веб-застосунку, яку наведено на рисунку 4.3. Згори знаходиться хедер, у якому з лівого боку розміщений логотип сайту, трохи правіше – посилання на певні сторінки: «Головну» (яка наразі виділена кольором як активна), «Мій список», «Серіали», «Фільми» та кнопка пошуку, а справа розміщене фото профілю, завдяки якому можна перейти до особистого облікового запису. Верхню половину сторінки займає банер з актуальними пропозиціями для перегляду, а нижче знаходяться фільми та серіали, згруповані за категоріями, такими як «Нові релізи», де знаходиться відеоконтент, що вийшов нещодавно, «Продовжити дивитися», де перелічені ТБ-проекти, з якими користувач взаємодіяв останнім часом тощо.

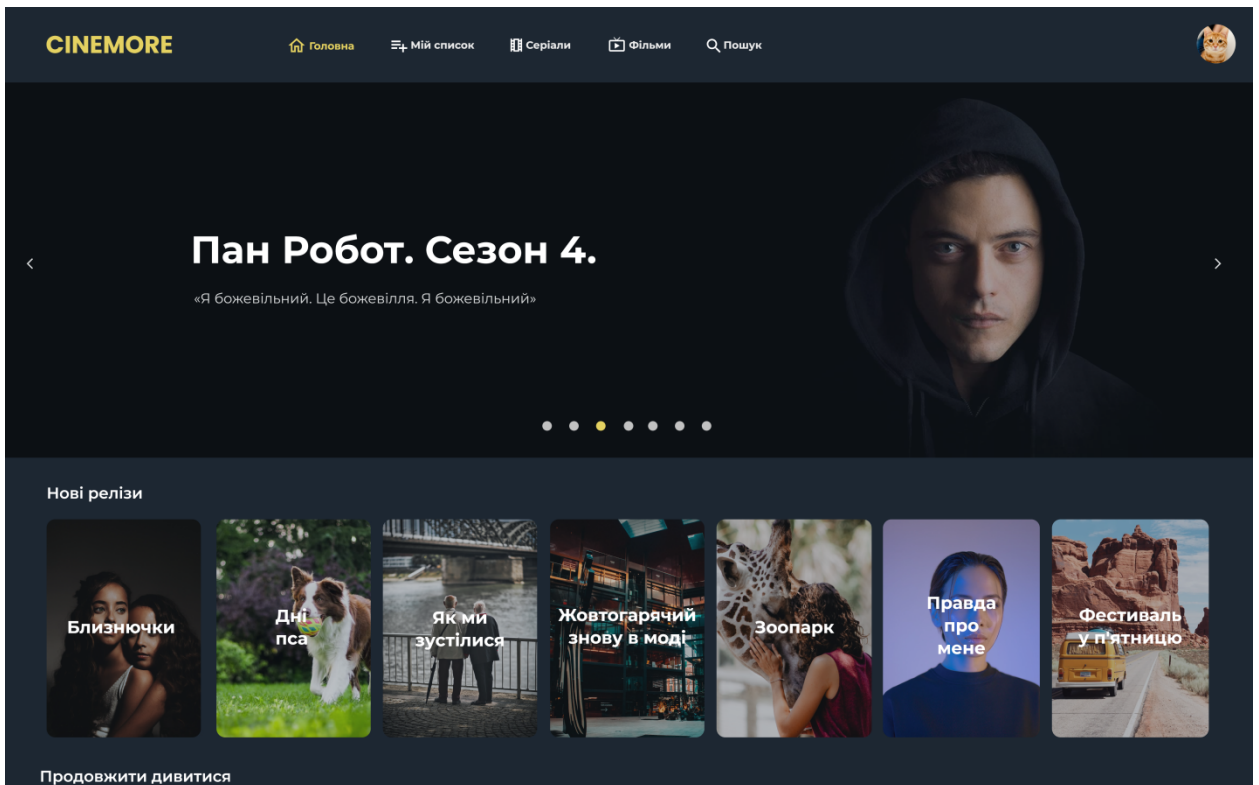


Рисунок 4.3 – Головна сторінка системи

Натиснувши на посилання «Серіали» вгорі сторінки користувач відповідно потрапляє на сторінку з серіалами, які представлені у системі, що показано на рисунку 4.4. Виділене кольором посилання у хедері показує поточну активну сторінку. За функціоналом ця сторінка нагадує головну, де контент розподілено за групами, тільки в даному випадку на сторінці представлені виключно серіали. Список відеоконтенту можливо сортувати за різними критеріями, такими як «Жанр», «Дата виходу», «Рейтинг» тощо.

