

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Комп'ютерних наук і технологій

(повне найменування факультету)

Системний аналіз та обчислювальна математика

(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломної роботи

(ступінь вищої освіти)

на тему Моделювання трансформації платформного ринку

(назва теми)

відеоігор у 2015–2025 роках: зміни бізнес-моделей та

конкурентного середовища

Виконав: студент 4 курсу, гр. КНТ-812

Спеціальності 124 — Системний аналіз

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Інтелектуальні технології та прийняття рішень в

складних системах

МИЩАКІН А. О.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Керівник ШИРОКОРАД Д. В.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Рецензент ДУМІН О. М.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

2026

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний університет «Запорізька політехніка»

Факультет Комп'ютерних наук і технологій

Кафедра «Системний аналіз та обчислювальна математика»

Ступінь вищої освіти бакалавр

Спеціальність 124 — Системний аналіз

(код і найменування)

Освітня програма
(спеціалізація)

Інтелектуальні технології та прийняття рішень
в складних системах

(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри САОМ

Еліна ТЕРЕЩЕНКО

« 08 » червня 2026 року

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)**

МИШАКІНА Андрія Олександровича

(ПРІЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Моделювання трансформації платформного ринку відеоігор у 2015–2025 роках: зміни бізнес-моделей та конкурентного середовища

керівник проєкту (роботи) ШИРОКОРАД Дмитро Вікторович

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від « 23 » квітня 2026 року № 196

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) « 05 » червня 2026 року

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) Дані з наукових публікацій, статей із відкритих джерел; дані для роботи математичних моделей

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) У першому розділі розглянуто теоретичну частину роботи. У другому

виконано аналіз платформного ринку на основі даних зі статей. У третьому розділі наведено математичні інструменти для вирішення задачі. У четвертому розділі реалізовано моделі та виконано розрахунки на їх основі.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, кількість слайдів, Зображення, що відображаються на сторінках; плакатів)

фрагменти даних із сайтів; результати роботи, а саме графіки та діаграми

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

| Розділ | ПРИЗВИЩЕ, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|---------------|---|----------------|---------------------------|
| | | завдання видав | прийняв виконане завдання |
| 1 | Ширококоряд Д.В | 22.03.2026 | 22.03.2026 |
| 2 | Ширококоряд Д.В | 22.03.2026 | 22.04.2026 |
| 3 | Ширококоряд Д.В | 22.03.2026 | 15.05.2026 |
| 4 | Ширококоряд Д.В | 22.03.2026 | 29.05.2026 |
| Нормоконтроль | Ширококоряд Д.В | 01.06.2026 | 04.06.2026 |

7. Дата видачі завдання « 22 » березня 20 26 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів дипломного проєкту (роботи) | Строк виконання етапів проєкту (роботи) | Примітка |
|-------|---|---|----------|
| 1 | Формулювання мети та основних завдань дипломної роботи | 22.03.2026–28.03.2026 | |
| 2 | Опрацювання літератури та статей за темою роботи | 30.03.2026–15.04.2026 | |
| 3 | Розробка програмної реалізації для вирішення поставленої задачі | 20.04.2026–10.05.2026 | |
| 4 | Розрахунки та аналіз існуючих даних | 11.05.2026–19.05.2026 | |
| 5 | Попередній захист дипломної роботи та отримання рецензій | 03.06.2026 | |
| 6 | Оформлення пояснювальної записки | 20.05.2026–08.06.2026 | |
| 7 | | | |
| 8 | | | |
| | | | |
| | | | |

Студент(ка)

_____ (підпис)

Андрій МИШАКІН

(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Керівник проєкту (роботи)

_____ (підпис)

Дмитро ШИРОКОРАД

(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 71 с., 7 рис., 17 таб., 29 джерел.

Об'єкт дослідження — процеси трансформації платформного ринку відеоігор у 2015–2025 роках як складної динамічної соціально-економічної системи.

Предмет дослідження — закономірності зміни бізнес-моделей і конкурентної структури платформного ринку відеоігор, що формалізуються за допомогою кластерного аналізу, балансного моделювання та сценарного прогнозування.

Мета роботи — розроблення комплексної моделі трансформації платформного ринку відеоігор, виявлення ключових факторів зміни бізнес-моделей та побудова сценаріїв подальшого розвитку конкурентного середовища.

Програмну реалізацію розроблено у середовищі Python із застосуванням бібліотек Pandas, Scikit-learn та Matplotlib для візуалізації.

У результаті роботи отримано результати дослідження на основі методів моделювання у системному аналізі.

Ключові слова: КЛАСТЕРНИЙ АНАЛІЗ, БАЛАНСНА МОДЕЛЬ, РИНОК ВІДЕОІГОР, БІЗНЕС-МОДЕЛІ, FREE-TO-PLAY, ПІДПИСКА, K-MEANS, СЦЕНАРНЕ ПРОГНОЗУВАННЯ.

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| ЗАВДАННЯ | 2 |
| РЕФЕРАТ | 4 |
| ВСТУП | 7 |
| РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПЛАТФОРМНОГО РИНКУ ВІДЕОІГОР | 9 |
| 1.1 Економічна сутність та особливості платформного ринку | 9 |
| 1.2 Типологія та класифікація платформ у відеоігровій індустрії | 10 |
| 1.3 Характеристика сучасних бізнес-моделей у сфері відеоігор..... | 11 |
| 1.4 Методичні підходи до моделювання ринкових трансформацій | 13 |
| РОЗДІЛ 2 АНАЛІЗ ТРАНСФОРМАЦІЇ ПЛАТФОРМНОГО РИНКУ ВІДЕОІГОР У 2015–2025 РОКАХ..... | 14 |
| 2.1 Сучасний стан та динаміка розвитку глобального ринку відеоігор | 14 |
| 2.2 Еволюція платформного середовища у відеоігровій індустрії | 16 |
| 2.3 Трансформація бізнес-моделей у 2015–2025 роках..... | 18 |
| 2.4 Аналіз конкурентного середовища та стратегій провідних компаній..... | 20 |
| 2.5 Вплив цифрових технологій на розвиток платформного ринку відеоігор ... | 21 |
| РОЗДІЛ 3 МАТЕМАТИЧНІ ІНСТРУМЕНТИ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ПОСТАВЛЕНОЇ ЗАДАЧІ..... | 24 |
| 3.1 Кластерний аналіз платформного ринку відеоігор..... | 24 |
| 3.2 Балансна модель переходів між бізнес-моделями | 26 |
| РОЗДІЛ 4 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ РОЗВИТКУ РИНКУ ВІДЕОІГОР | 30 |
| 4.1 Побудова прогнозу коефіцієнтів переходу та балансної моделі ринку | 30 |
| 4.1.1 Прогноз загального обсягу ринку..... | 30 |
| 4.1.2 Прогноз коефіцієнтів переходу між бізнес-моделями | 32 |
| 4.1.3 Використання прогнозних коефіцієнтів у балансній моделі..... | 36 |
| 4.1.4 Результати балансного прогнозу | 38 |

| | |
|--|----|
| 4.1.5 Інтерпретація результатів..... | 40 |
| 4.2 Багатокритеріальна кластерна модель платформних екосистем ринку відеоігор | 41 |
| 4.2.1 Вибір ознак для кластеризації..... | 42 |
| 4.2.2 Вхідна матриця оцінок платформ..... | 44 |
| 4.2.3 Математична постановка задачі кластеризації | 47 |
| 4.2.4 Результати кластеризації платформних екосистем | 49 |
| 4.2.5 Інтерпретація отриманих кластерів..... | 50 |
| 4.2.6 Профілі центрів кластерів | 52 |
| 4.2.7 Зв'язок результатів кластеризації з балансною моделлю бізнес-моделей . | 53 |
| ВИСНОВКИ..... | 56 |
| ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ..... | 58 |
| ДОДАТОК А КОД ПРОГРАМИ | 62 |

ВСТУП

Світовий ринок відеоігор за останнє десятиріччя перетворився з нішевого ринку на найбільший сегмент індустрії розваг, випередивши за доходами кіно та музику разом узяті. За даними Newzoo (2024), обсяг глобального ринку відеоігор досяг 197,7 млрд дол. США, а кількість гравців перевищила 3,4 млрд осіб. Такий стрімкий розвиток став можливим завдяки глибоким трансформаціям, що відбулися у 2015–2025 роках: зміні бізнес-моделей, появі нових платформ (мобільних і хмарних сервісів) та перерозподілу конкурентних позицій [1].

Актуальність дослідження обумовлена тим, що традиційні моделі стратегічного аналізу (наприклад, «п'ять сил Портера») не повною мірою враховують специфіку платформних ринків, де конкуренція відбувається одночасно на рівні платформ, екосистем і створення контенту. Крім того, динаміка змін бізнес-моделей (перехід від premium до free-to-play, battle pass і підписок) потребує кількісної оцінки та моделювання для прийняття обґрунтованих рішень.