Сторінка «Фільми» є аналогічною за виглядом сторінці «Серіали», за виключенням того, що відображає виключно фільми, представлені у системі.

При натисненні на фільм чи серіал на будь-якій з вищеподаних сторінок з контентом («Головної», «Серіали», «Фільми»), користувач переходить на окрему сторінку, що містить детальну інформацію про певну обрану одиницю відеоконтенту. Приклад такої сторінки для серіалу наведено на рисунку 4.5. Сторінка детальної інформації про фільм є аналогічною за виглядом, за виключенням того, що не містить списку серій.

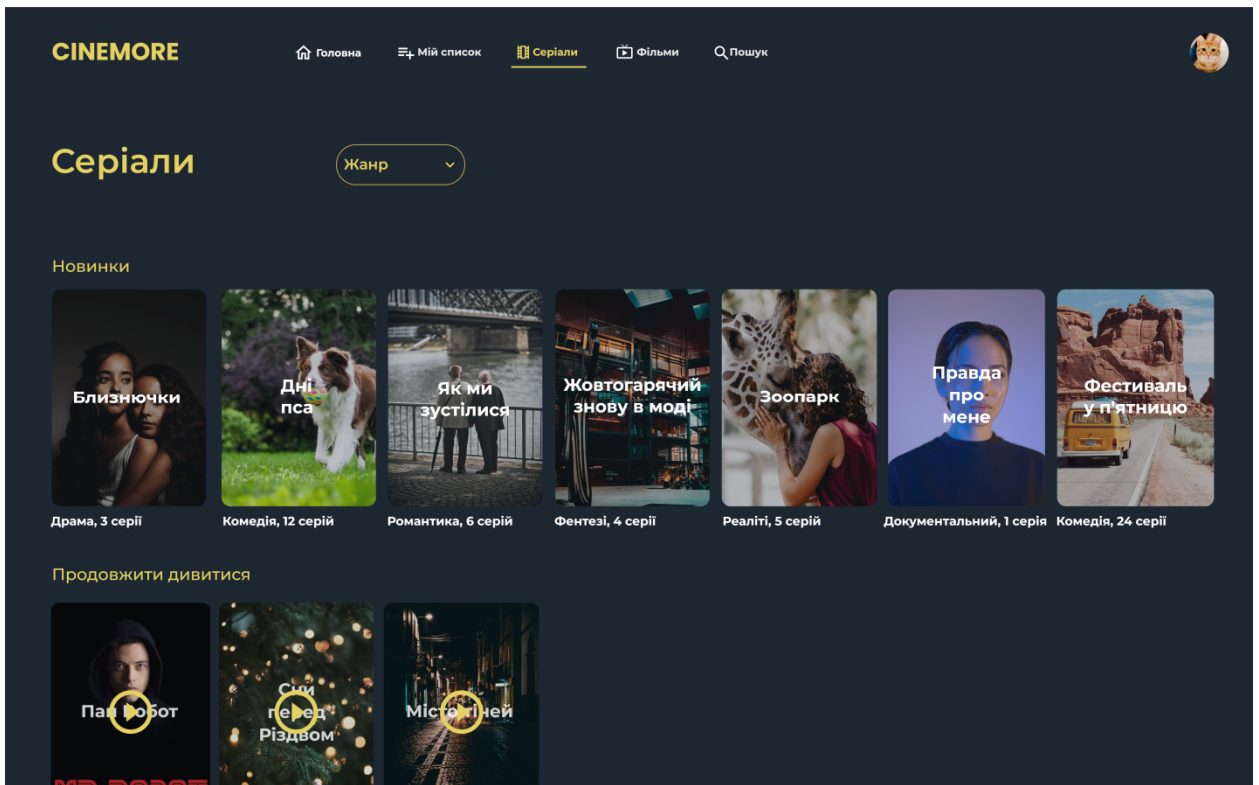


Рисунок 4.4 – Сторінка «Серіали»