Проблема полягає у відсутності комплексних математичних моделей, які б дозволяли:

- кількісно оцінити вплив окремих факторів на зміну структури ринку;
- класифікувати платформи за їхніми характеристиками;
- прогнозувати подальший розвиток конкурентного середовища.

Основні завдання:

1. Розкрити теоретичні основи платформного ринку та класифікувати бізнес-моделі.
2. Надати математичні постановки моделей для роботи.
3. Побудувати кластерну модель платформ на основі множини критеріїв.
4. Розробити балансну модель обсягів ринку.

Методи дослідження: балансна модель, кластерний аналіз (метод k-means).

Практична цінність отриманих результатів полягає у можливості їх використання компаніями для коригування стратегій, а також для інвестиційного аналізу.

РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПЛАТФОРМНОГО РИНКУ ВІДЕОІГОР

1.1 Економічна сутність та особливості платформеного ринку

У сучасному світі стан глобальної економіки характеризується переходом від лінійних моделей створення вартості до багатосторонніх екосистем, де ключовим фактором є платформний ринок. Феномен платформної економіки є важливим об'єктом дослідження, оскільки він здатний трансформувати традиційні галузі, до яких належить і відеоігрова індустрія.

На відміну від класичних односторонніх ринків, де ціноутворення базується на граничних витратах, платформенні ринки застосовують стратегії субсидування однієї групи користувачів за рахунок іншої, що потребує застосування апарату системного аналізу для оптимізації загальної ефективності екосистеми.

Серед ключових особливостей такого типу ринку можна виділити такі. По-перше, це прямі та непрямі мережеві ефекти, за яких цінність платформи для користувача зростає або знижується залежно від розширення бази інших користувачів. По-друге, це ефекти масштабу на стороні пропозиції та попиту, які створюють природні бар'єри входу для нових конкурентів і ведуть до концентрації ринку. По-третє, важливу роль відіграють дані: під час проходження гри розробник отримує інформацію про поведінку користувачів на різних локаціях, їхні вибори у діалогах тощо. Це створює значний масив даних для аналізу та дає змогу адаптувати продукт до потреб користувачів. По-четверте, ринок відеоігор є динамічним, тому навіть незначні проблеми або обмеження можуть спричинити каскадні ефекти переходу користувачів з однієї платформи на іншу. Ця особливість вимагає постійного моніторингу та стратегії поліпшення управління платформою, що робить ринок зручним об'єктом для застосування методів системного аналізу та моделювання [2].

1.2 Типологія та класифікація платформ у відеоігровій індустрії

Типологія платформ у сфері ринку відеоігор є обов'язковою передумовою системного аналізу, оскільки дозволяє структурувати об'єкт дослідження та ідентифікувати специфічні характеристики, що впливають на вибір методів моделювання.

До транзакційних платформ належать магазини додатків, такі як Steam, Epic Games Store, PlayStation Store, Microsoft Store та Nintendo eShop. Основною функцією цих платформ є зниження транзакційних витрат на пошук, розповсюдження та оплату цифрового контенту. Характерною рисою є застосування механізмів двостороннього ціноутворення, де платформа може стягувати комісію з розробників (часто 30% від вартості продажу) при одночасному наданні безкоштовного доступу для гравців.

Інноваційні платформи створюють фундамент для розроблення нового контенту та ігрових можливостей. Прикладами є ігрові рушії (Unreal Engine, Unity), хмарні платформи для розробки (Amazon Lumberyard) та системи версіонування (Git для розробки ігор). Завдяки цим платформам незалежні розробники та великі студії скорочують час, необхідний для створення продукту, використовуючи готові інструменти та бібліотеки коду. Особливістю цих платформ є наявність доступних API (Application Programming Interface) та SDK (Software Development Kit), що сприяють формуванню екосистеми доповнювальних розробників [3].

Інтеграційні платформи поєднують функції двох попередніх типів платформ. Найбільшим прикладом такого типу є Roblox, який має і складову для монетизації, і можливість створення власного контенту для подальшої монетизації. За подібним принципом розвивається Discord, де, окрім базових функцій комунікації, з'явилися магазини цифрових товарів, підписки та інструменти для створення автоматизованих ботів. Такі платформи мають різноманітні механіки взаємодії.

За рівнем відкритості виділяють:

- відкриті платформи (будь-який розробник може розповсюджувати контент без попередньої модерації);
- закриті платформи (розповсюдження контролюється за умовою попередньої модерації) та гібридні платформи, які поєднують обидва підходи.

За ступенем спеціалізації платформи поділяються на:

- загальногалузеві (охоплюють усі жанри відеоігор);
- жанрово-специфічні (наприклад, платформи для ММО-ігор);
- нішеві (для інді-розробників);
- корпоративні (внутрішні платформи великих видавців).

1.3 Характеристика сучасних бізнес-моделей у сфері відеоігор

Трансформація бізнес-моделей у відеоігровій індустрії є прямим наслідком зрілості ринку та розвитку технологій. Традиційна модель одноразової купівлі гри, яка була домінантною на початку 2015 року, поступово втратила позиції, поступившись F2P-проектам, орієнтованим на довгострокове залучення користувачів (live-service). Така зміна продиктована трансформацією структури споживання: сучасний гравець очікує постійного оновлення контенту та соціальної взаємодії [4].

Систематизуючи сучасні бізнес-моделі платформного ринку відеоігор, можна виокремити п'ять основних типів:

Модель F2P (Free-to-Play з мікротранзакціями). Ця модель передбачає безкоштовний доступ до базового контенту та монетизацію через магазин віртуальних товарів: косметичних предметів для персонажів, ігрової валюти, скінів, емоцій і прискорювачів прогресу. Ключовим показником ефективності тут виступає LTV (Lifetime Value) користувача. Для системного аналітика ця

модель є складною через необхідність врахування поведінкової економіки, факторів залежності та динаміки ігрової активності [4].

Підписна модель (Subscription Model). Вона стає домінантною для консольних екосистем (Xbox Game Pass, PlayStation Plus). Користувач сплачує регулярний платіж за доступ до каталогу ігор або додаткових сервісів. Перевагами є передбачуваний грошовий потік та зниження бар'єра для спроб нових ігор. Недолік полягає у необхідності постійно підтримувати якість бібліотеки контенту, щоб запобігти скасуванню підписки [5].

Модель рекламної підтримки. Вона переважно використовується у мобільних іграх або вебпроектах. Гравець отримує безкоштовний доступ в обмін на перегляд рекламних відео або виконання рекламних завдань. Дохід формується за рахунок рекламних мереж (Google AdMob, Unity Ads). Системний аналіз цієї моделі потребує врахування уваги гравця як обмеженого ресурсу, оскільки надмірна частота реклами призводить до зниження залученості [4].

Модель крос-платформної монетизації. Характеризується наявністю єдиного облікового запису користувача, який функціонує на декількох пристроях (мобільний телефон, ПК, консоль). Придбання віртуальних предметів, прогрес та соціальні зв'язки синхронізуються між платформами. Це збільшує загальний LTV та створює ефект «прив'язаності» користувача до екосистеми.

Модель контенту, що генерується користувачами (UGC). Платформа надає інструменти для створення ігор або модифікацій самими гравцями, після чого дозволяє монетизувати цей контент (система роялті, обмін внутрішньою валютою). Це перетворює споживача на розробника й створює додаткові мережеві ефекти: що більше розробників генерує контент за популярними темами або франшизами, то більше потенційних користувачів отримує платформа [6].

1.4 Методичні підходи до моделювання ринкових трансформацій

У роботі використано два методи моделювання:

1. Кластерний аналіз (k-means) — для класифікації платформ на основі множини ознак (розмір аудиторії, частка F2P, рівень відкритості).
2. Балансна модель переходів — для прогнозування зміни структури ринку відеоігор за бізнес-моделями.

РОЗДІЛ 2 АНАЛІЗ ТРАНСФОРМАЦІЇ ПЛАТФОРМНОГО РИНКУ ВІДЕОІГОР У 2015–2025 РОКАХ

2.1 Сучасний стан та динаміка розвитку глобального ринку відеоігор

Глобальний ринок відеоігор за останні десять років демонструє стабільне зростання, темпи якого перевищують багато інших сфер розваг. За даними аналітичних центрів Newzoo та SuperData, загальний обсяг ринку збільшився з 91,8 млрд дол. США у 2015 році до прогнозованих 197 млрд дол. США у 2025 році. Такий стрімкий приріст зумовлений такими факторами: поширенням смартфонів як ігрових пристроїв, розвитком систем монетизації на ринку, а також зростанням кіберспорту як культурного явища, за яким стежать сотні тисяч глядачів. Нижче наведено дані, які відображають зростання ігрової індустрії [2].

Global games revenue per platform | 2015-2027F

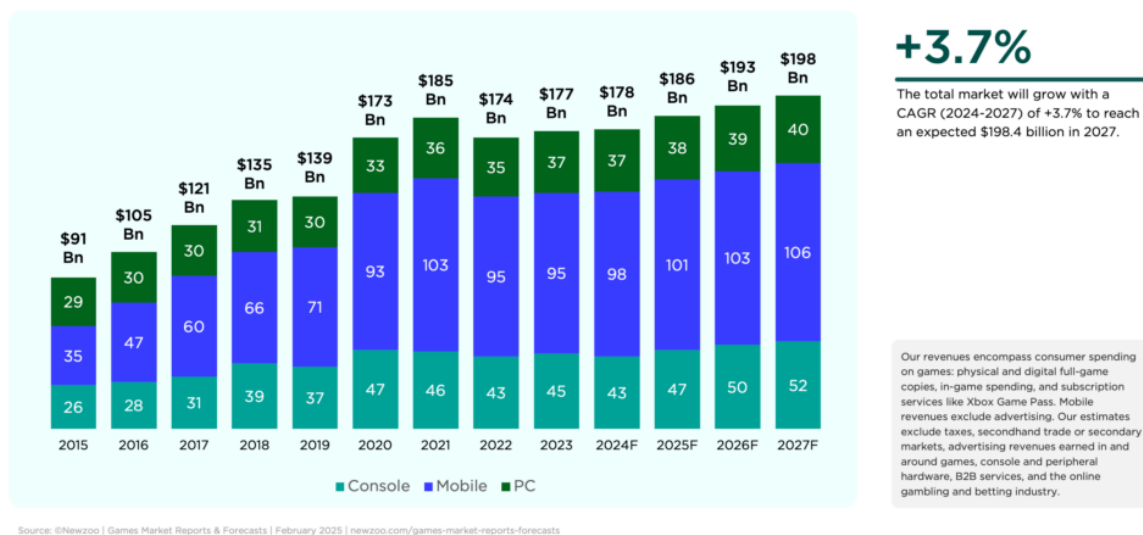


Рисунок 2.1 — Динаміка доходів глобального ринку відеоігор за платформами



Рисунок 2.2 — Структура доходів глобального ринку відеоігор у 2024–2025 роках

Структура ринку за географічним положенням суттєво змінилася. Якщо на початку 2015 року домінували США та Японія, які займали відповідно 25% та 15% світового обсягу ринку, то у 2025 році частка Азійсько-Тихоокеанського регіону сягнула 48%, а Китай займає 28% світового ринку. Причинами цього є лібералізація китайського ринку консолей, розширення впливу Tencent у світі та поява компанії NoYoverse, яка випустила лінійку ігор із gacha-механіками. У Європі спостерігаються стабільні показники на рівні 18% завдяки високій платоспроможності громадян та розвиненій інфраструктурі ПК-геймінгу [7].

Станом на 2025 рік за сегментами ринок поділяється таким чином: мобільні ігри займають 55% прибутку, що на 20 відсоткових пунктів більше, ніж у 2015 році; консольні ігри — 27% проти 32% у 2015 році; ПК-ігри — 20% проти 33% у 2015 році. Хоча частка ПК-сегмента зменшується, його дохід зріс із 30 до 47 млрд дол. США. Водночас темпи зростання CAGR становлять лише 5% проти 17% у мобільних платформах [8].

Значну увагу в системному аналізі потрібно приділити показнику проникнення відеоігор у різні демографічні групи. Станом на 2015 рік медіанний вік гравця становив приблизно 32 роки, а гендерний розподіл — 65% чоловіків проти 35% жінок. У 2025 році показники змінилися: медіанний вік геймера становить 37 років, а частка жінок у цій сфері збільшилася до 48%. Це дає змогу

зробити висновок, що геймінг став доступнішим для різних країн і вікових груп, а для багатьох людей перетворився на довгострокове хобі. Завдяки цьому ринок має нові можливості для розширення за рахунок нової аудиторії [9].

Характеризуючи динаміку розвитку, слід зазначити наявність великих структурних зрушень у балансі сил серед корпорацій. Першим важливим фактором стали поглинання у 2020–2023 роках, зокрема придбання Microsoft компанії Activision Blizzard за 68,7 млрд дол. США та консолідація Embracer Group понад 120 студій у різних країнах. Другим фактором є вихід на IPO платформних гігантів, таких як Roblox (2021) та Unity (2020), що посилило інтерес інвесторів до платформних бізнес-моделей в ігровій індустрії. Третім фактором стало зростання популярності хмарних сервісів, особливо актуальних через різкі стрибки цін на оперативну пам'ять та відеокарти. Темпи зростання цього сегмента високі — 30–40% щорічно, однак сам ринок залишається відносно молодим.

2.2 Еволюція платформного середовища у відеоігровій індустрії

Платформне середовище відеоігор за проаналізований десятирічний період пройшло через три основні фази трансформації: консольно-центричну (2015–2017), мультиплатформну (2018–2021) та екосистемно-сервісну (2022–2025). Кожна фаза характеризувалася зміною основних рушіїв конкуренції, структури влади та ключових ресурсів.

У консольно-центричну фазу (2015–2017) платформна конкуренція відбувалася переважно між Sony PlayStation 4, Microsoft Xbox One та Nintendo Switch. Головною метою конкуренції було збільшення продажів консолей, адже саме з цієї причини сторонні компанії часто обирали Sony PlayStation 4 пріоритетною платформою для створення ексклюзивів (God of War, Uncharted 4, Zelda: Breath of the Wild). Окрім великої бази гравців, розробники витрачали

більше часу на оптимізацію продукту, оскільки конфігурація консолей є уніфікованою. У той самий час компанія Valve, маючи найбільший магазин на ПК — Steam, не втручалася у консольну конкуренцію, а розвивала власну екосистему [10].

Мультиплатформна фаза (2018–2021) ознаменувалася появою серйозних конкурентів на ПК-ринку дистрибуції. Epic Games Store, запущений у грудні 2018 року, почав застосовувати кілька підходів: систему тимчасової ексклюзивності ігор у своєму магазині, регулярні роздачі ігор та нижчу комісію для розробників. Такі кроки допомогли магазину залучити аудиторію у 160 млн користувачів. Для Steam це не стало критичною проблемою: платформа знизилася комісію для розробників із 30% до 20% після досягнення певного порогу продажів. Надалі Epic Games Store не зміг повністю нав'язати конкуренцію Steam, оскільки користувачі часто обирають Steam через зручність, широкий спектр можливостей і розвинену екосистему, у якій магазин виконує також функції майданчика з рецензіями, майстерні модифікацій та соціальної платформи. Одночасно розпочалася експансія мобільних платформ: Apple App Store та Google Play активніше залучали core-проекти, підвищували вимоги до якості гри та змінювали алгоритми ранжування. Саме в цей період на смартфони почали виходити сучасні ігри, адаптовані під мобільне обладнання [11].

Найбільш глибокі зміни відбулися в екосистемно-сервісній фазі (2022–2025). Конкуренція змістилася з рівня окремих ігор на рівень екосистем. Після придбання Microsoft студії Activision Blizzard, а також розвитку співпраці зі студіями на зразок Atlus, які раніше переважно портували свої ігри на консолі PlayStation, компанія посилила підписку Xbox Game Pass Ultimate. Вона об'єднала консольний, ПК- та хмарний геймінг в єдину екосистему, досягнувши 45 млн користувачів до 2025 року. Sony відповіла трансформацією PlayStation Plus, який отримав три рівні підписки, каталог класичних ігор періоду 1990–2000 років та хмарний стримінг. Ключовим ресурсом стали не окремі консолі або ігри, а бібліотека контенту, що постійно оновлюється, та дані про поведінку гравців, які дозволяють персоналізувати пропозиції [12].

Водночас широкої популярності набула кросплатформність, завдяки якій користувач може грати в улюблену гру за комп'ютером, на консолі з геймпадом або на смартфоні. Прикладами таких проєктів є Fortnite, Call of Duty та Genshin Impact. Це зменшує витрати переключення для гравців, але водночас збільшує конкуренцію між платформами: гравець може обрати платформу, яка пропонує найкращу якість сервісу, а не лише ту, де перебувають його друзі.

2.3 Трансформація бізнес-моделей у 2015–2025 роках

У період з 2015 по 2025 рік відбулася кардинальна трансформація бізнес-моделей на ринку відеоігрової індустрії, яку можна описати як поступовий перехід від моделі «володіння» продуктом до моделі доступу або підписки. Цей перехід має кількісні та якісні виміри, які потрібно проаналізувати окремо.