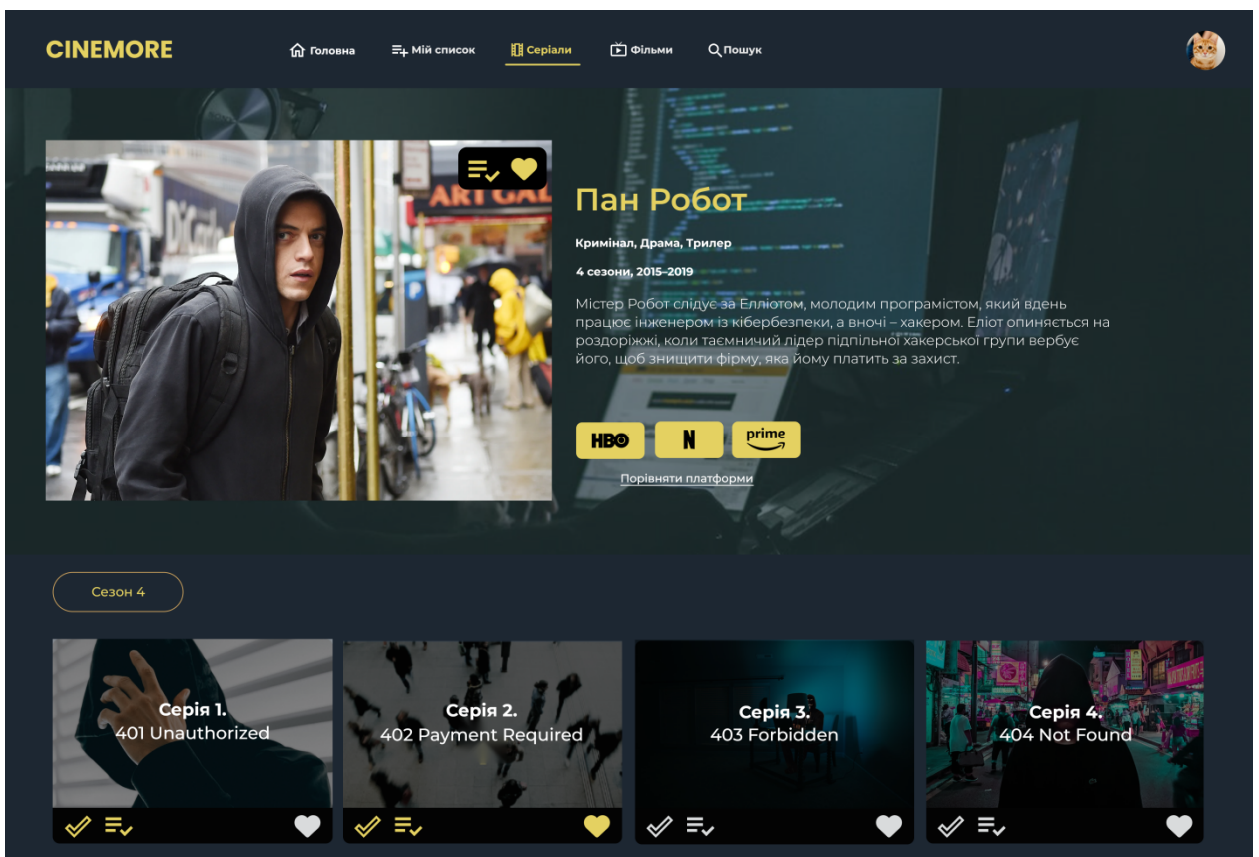


Рисунок 4.5 – Сторінка детальної інформації про ТБ-проект

Сторінка детальної інформації про серіал, наведена на рисунку 4.5, містить загальні дані про серіал, такі як назва, жанри, кількість сезонів та роки випуску, короткий опис та зображення-обкладинку. У правому верхньому куті зображення є кнопки, які дозволяють додати серіал до індивідуального списку або до списку вподобаного.

Нижче знаходиться перелік серій серіалу, згрупованих за сезоном. Кожна серія має номер та назву, зображення-обкладинку, а також панель нижче зображення із трьома кнопками – відмітити серію як переглянуту, додати серію до індивідуального списку та додати серію до списку вподобаного.

На сторінці також присутній перелік відеострімінгових платформ, на яких можна легально подивитися даний ТБ-проект. При натисненні на кнопку сервісу користувача буде перенаправлено на сторінку цього ТБ-проекту на обраному сервісі. Більш того, користувач може переглянути порівняльну таблицю усіх стрімінгових сервісів, які представлено на сайті. Для цього потрібно натиснути на кнопку «Порівняти платформи».

Вікно порівняння відеострімінгових платформ відкривається поверх сторінки детальної інформації про ТБ-проект, що показано на рисунку 4.6. У вікні міститься таблиця порівняння платформ за такими критеріями: «Кількість контенту», «Наявність оригінального контенту», «Доступна якість відео», «Вартість підписки», «Географічні обмеження» та «Рекомендації контенту». Останнім рядком у таблиці наведено ефективність платформ відносно одна одної, представлену у вигляді лінгвістичної категорії – «Найбільш ефективна», «Ефективна» та «Найменш ефективна». Показники ефективності розраховуються за методом DEA, який було інтегровано у систему для оцінювання ефективності відеострімінгових платформ.

Дане вікно закривається кнопкою у правому верхньому куті, а при натисненні на посилання «Мій список» у хедері користувач переходить до сторінки з його списками, що показано на рисунку 4.7.

	Netflix	Prime Video	HBO Max	Disney+
Кількість контенту	6500+ одиниць	30000+ одиниць	3500+ одиниць	2000+ одиниць
Наявність оригінального контенту	+	+	+	+
Доступна якість відео	Підтримка 4K	Підтримка 4K, HDR для деякого контенту	Підтримка 4K	Підтримка 4K, HDR для деякого контенту
Вартість підписки	\$3.99 на місяць або \$47.94 на рік	\$8.99 на місяць або \$139 на рік	\$9.99 на місяць або \$99.99 на рік	\$13.99 на місяць або \$139.99 на рік
Географічні обмеження	Доступний у 190+ країнах, у тому числі в Україні	Доступний у 200+ країнах, у тому числі в Україні	Доступний у 20+ країнах	Доступний у 60+ країнах
Рекомендації контенту	На основі перегляду	На основі покупок та перегляду на Amazon	На основі перегляду	На основі брендів та жанрів
Ефективність платформи (відносно інших у цій таблиці)	Ефективна	Найбільш ефективна	Ефективна	Найменш ефективна