На початку 2015 року домінуючою моделлю була одноразова оплата (Premium Model). Близько 70% виторгу найбільших видавців (EA, Activision, Ubisoft) формувалося за рахунок продажу ігор за ціною 40–60 дол. США з подальшою монетизацією у вигляді DLC чи Battle Pass. За період підтримки гри, який зазвичай становив 1–2 роки, додаткова частка продажів сягала 20–25% від базового обсягу продажів [13].

Починаючи з 2020 року співвідношення значно змінилося: частка платних ігор знизилася до 45–50%, натомість зросла частка мікротранзакцій до 30–35% та моделей передплати до 15–20%. Головними чинниками таких змін стали проєкти Fortnite (Epic Games) та Genshin Impact (miHoYo), які довели, що гра може генерувати понад 1 млрд дол. США річного доходу виключно за рахунок продажу віртуальної валюти та косметики.

До 2025 року структура бізнес-моделей набула гібридного характеру, коли більшість високобюджетних проєктів мають кілька джерел доходу одночасно. Наприклад, Call of Duty: Modern Warfare II (2022) продається за

повною ціною (70 дол. США), має внутрішньоігровий магазин шкінів та операторів, а також доступна у підписці Xbox Game Pass. Така диверсифікація зменшує ризики та дозволяє максимізувати LTV різних сегментів аудиторії [14].

Важливим феноменом стало зростання моделі «гра як сервіс» (Game as a Service, GaaS). За цією моделлю гра розглядається не як статичний продукт, а як платформа, що постійно оновлюється: виходять нові оновлення з контентом (battle pass, події, персонажі), проводяться зміни балансу персонажів, додаються кросовери з іншими франшизами. Такий підхід подовжує життєвий цикл гри з 1–2 років до 5–7 років. Наприклад, Rainbow Six Siege, випущена у 2015 році, продовжує отримувати великі оновлення та генерувати дохід.

У мобільному сегменті модель F2P з мікротранзакціями та винагородами за перегляд реклами залишається домінантною. Особливістю такого ринку є висока конкуренція за гравця, адже відсоток утримання користувача на мобільних пристроях є значно нижчим, ніж на ПК чи консолях. Середній показник утримання на 1-й день становить 25–30%, на 30-й день — лише 2–5%. Тому завданням розробників є створення продукту, який одразу утримує увагу та водночас стимулює покупки [15].

2.4 Аналіз конкурентного середовища та стратегій провідних компаній

Аналіз конкурентного середовища та стратегій провідних компаній доцільно проводити за трьома рівнями: конкуренція платформ дистрибуції, конкуренція ігрових рушіїв, конкуренція окремих ігор-сервісів. Найбільший інтерес становить перший рівень, оскільки саме він визначає загальну конфігурацію галузі.

У ПК-сегменті ключовими є платформи Steam (Valve) та Epic Games Store (Epic Games). Станом на 2025 рік Steam є домінуючим гравцем на ринку з часткою приблизно 74%. Epic Games контролює 10%, решта припадає на GOG (CD Projekt), Origin (EA), Ubisoft Connect та інші платформи. Незважаючи на домінування магазину Valve, конкуренція стимулювала основних гравців покращувати свої сервіси для залучення потенційних користувачів [16].

У консольному сегменті спостерігається олігополія трьох основних гравців: Sony (~48% ринку встановлених консолей), Nintendo (~32%) та Microsoft (~20%). Стратегії цих компаній суттєво відрізняються. Sony робить ставку на ексклюзивні проекти для власних консолей, хоча компанія також почала портувати ігри на ПК. Microsoft будує мультиплатформну екосистему; сервіс Xbox Game Pass є важливим кроком у цьому напрямі. Проекти студій, придбаних Microsoft, виходять на різних платформах одразу або з часовим інтервалом до одного року. Nintendo фокусується на унікальних ігрових механіках та власних інтелектуальних властивостях (Mario, Zelda, Pokémon), не вступаючи у пряму конкуренцію за графічні потужності з іншими компаніями [17].

На рівні ігрових рушіїв домінує дуополія **Unreal Engine (Epic Games)** та **Unity**. Unreal Engine займає лідируючі позиції у сегменті AAA-ігор (Black Myth Wukong, Final Fantasy, S.T.A.L.K.E.R) завдяки високій якості графіки та потужним інструментам. Unity є стандартом для мобільних ігор та інді-розробки завдяки простоті використання, низькому порогу входження та великій

спільноті. Особливістю конкуренції є те, що обидва рушії пропонують безкоштовний доступ для розробників до досягнення певного рівня доходу, після чого стягується роялті (5% для Unreal Engine, платна підписка для Unity).

2.5 Вплив цифрових технологій на розвиток платформного ринку відеоігор

Розвиток технологій є головним чинником трансформації ринку відеоігор, створюючи нові можливості для монетизації, збору даних про поведінку й інтереси користувачів та взаємодії між гравцями. Комплексний аналіз дозволяє виділити п'ять технологічних напрямів, що спричинили найбільш значні зміни у цій сфері.

По-перше, хмарні обчислення дали змогу розвиватися хмарному геймінгу, оскільки на ранніх стадіях популяризації технологія працювала з великим input lag, через що комфортна гра була майже неможливою. Завдяки цій технології користувач може грати в сучасні ігри за наявності лише стабільного інтернет-з'єднання, а також не прив'язується до ПК. Станом на 2025 рік хмарний геймінг займає 8% ринку з темпами зростання 25% щорічно. Ключовими гравцями є Xbox Cloud Gaming (Microsoft), GeForce Now (NVIDIA), PlayStation Plus Premium. Для системного аналізу ця технологія цікава тим, що змінює структуру власності на контент та динаміку конкуренції [18].

По-друге, технології штучного інтелекту інтегруються у всі етапи життєвого циклу гри: процедурну генерацію світів і підземель (Minecraft, No Man's Sky, The Elder Scrolls IV: Oblivion), динамічну складність гри, адаптивні системи предметів та поведінку NPC. Також ШІ використовується для відстеження неспортивної поведінки й виявлення чітерів (Valorant, CS2) [19].

По-третє, технології блокчейну та невзаємозамінних токенів (NFT) викликали неоднозначну реакцію. У 2021–2023 роках спостерігалася хвиля

пропозицій інтегрувати NFT у відеоігри, що дозволило б гравцям володіти ігровими предметами та обмінювати їх поза грою. Проте гравці зустріли ці спроби переважно негативно через побоювання надмірної комерціалізації та перетворення ігор на магазини з неіснуючим товаром. Одним із близьких за логікою прикладів цифрової торгівлі є торговельний майданчик Steam, де користувачі можуть продавати внутрішньоігрові предмети та залишати кошти на балансі магазину. До 2025 року блокчейн-проекти займають не більше 2% ринку, зосереджуючись у нішевих «play-to-earn» іграх, які функціонують переважно у країнах, що розвиваються.

По-четверте, технології доповненої (AR) та віртуальної реальності (VR) створюють нові категорії платформ. Успіх Pokémon GO (2016) продемонстрував потенціал AR для масової аудиторії, але відсутність повторного хіта сповільнила розвиток. VR-сегмент зріс від ніші ентузіастів до помірно масового рівня (10 млн активних пристроїв Quest станом на 2025 рік), але залишається обмеженим через складність тривалого використання, високу ціну обладнання та недостатню підтримку з боку окремих компаній.

По-п'яте, соціальні інтеграції та розвиток взаємодії у спільноті стали невід'ємною складовою багатьох платформ. Особливо показовим є Discord, який трансформувався із застосунку для спілкування між друзями у повноцінну платформу зі стримінгом, магазином косметики для профілю та інтеграціями з великими брендами. Інші компанії також впроваджують профілі користувачів, системи репутації, гільдії, клани, внутрішньоігрові чати, форуми та можливість ділитися скріншотами й кліпами. Користувачам цікаві екосистеми, де люди мають схожі інтереси, тому зростає рівень lock-in: маючи друзів і предмети на одній платформі, користувач із меншою ймовірністю переходить на іншу [20].

Конкурентне середовище характеризується олігополією на кожному рівні: платформи дистрибуції (Steam, Epic Games, консольні виробники), ігрові рушії (Unreal Engine, Unity), окремі ігри-сервіси (Fortnite, Roblox).

Цифрові технології (хмарні обчислення, ШІ, блокчейн, AR/VR, соціальні інтеграції) спричинили суттєві зміни у функціонуванні ринку, але не всі з них

виправдали початкові очікування інвесторів та користувачів. Хмарний геймінг швидко зростає, AR/VR поки не досягли масовості, тоді як ІІІ та соціальні інтеграції стали стандартом галузі. Водночас ставлення користувачів до ІІІ залишається неоднозначним.