Рисунок 4.6 – Вікно порівняння відеострімінгових платформ

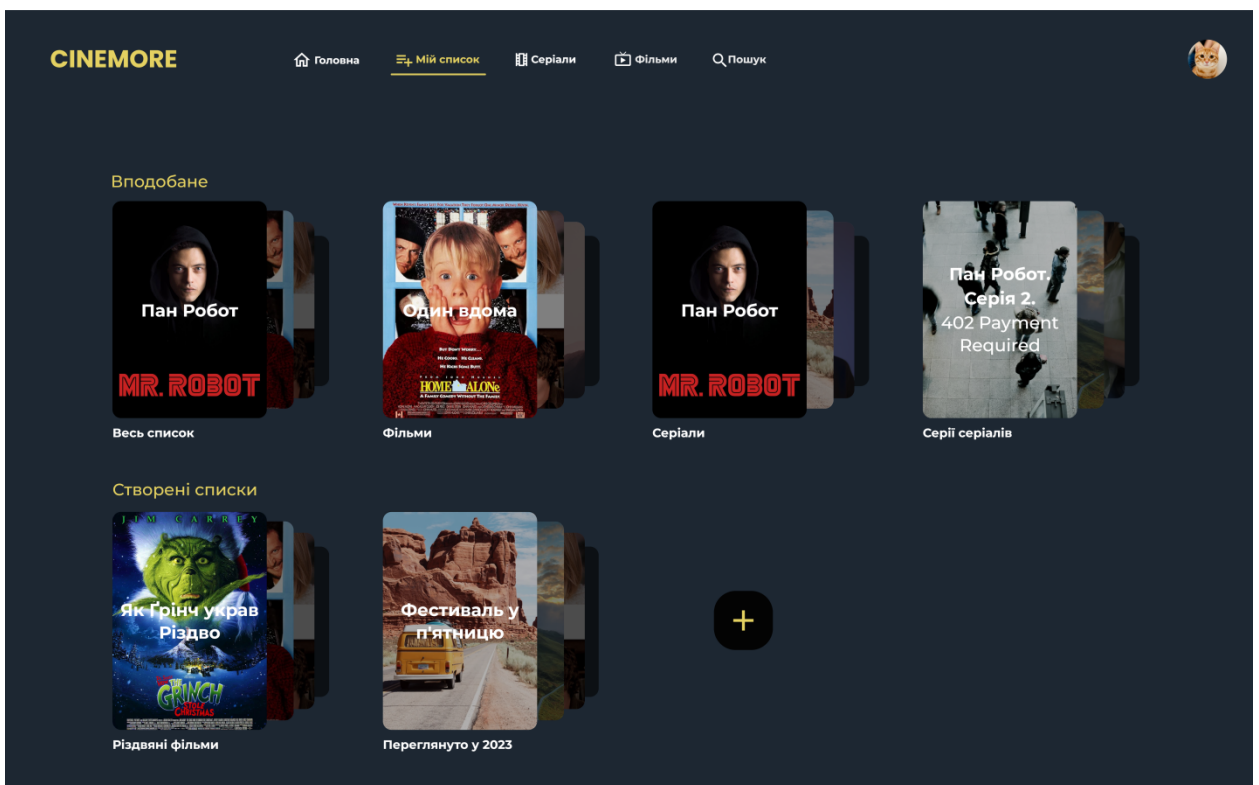


Рисунок 4.7 – Сторінка індивідуальних списків користувача

Сторінка індивідуальних списків користувача, наведена на рисунку 4.7, відображає дві групи списків – «Вподобане» та «Створені списки». Вподобаний контент автоматично поділяється на декілька списків: фільми, серіали та серії серіалів розподіляються по окремих списках вподобаного, але користувач також має можливість переглянути весь список вподобаного. Створені списки позначають списки, які додав особисто користувач – це можна зробити за допомогою кнопки додавання нового списку у кінці групи «створених списків». При виборі конкретного списку він відкриється у повному вигляді для перегляду.

При натисненні на зображення профілю у верхньому правому куті будь-якої сторінки відкривається спадне меню, показане на рисунку 4.8, з якого можна перейти до особистого облікового запису або ж вийти з системи.

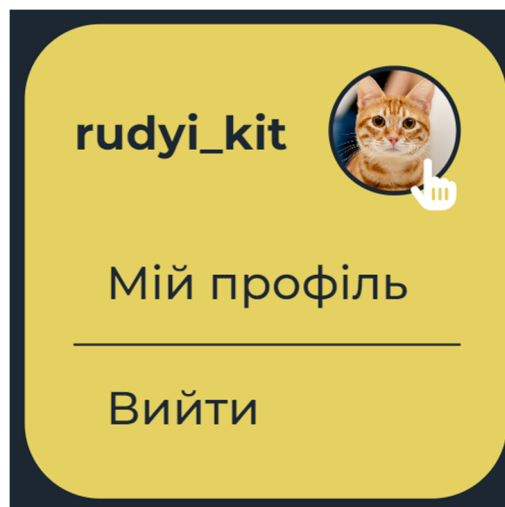


Рисунок 4.8 – Спадне меню

Сторінку профілю користувача наведено на рисунку 4.9. Вгорі знаходяться дані про користувача, які було вказано при реєстрації, а саме юзернейм, дата народження, адреса електронної пошти та пароль, прихований за символами «зірочка». Біля імені користувача знаходиться іконка для увімкнення режиму редагування особистої інформації, у цьому ж режимі можна обрати фото профілю.

Посередині екрану знаходиться розділ «Загальна статистика», яка у

вигляді смужок різної довжини показує статистику за весь час існування профілю даного користувача. Надається кількість переглянутих серій серіалів, фільмів, підрахунок витрачених на перегляд годин та конвертація годин у дні.

Внизу сторінки відображається інтерактивна статистика по місяцях. За допомогою стрілок справа та зліва можливо переключатися між місяцями. Місяць представлений у вигляді сітки з різнокольорових квадратів з числами, що нагадує календар, де колір залежить від кількості переглянутого контенту. Чим більше відеоматеріалу було переглянуто у певний день, тим темнішого відтінку синього позначений день; дні, у які не було відмічено жодного перегляду, позначені білим кольором.

При наведенні мишки на квадрат, що позначає число обраного місяця, з'являється підказка, що показано на рисунку 4.10. Вона містить у собі повну дату, кількість хвилин, витрачених на перегляд в той день, та кількість відмічених одиниць відеоконтенту.

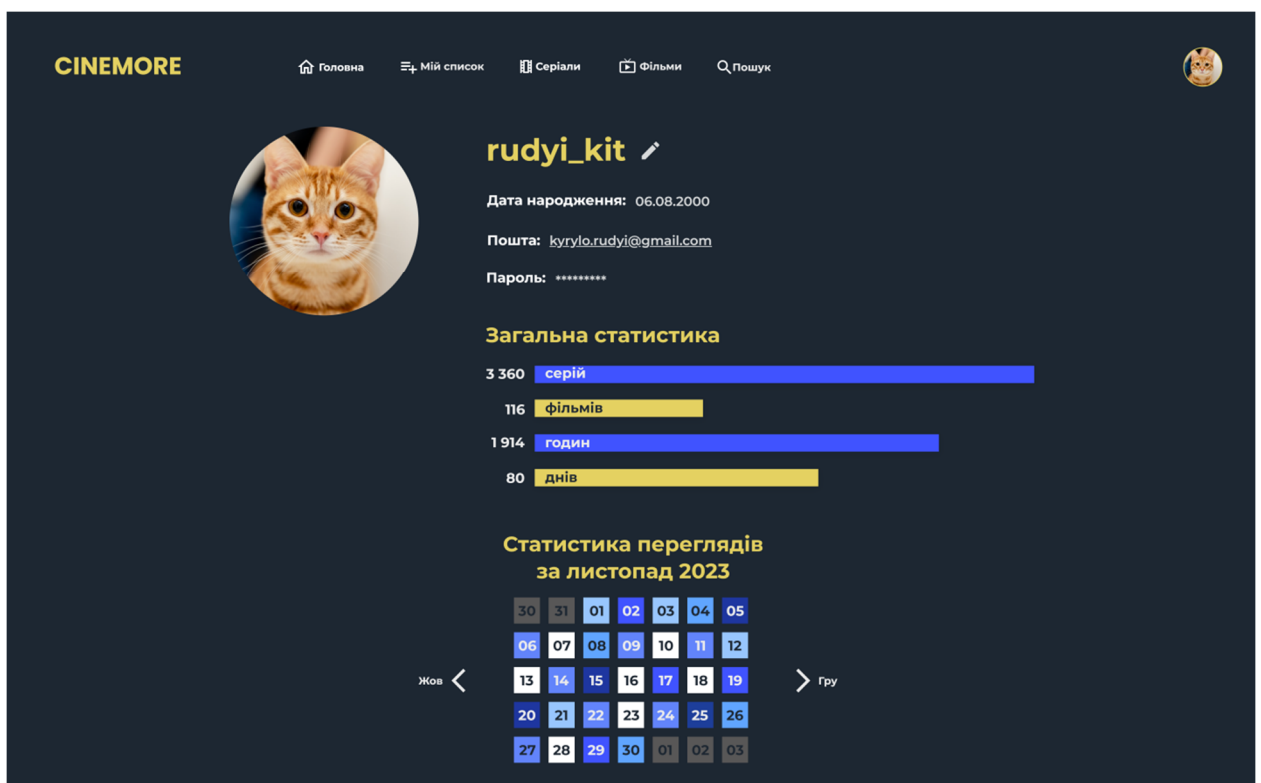


Рисунок 4.9 – Сторінка індивідуальних списків користувача



Рисунок 4.10 – Спливаюча підказка

Отже, було розроблено інформаційну систему з модулем оцінювання ефективності систем стрімінгу відеоконтенту відповідно до вимог до функціоналу, висунутих на початку підрозділу. Завдяки наведеним рисункам видно не тільки вигляд основних сторінок системи, а також інтуїтивність інтерфейсу та зрозумілість функціоналу. Загалом, створена ІС надає не тільки можливість отримувати інформацію про ТБ-проекти, але й відстежувати перегляд, відслідковувати статистику, порівнювати ефективність стрімінгових систем та переходити за зручним посиланням одразу на сторінку обраного сервісу для перегляду відеоконтенту.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі було проведено дослідження існуючих методів оцінювання ефективності інформаційних систем стрімінгу відеоконтенту.

Було описано загальне поняття відеострімінгових систем та проведено аналіз їхніх властивостей. Також було визначено узагальнений підхід до оцінювання ефективності платформ потокового відео.

У результаті виконання кваліфікаційної роботи проаналізовано різні методи оцінювання ефективності відеострімінгових систем. Було розглянуто як методи, які базуються на певному окремому критерії платформ потокового відео, так і комплексні методи, що оцінюють ефективність системи з урахуванням декількох показників.