РОЗДІЛ 3 МАТЕМАТИЧНІ ІНСТРУМЕНТИ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ РИНКУ ВІДЕОІГОР

3.1 Кластерний аналіз платформного ринку відеоігор

Для дослідження структури сучасного платформного ринку відеоігор у роботі використовується кластерний аналіз. Основною метою даного методу є виявлення груп платформ, які мають схожі економічні та функціональні характеристики. На відміну від класичних статистичних методів, кластеризація дозволяє не лише оцінити окремі показники платформ, а й визначити типові моделі їх функціонування у межах цифрової екосистеми. Це особливо важливо для ринку відеоігор, оскільки сучасні платформи суттєво відрізняються за способом монетизації, структурою аудиторії, рівнем відкритості екосистеми та роллю сервісних моделей [21].

У межах дослідження кластерний аналіз застосовується для групування платформ Steam, Epic Games Store, GOG, itch.io, PlayStation, Xbox, Nintendo Switch Online, App Store, Google Play, GeForce Now, Roblox, Fortnite / UEFN та Meta Quest Store. Для кожної платформи формується набір параметрів, що характеризують її позицію на ринку. До основних показників належать: масштаб аудиторії; інтенсивність F2P/IAP/live-service; subscription/cloud-орієнтація; відкритість для розробників; екосистемний lock-in; контроль контенту та ексклюзиви; UGC / creator economy; кросплатформність і cloud-ready інфраструктура; залежність від апаратної платформи.

Оскільки показники мають різні одиниці виміру та різний масштаб значень, перед проведенням кластеризації виконується нормалізація даних за допомогою методу StandardScaler із бібліотеки Scikit-learn. Нормалізація дозволяє привести всі параметри до єдиного масштабу та уникнути ситуації, коли один показник надмірно впливає на результат кластеризації. Після цього використовується алгоритм K-Means, який належить до методів машинного навчання без учителя. Його принцип роботи полягає у поділі об'єктів на певну

кількість груп таким чином, щоб платформи всередині одного кластера були максимально схожими між собою, а між різними кластерами — максимально відмінними [22].

У роботі використовується поділ на шість кластерів: закриті апаратно-контентні екосистеми, масові мобільні gatekeeper-платформи, відкриті та нішеві РС-платформи, subscription-cloud екосистеми, UGC / creator economy платформи та великі РС-маркетплейси.

Математична постановка задачі кластеризації

Нехай $X = [x_{ij}]$ — матриця вхідних даних, де i — номер платформи, j — номер ознаки, а x_{ij} — значення j -ї ознаки для i -ї платформи. Оскільки ознаки мають різну дисперсію та зміст, перед кластеризацією виконується стандартизація:

$$z_{ij} = (x_{ij} - \bar{x}_j) / s_j$$

де \bar{x}_j — середнє значення j -ї ознаки;

s_j — стандартне відхилення цієї ознаки у вибірці.

Стандартизація потрібна для того, щоб ознаки з більшими числовими значеннями не домінували над іншими параметрами.

Після стандартизації застосовується алгоритм K-Means. Його цільова функція має вигляд:

$$\min \sum_{k=1}^K \sum_{i \in C_k} \|z_i - \mu_k\|^2$$

де K — кількість кластерів;

C_k — множина платформ, що належать до k -го кластера;

z_i — стандартизований вектор ознак i -ї платформи;

μ_k — центр k -го кластера.

Алгоритм мінімізує суму квадратів відстаней між платформами та центрами кластерів, тобто формує групи максимально схожих між собою об'єктів [23].

Результати кластеризації підтверджують, що сучасний платформний ринок відеоігор є багаторівневою екосистемною структурою. Конкуренція відбувається не лише за гравця, а й за розробника, дані, контент, підписку, інструменти створення користувацького контенту та контроль над каналами дистрибуції. Саме тому стратегічний аналіз ринку потребує поєднання кластерного аналізу з балансним прогнозуванням бізнес-моделей.

3.2 Балансна модель переходів між бізнес-моделями

Для прогнозування трансформації ринку відеоігор у роботі використовується балансна модель переходів між бізнес-моделями. Необхідність застосування такого підходу пов'язана з тим, що сучасний ринок відеоігор характеризується постійним перерозподілом користувачів та доходів між різними способами монетизації. Якщо раніше домінувала premium-модель, у межах якої користувач одноразово купував гру, то сьогодні значну частину ринку займають Free-to-Play проєкти, підпискові сервіси та гібридні моделі монетизації. Саме тому для дослідження довгострокової трансформації індустрії необхідна модель, яка дозволяє описати процес поступового переходу між різними сегментами ринку.

У даній роботі ринок поділяється на чотири взаємовиключні бізнес-моделі: Premium, Free-to-Play/IAP/live-service, Subscription та Other/hybrid. До Premium належать традиційні платні ігри, які продаються за фіксованою ціною. Free-to-Play/IAP/live-service включає безкоштовні ігри з внутрішньоігровими покупками, мікротранзакціями та сервісною підтримкою. Subscription охоплює

підпискові сервіси на зразок Game Pass або PlayStation Plus. До категорії Other/hybrid належать змішані моделі монетизації, DLC, creator economy, внутрішньоігрова реклама та інші комбіновані механізми отримання доходу [24].

Основою моделі є система коефіцієнтів переходу між бізнес-моделями. Вони відображають інтенсивність структурних змін ринку та демонструють, яка частина ринку щороку переходить із одного сегмента до іншого. У роботі використовуються чотири основні коефіцієнти: перехід від Premium до Subscription, перехід від Premium до Other/hybrid, перехід від Free-to-Play до Subscription та перехід від Free-to-Play до Other/hybrid. Дані коефіцієнти не трактуються як відсоток доходу, а вимірюються у відсоткових пунктах ринкової частки за рік.

Оскільки відкриті джерела не містять повної глобальної матриці переходів між бізнес-моделями, ці коефіцієнти розглядаються як сценарно-калібровані параметри. Їх прогнозування здійснюється за адаптивною формулою наближення до довгострокового рівня:

$$k_{j,t} = k_j^* - (k_j^* - k_{j,2026}) \times (1 - \theta_j)^{t-2026},$$

де $k_{j,t}$ — прогнозне значення j -го коефіцієнта у році t ;

k_j^* — довгостроковий рівень інтенсивності переходу;

$k_{j,2026}$ — початкове значення коефіцієнта;

θ_j — швидкість наближення до довгострокового рівня.

Така форма дає змогу описати поступове, а не стрибкоподібне посилення subscription- та hybrid-механік [25].

Після прогнозування коефіцієнтів переходу вони використовуються у балансній системі рівнянь. Частка кожної бізнес-моделі у наступному році визначається шляхом віднімання втрат та додавання переходів з інших сегментів. Основною перевагою балансної моделі є збереження сумарної структури ринку.

Стан ринку у кожному році задається вектором часток:

$$s_t = [P_t, F_t, S_t, O_t]$$

де P_t — частка premium-моделі;

F_t — частка F2P/IAP/live-service;

S_t — частка subscription;

O_t — частка other/hybrid.

Початкова структура на 2025 рік задана так: $P_{2025} = 19,2\%$, $F_{2025} = 68,6\%$, $S_{2025} = 6,6\%$, $O_{2025} = 5,6\%$.

Прогнозні коефіцієнти переходу підставляються у балансні рівняння:

$$P_t = P_{t-1} - a_t - b_t;$$

$$F_t = F_{t-1} - c_t - d_t;$$

$$S_t = S_{t-1} + a_t + c_t;$$

$$O_t = O_{t-1} + b_t + d_t.$$

Головною властивістю цієї системи є баланс часток. Сума змін дорівнює нулю:

$$(-a - b) + (-c - d) + (a + c) + (b + d) = 0.$$

Отже, якщо у базовому році сума часток становить 100%, то вона зберігається на рівні 100% в усіх прогнозних роках. Після визначення часток дохід кожної бізнес-моделі розраховується за формулою:

$$Rev_{i,t} = R_t \times q_{i,t} / 100.$$

На основі отриманих часток додатково розраховуються прогнозні доходи кожної бізнес-моделі. Для цього загальний прогнозований обсяг ринку множиться на відповідну частку сегмента. У результаті модель дозволяє оцінити

не лише структурні зміни ринку, а й економічні наслідки трансформації бізнес-моделей.

РОЗДІЛ 4 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ РОЗВИТКУ РИНКУ ВІДЕОІГОР

4.1 Побудова прогнозу коефіцієнтів переходу та балансної моделі ринку

Для прогнозування зміни структури ринку відеоігор за бізнес-моделями використано балансну модель переходів. На відміну від підходу, у якому cloud gaming міг розглядатися як окрема модель монетизації, у цій моделі хмарні сервіси трактуються як технологія доступу до контенту. Тому ринок поділено на чотири взаємовиключні групи: premium, free-to-play/IAP/live-service, subscription та other/hybrid.