У ході дослідження порівняно між собою декілька комбінованих методів та з них обрано метод аналізу середовища функціонування, що є найбільш придатним для застосування у галузі, що розглядається. Зокрема, він вирізняється зосередженням саме на оцінюванні ефективності та можливостях урахування різноманітних критеріїв. Наведено приклад практичного використання методу, а також його практичне застосування у розробленій інформаційній системі.

За результатами кваліфікаційної роботи можна дійти висновку, що поставлену мету, а саме дослідження методів оцінювання ефективності інформаційної системи потокового передавання відеоконтенту, було виконано.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. ДСТУ 3008:2015. Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлювання. – Чинний від 22.06.2015. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016. – 31 с.
2. ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічні посилання. Загальні положення та правила складання. – Чинний від 04.03.2016. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016. – 20 с.
3. Петров К.Е., Левикін В.М., Чалий С.Ф., Євланов М.В., Саєнко В.І., Міхнов Д.К., Міхнова А.В., Чала О.В. Методичні вказівки щодо розробки та оформлення кваліфікаційної роботи (для студентів усіх форм навчання другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 122 Комп'ютерні науки освітньо-професійної програми «Інформаційні управляючі системи та технології») – Харків: ХНУРЕ, 2021. – 30 с.
4. Сичова М.А. Ефективність систем стрімінгу відеоконтенту на основі використання штучного інтелекту / В. О. Брусенцев, М. А. Сичова // Наука і техніка сьогодні. Серія «Техніка». К. : ГНО «Всеукраїнська асамблея докторів наук з державного управління», 2023. Вип. №14 (28). С.517-528. Бібліогр.: 7 назв.
5. Arditi D. Streaming TV: The Golden Age of TV and Flow Interrupted. Streaming Culture. 2021. С. 81–101. URL: <https://doi.org/10.1108/978-1-83982-768-620210008> (дата звернення: 20.11.2023).
6. Moina-Rivera W., Gutiérrez-Aguado J., Garcia-Pineda M. Multi-resolution quality-based video coding system for DASH scenarios. Proceedings of the 31st ACM workshop on network and operating systems support for digital audio and video. New York, 2021. С. 42–49. URL: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-803663-1.00013-9> (дата звернення: 20.11.2023).