Метою моделювання є отримання прогнозу не лише часток ринку, а й доходів кожної бізнес-моделі. Для цього послідовно виконано три етапи: прогнозування загального обсягу ринку; прогнозування коефіцієнтів переходу між бізнес-моделями; розрахунок часток і доходів у баланській моделі.

4.1.1 Прогноз загального обсягу ринку

Загальний обсяг глобального ринку відеоігор позначимо через R_t , де t — відповідний рік. Для прогнозування використано модель згасаючого приросту:

$$R_t = R_{t-1} \times (1 + g_t)$$

де g_t — темп приросту ринку у році t .

Для 2029–2030 років темп приросту визначено за формулою:

$$g_t = g_{\min} + (g_{2026} - g_{\min}) \times \lambda^{t-2026}$$

На основі прогнозних темпів 2026–2028 років отримано такі параметри: $g_{2026} = 5,85\%$, $g_{2027} = 4,80\%$, $g_{2028} = 4,12\%$, $g_{\min} = 2,86\%$, $\lambda = 0,6502$. Таким чином, модель допускає подальше зростання ринку, але з поступовим уповільненням темпу приросту.

Таблиця 4.1 — Прогноз загального обсягу ринку відеоігор

| Рік | Обсяг ринку, млрд дол. США | YoY, % |
|------|----------------------------|--------|
| 2025 | 196,7 | 7,49 |
| 2026 | 208,2 | 5,85 |
| 2027 | 218,2 | 4,80 |
| 2028 | 227,2 | 4,12 |
| 2029 | 235,6 | 3,68 |
| 2030 | 243,6 | 3,40 |



Рисунок 4.1 — Прогноз загального обсягу ринку відеоігор

4.1.2 Прогноз коефіцієнтів переходу між бізнес-моделями

Для опису трансформації ринку введено чотири коефіцієнти переходу. Вони вимірюються у відсоткових пунктах частки ринку за один рік, а не у відсотках доходу:

a_{PS} — перехід від Premium до Subscription;

b_{PO} — перехід від Premium до Other/hybrid;

c_{FS} — перехід від F2P/IAP/live-service до Subscription;

d_{FO} — перехід від F2P/IAP/live-service до Other/hybrid.

Оскільки відкриті джерела не містять повної глобальної матриці переходів між бізнес-моделями, ці коефіцієнти розглядаються як сценарно-калібровані параметри. Їх прогнозування здійснюється за адаптивною формулою наближення до довгострокового рівня:

$$k_{j,t} = k_j^* - (k_j^* - k_{j,2026}) \times (1 - \theta_j)^{t-2026},$$

де $k_{j,t}$ — прогнозне значення j -го коефіцієнта у році t ;

k_j^* — довгостроковий рівень інтенсивності переходу;

$k_{j,2026}$ — початкове значення коефіцієнта;

θ_j — швидкість наближення до довгострокового рівня.

Така форма дає змогу описати поступове, а не стрибкоподібне посилення subscription- та hybrid-механік.

Таблиця 4.2 — Вхідні параметри прогнозу коефіцієнтів переходу

| Коефіцієнт | Перехід | k_{2026} | k^* | θ | $1 - \theta$ | $k^* - k_{2026}$ |
|------------|--|------------|-------|----------|--------------|------------------|
| a_{PS} | Premium → Subscription | 0.220 | 0.340 | 0.45 | 0.55 | 0.120 |
| b_{PO} | Premium → Other/hybrid | 0.160 | 0.240 | 0.35 | 0.65 | 0.080 |
| c_{FS} | F2P/IAP/live- service → Subscription | 0.240 | 0.380 | 0.45 | 0.55 | 0.140 |
| d_{FO} | F2P/IAP/live- service → Other/hybrid | 0.140 | 0.240 | 0.35 | 0.65 | 0.100 |

Докладний розрахунок коефіцієнтів переходу виконується окремо для кожного напрямку. Для переходів у subscription-модель використано $\theta = 0,45$, тобто швидше наближення до довгострокового рівня. Для переходів в other/hybrid використано $\theta = 0,35$, оскільки гібридні моделі поширюються поступовіше [26].

a_{PS} : Premium → Subscription

Параметри: $k_{2026} = 0,220$, $k^* = 0,340$, $\theta = 0,45$. Отже, $1 - \theta = 0,55$, а $k^* - k_{2026} = 0,120$.

$$a_{PS,t} = 0,340 - 0,120 \times 0,55^{t-2026}.$$

Таблиця 4.3 — Докладний розрахунок коефіцієнта a_{PS}

| Рік | n | base ⁿ | Розрахунок | Значення |
|------|---|-------------------|-------------------------------|----------|
| 2026 | 0 | 1.000000 | $0,340 - 0,120 \times 0,55^0$ | 0,220000 |
| 2027 | 1 | 0.550000 | $0,340 - 0,120 \times 0,55^1$ | 0,274000 |
| 2028 | 2 | 0.302500 | $0,340 - 0,120 \times 0,55^2$ | 0,303700 |
| 2029 | 3 | 0.166375 | $0,340 - 0,120 \times 0,55^3$ | 0,320035 |
| 2030 | 4 | 0.091506 | $0,340 - 0,120 \times 0,55^4$ | 0,329019 |

 b_{PO} : Premium → Other/hybrid

Параметри: $k_{2026} = 0,160$, $k^* = 0,240$, $\theta = 0,35$. Отже, $1 - \theta = 0,65$, а $k^* - k_{2026} = 0,080$.

$$b_{PO,t} = 0,240 - 0,080 \times 0,65^{t-2026}.$$

Таблиця 4.4 — Докладний розрахунок коефіцієнта b_{PO}

| Рік | n | base ⁿ | Розрахунок | Значення |
|------|---|-------------------|-------------------------------|----------|
| 2026 | 0 | 1.000000 | $0,240 - 0,080 \times 0,65^0$ | 0,160000 |
| 2027 | 1 | 0.650000 | $0,240 - 0,080 \times 0,65^1$ | 0,188000 |
| 2028 | 2 | 0.422500 | $0,240 - 0,080 \times 0,65^2$ | 0,206200 |
| 2029 | 3 | 0.274625 | $0,240 - 0,080 \times 0,65^3$ | 0,218030 |
| 2030 | 4 | 0.178506 | $0,240 - 0,080 \times 0,65^4$ | 0,225719 |

 c_{FS} : F2P/IAP/live-service → Subscription

Параметри: $k_{2026} = 0,240$, $k^* = 0,380$, $\theta = 0,45$. Отже, $1 - \theta = 0,55$, а $k^* - k_{2026} = 0,140$.

$$c_{FS,t} = 0,380 - 0,140 \times 0,55^{t-2026}.$$

Таблиця 4.5 — Докладний розрахунок коефіцієнта c_{FS}

| Рік | n | base ⁿ | Розрахунок | Значення |
|------|---|-------------------|-------------------------------|----------|
| 2026 | 0 | 1.000000 | $0,380 - 0,140 \times 0,55^0$ | 0,240000 |
| 2027 | 1 | 0.550000 | $0,380 - 0,140 \times 0,55^1$ | 0,303000 |
| 2028 | 2 | 0.302500 | $0,380 - 0,140 \times 0,55^2$ | 0,337650 |
| 2029 | 3 | 0.166375 | $0,380 - 0,140 \times 0,55^3$ | 0,356708 |
| 2030 | 4 | 0.091506 | $0,380 - 0,140 \times 0,55^4$ | 0,367189 |

d_{FO}: F2P/IAP/live-service → Other/hybrid

Параметри: $k_{2026} = 0,140$, $k^* = 0,240$, $\theta = 0,35$. Отже, $1 - \theta = 0,65$, а $k^* - k_{2026} = 0,100$.

$$d_{FO,t} = 0,240 - 0,100 \times 0,65^{t-2026}.$$

Таблиця 4.6 — Докладний розрахунок коефіцієнта d_{FO}

| Рік | n | base ⁿ | Розрахунок | Значення |
|------|---|-------------------|-------------------------------|----------|
| 2026 | 0 | 1.000000 | $0,240 - 0,100 \times 0,65^0$ | 0,140000 |
| 2027 | 1 | 0.650000 | $0,240 - 0,100 \times 0,65^1$ | 0,175000 |
| 2028 | 2 | 0.422500 | $0,240 - 0,100 \times 0,65^2$ | 0,197750 |
| 2029 | 3 | 0.274625 | $0,240 - 0,100 \times 0,65^3$ | 0,212537 |
| 2030 | 4 | 0.178506 | $0,240 - 0,100 \times 0,65^4$ | 0,222149 |

Таблиця 4.7 — Підсумковий прогноз коефіцієнтів переходу, в.п.

| Рік | aps | bpo | cfs | dfo |
|------|-------|-------|-------|-------|
| 2026 | 0,220 | 0,160 | 0,240 | 0,140 |
| 2027 | 0,274 | 0,188 | 0,303 | 0,175 |
| 2028 | 0,304 | 0,206 | 0,338 | 0,198 |
| 2029 | 0,320 | 0,218 | 0,357 | 0,213 |
| 2030 | 0,329 | 0,226 | 0,367 | 0,222 |

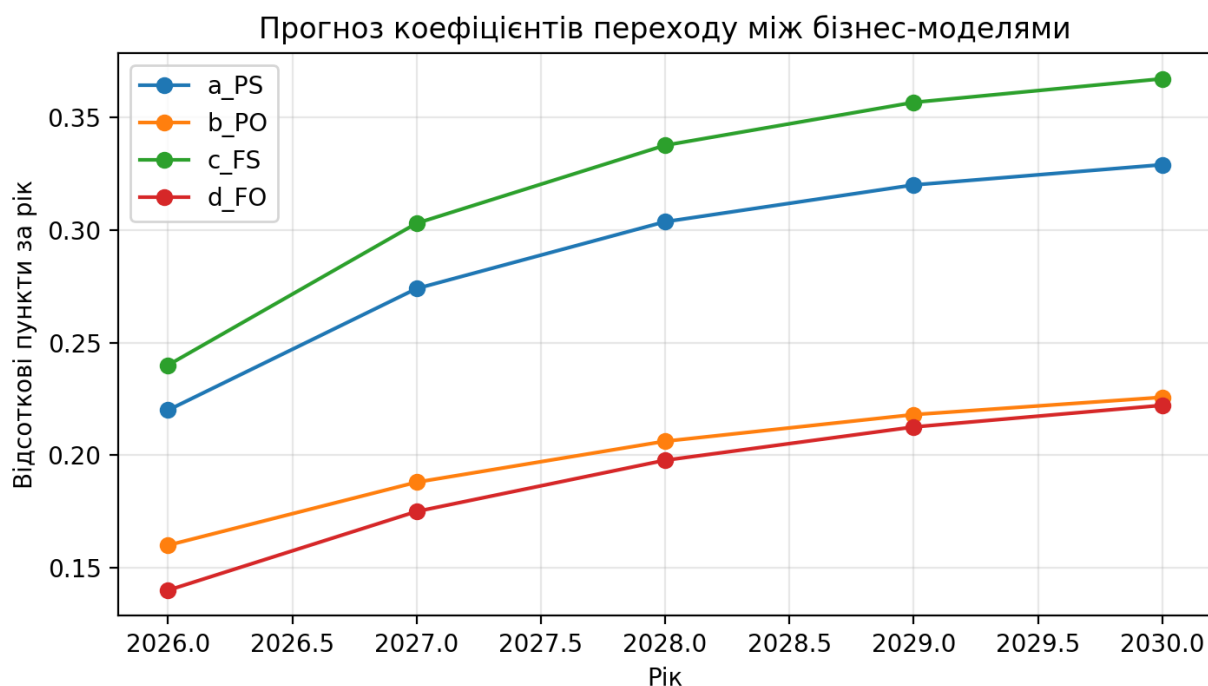


Рисунок 4.2 — Динаміка прогнозних коефіцієнтів переходу

4.1.3 Використання прогнозних коефіцієнтів у баланській моделі

Стан ринку у кожному році задається вектором часток:

$$s_t = [P_t, F_t, S_t, O_t],$$

де P_t — частка premium-моделі;

F_t — частка F2P/IAP/live-service;

S_t — частка subscription;

O_t — частка other/hybrid.

Початкова структура на 2025 рік задана так: $P_{2025} = 19,2\%$, $F_{2025} = 68,6\%$, $S_{2025} = 6,6\%$, $O_{2025} = 5,6\%$.

Прогнозні коефіцієнти переходу підставляються у балансні рівняння:

$$P_t = P_{t-1} - a_t - b_t;$$

$$F_t = F_{t-1} - c_t - d_t;$$

$$S_t = S_{t-1} + a_t + c_t;$$

$$O_t = O_{t-1} + b_t + d_t.$$

Головною властивістю цієї системи є баланс часток. Сума змін дорівнює нулю:

$$(-a - b) + (-c - d) + (a + c) + (b + d) = 0.$$

Отже, якщо у базовому році сума часток становить 100%, то вона зберігається на рівні 100% в усіх прогнозних роках. Після визначення часток дохід кожної бізнес-моделі розраховується за формулою:

$$Rev_{i,t} = R_t \times q_{i,t} / 100$$

Таблиця 4.8 — Щорічні зміни часток у баланській моделі, в.п.

| Рік | Premium | F2P | Subscription | Other/hybrid | Сума змін |
|------|---------|--------|--------------|--------------|-----------|
| 2026 | -0,380 | -0,380 | 0,460 | 0,300 | 0,000000 |
| 2027 | -0,462 | -0,478 | 0,577 | 0,363 | 0,000000 |
| 2028 | -0,510 | -0,535 | 0,641 | 0,404 | -0,000000 |
| 2029 | -0,538 | -0,569 | 0,677 | 0,431 | 0,000000 |

| | | | | | |
|------|--------|--------|-------|-------|----------|
| 2030 | -0,555 | -0,589 | 0,696 | 0,448 | 0,000000 |
|------|--------|--------|-------|-------|----------|

Наприклад, для 2026 року використовуються коефіцієнти $a = 0,220$; $b = 0,160$; $c = 0,240$; $d = 0,140$. Тоді розрахунок має вигляд:

$$P_{2026} = 19,20 - 0,220 - 0,160 = 18,82\%;$$

$$F_{2026} = 68,60 - 0,240 - 0,140 = 68,22\%;$$

$$S_{2026} = 6,60 + 0,220 + 0,240 = 7,06\%;$$

$$O_{2026} = 5,60 + 0,160 + 0,140 = 5,90\%.$$

Перевірка: $18,82 + 68,22 + 7,06 + 5,90 = 100,00\%$. Отже, модель зберігає баланс часток.

4.1.4 Результати балансного прогнозу

Таблиця 4.9 — Прогноз часток ринку за бізнес-моделями, %

| Рік | Premium, % | F2P/IAP/live- service, % | Subscription, % | Other/hybrid, % | Сума, % |
|------|---------------|-----------------------------|--------------------|--------------------|------------|
| 2025 | 19,20 | 68,60 | 6,60 | 5,60 | 100,00 |
| 2026 | 18,82 | 68,22 | 7,06 | 5,90 | 100,00 |
| 2027 | 18,36 | 67,74 | 7,64 | 6,26 | 100,00 |
| 2028 | 17,85 | 67,21 | 8,28 | 6,67 | 100,00 |
| 2029 | 17,31 | 66,64 | 8,96 | 7,10 | 100,00 |
| 2030 | 16,76 | 66,05 | 9,65 | 7,55 | 100,00 |

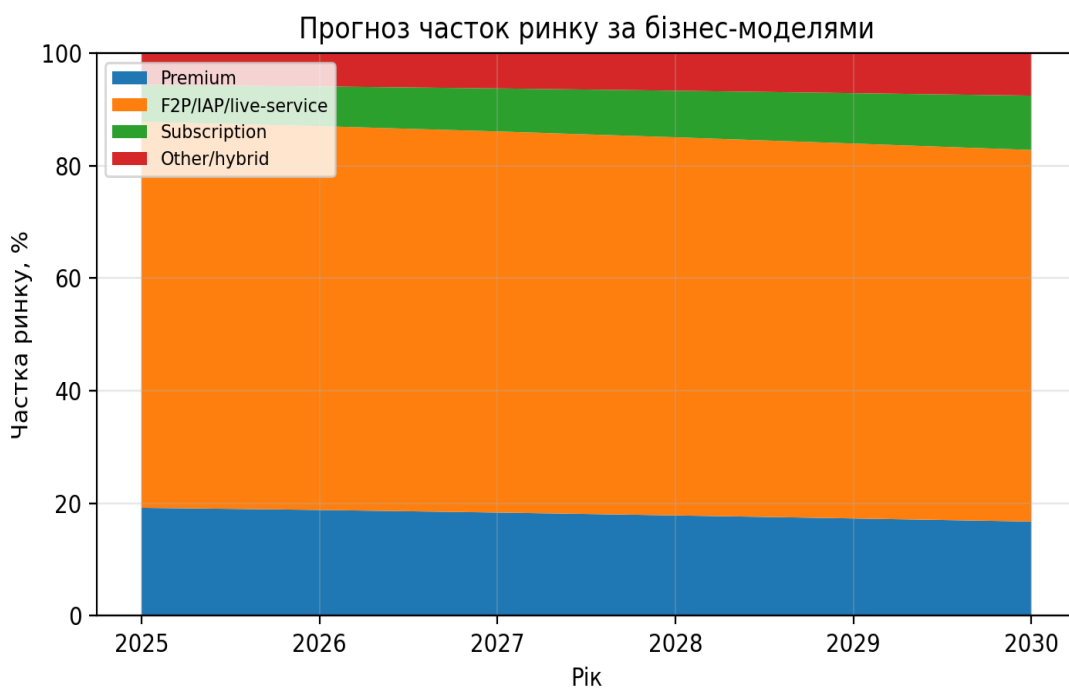


Рисунок 4.3 — Прогноз часток ринку за бізнес-моделями

Таблиця 4.10 — Прогноз доходів за бізнес-моделями, млрд дол. США

| Рік | Premium | F2P/IAP/live-service | Subscription | Other/hybrid | Сума |
|------|---------|----------------------|--------------|--------------|-------|
| 2025 | 37,8 | 134,9 | 13,0 | 11,0 | 196,7 |
| 2026 | 39,2 | 142,0 | 14,7 | 12,3 | 208,2 |
| 2027 | 40,1 | 147,8 | 16,7 | 13,7 | 218,2 |
| 2028 | 40,6 | 152,7 | 18,8 | 15,1 | 227,2 |
| 2029 | 40,8 | 157,0 | 21,1 | 16,7 | 235,6 |
| 2030 | 40,8 | 160,9 | 23,5 | 18,4 | 243,6 |