7. Pereira R., Pereira E. G. Video streaming. *Pervasive Computing*. 2016. С. 417–444. URL: <https://doi.org/10.1145/3458306.3460996> (дата звернення: 22.11.2023).
8. Smith M. D., Telang R. *Streaming, Sharing, Stealing: Big Data and the Future of Entertainment*. MIT Press, 2016. 232 с.
9. Albert W., Tullis T. *Measuring the User Experience: Collecting, Analyzing, and Presenting UX Metrics*. Elsevier Science & Technology Books, 2022. 384 с.
10. Akidau T., Chernyak S., Lax R. *Streaming Systems: The What, Where, When and How of Large-Scale Data Processing* / ред.: R. Roumeliotis, J. Bleiel. Beijing : O'Reilly Media, 2018. 352 с.
11. Savin-Baden M., Major C. H. *Evaluation. Qualitative Research*. London, 2023. С. 273–287. URL: <https://doi.org/10.4324/9781003377986-22> (дата звернення: 25.11.2023).
12. Friedman E., Dunning T. *Streaming Architecture: New Designs Using Apache Kafka and MapR Streams*. O'Reilly Media, 2016. 120 с.
13. Bhuvanya R., Kavitha M. A Comprehensive Overview to the Recommender System. *Recommender Systems*. 2021. С. 153–179. URL: <https://doi.org/10.1201/9780367631888-7> (дата звернення: 26.11.2023).
14. Kudalkar D. Social Media Sentiment Analysis. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*. 2023. Т. 11, № 10. С. 1696–1708. URL: <https://doi.org/10.22214/ijraset.2023.56290> (дата звернення: 27.11.2023).
15. B. Zolfaghari. Content Delivery Networks. *ACM Computing Surveys*. 2020. Т. 53, № 2. С. 1–34. URL: <https://doi.org/10.1145/3380613> (дата звернення: 27.11.2023).
16. D. Wang. Adaptive Wireless Video Streaming Based on Edge Computing: Opportunities and Approaches. *IEEE Transactions on Services Computing*. 2019. Т. 12, № 5. С. 685–697. URL: <https://doi.org/10.1109/tsc.2018.2828426> (дата звернення: 28.11.2023).

17. Grigorik I. High Performance Browser Networking. O'Reilly Media, Inc, USA, 2013. 400 с.
18. Santamaría T., Reinoso G. L., Ruiz V. G. Adaptive Streaming Algorithms and Network Protocols. Journal of Engineering Research. 2022. Т. 2, № 13. С. 2–9. URL: <https://doi.org/10.22533/at.ed.3172132204076> (дата звернення: 28.11.2023).
19. Brookman, J., Rouge, P., Alva, A., & Yeung, C. (2017). Cross-Device Tracking: Measurement and Disclosures. Proc. Priv. Enhancing Technol., 2017(2). С. 133-148.
20. Rowland, C., Goodman, E., Charlier, M., Light, A., & Lui, A. Designing connected products: UX for the consumer Internet of Things. O'Reilly Media, 2015. 726 с.
21. Eckert T., Bryant S. Quality of Service (QoS). Future Networks, Services and Management. Cham, 2021. С. 309–344. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-81961-3_11 (дата звернення: 30.11.2023).
22. Tassel J. V. Digital Rights Management: Protecting and Monetizing Content. Taylor & Francis Group, 2016. 280 с.
23. Färe R., Karagiannis G. The denominator rule for share-weighting aggregation. European Journal of Operational Research. 2017. Т. 260, № 3. С. 1175–1180. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2017.02.008> (дата звернення: 02.12.2023).
24. Avkiran, N (2006) 'Productivity Analysis in the Service Sector with Data Envelopment Analysis' University of Queensland. 2006.
25. Двоєглазова М. В. Застосування методу ДЕА для визначення ефективності функціонування інтегрованої інформаційної системи. ScienceRise 2014. Т. 4, № 2(4). С. 18. URL: <https://doi.org/10.15587/2313-8416.2014.28606> (дата звернення: 04.12.2023).
26. Brunelli M. Introduction to the Analytic Hierarchy Process. Springer, 2014. 83 с.