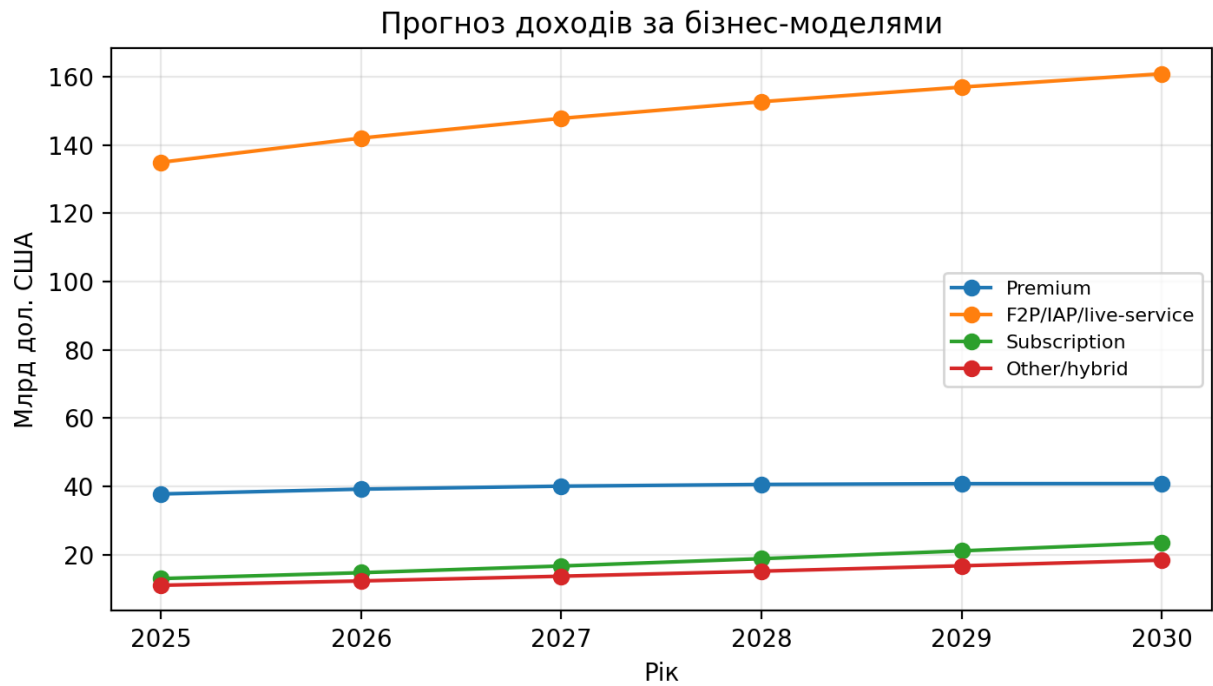


Рисунок 4.4 — Прогноз доходів за бізнес-моделями

4.1.5 Інтерпретація результатів

За базовим сценарієм загальний обсяг глобального ринку відеоігор зростає з 196,7 млрд дол. США у 2025 році до 243,6 млрд дол. США у 2030 році. Середньорічний темп зростання за 2025–2030 роки становить приблизно 4,37%.

Частка premium-моделі поступово знижується з 19,2% у 2025 році до 16,76% у 2030 році. Проте абсолютний дохід premium-сегмента залишається майже стабільним і навіть зростає з 37,8 до 40,8 млрд дол. США, оскільки загальний ринок збільшується.

F2P/IAP/live-service залишається домінантною бізнес-моделлю. Її частка зменшується з 68,6% до 66,05%, але обсяг доходу зростає з 134,9 до 160,9 млрд дол. США.

Subscription-модель демонструє найпомітніше структурне зростання: її частка збільшується з 6,6% до 9,65%, а дохід — з 13,0 до 23,5 млрд дол. США.

Other/hybrid також зростає: частка підвищується з 5,6% до 7,55%, що відображає поширення DLC, UGC, creator economy, внутрішньоігрової реклами та змішаних схем монетизації.

Висновок до підрозділу

Побудована модель дозволяє пов'язати прогноз загального обсягу ринку з прогнозом трансформації його бізнес-моделей. Її перевагою є збереження балансу часток: перерозподіл між premium, F2P/IAP/live-service, subscription та other/hybrid не створює і не втрачає частку ринку. Детальний прогноз коефіцієнтів переходу показує, що найбільша інтенсивність перерозподілу очікується у напрямі subscription-моделі, тоді як hybrid-напрями зростають поступовіше. Отримані результати показують, що найбільшою категорією залишиться F2P/IAP/live-service, однак найбільший приріст частки очікується у subscription та other/hybrid-напрямах.

4.2 Багатокритеріальна кластерна модель платформних екосистем ринку відеоігор

Для поглиблення аналізу конкурентного середовища платформного ринку відеоігор у роботі побудовано багатокритеріальну кластерну модель. Її метою є не лише механічне групування платформ за розміром аудиторії, а й виявлення стратегічних типів цифрових екосистем, які відрізняються за способом монетизації, ступенем відкритості, силою екосистемного замкнення, роллю користувацького контенту та залежністю від апаратної платформи.

На відміну від базового підходу, у якому кластеризація виконувалася за обмеженим набором ознак, розширена модель розглядає платформу як складну систему взаємодії гравців, розробників, контенту, сервісів підписки, хмарної інфраструктури та інструментів створення користувацького контенту. Такий підхід узгоджується із загальною логікою роботи, оскільки конкуренція у

відеоігровій індустрії дедалі частіше відбувається не між окремими іграми, а між платформними екосистемами.

До вибірки включено 13 платформ: Steam, Epic Games Store, GOG, itch.io, PlayStation, Xbox, Nintendo Switch Online, App Store, Google Play, GeForce Now, Roblox, Fortnite / UEFN та Meta Quest Store. Розширення вибірки порівняно з базовою моделлю дає змогу окремо виділити мобільні gatekeeper-платформи, PC-маркетплейси, закриті апаратно-контентні екосистеми, subscription-cloud сервіси та UGC/creator economy платформи.

4.2.1 Вибір ознак для кластеризації

Для кожної платформи сформовано вектор із дев'яти ознак. Значення ознак задано у шкалі від 0 до 100, де 0 означає мінімальний прояв відповідної характеристики, а 100 — максимальний. Частина показників спирається на відкриті статистичні та корпоративні джерела, а частина є експертно-каліброваними індексами, необхідними для формалізації якісних властивостей екосистеми, таких як lock-in або відкритість для розробників.

Таблиця 4.11 — Ознаки багатокритеріальної кластерної моделі

| Позначення | Ознака | Економічний зміст |
|------------|--|--|
| A1 | Масштаб аудиторії | Оцінює глобальне охоплення платформи та потенціал мережевих ефектів. |
| A2 | Інтенсивність F2P/IAP/live-service | Відображає роль free-to-play, внутрішньоігрових покупок, battle pass та регулярних оновлень. |
| A3 | Subscription/cloud-орієнтація | Показує значення підписок, бібліотек доступу та хмарного запуску ігор. |
| A4 | Відкритість для розробників | Характеризує доступність платформи для сторонніх студій, інді-розробників та модифікацій. |
| A5 | Екосистемний lock-in | Оцінює силу прив'язки користувача через бібліотеку, акаунт, соціальні зв'язки та прогрес. |
| A6 | Контроль контенту та ексклюзиви | Відображає ступінь контролю над каталогом, модерацією, сертифікацією та ексклюзивним контентом. |
| A7 | UGC / creator economy | Оцінює роль користувацького контенту, creator payouts, модів та інструментів створення досвідів. |
| A8 | Кросплатформність і cloud-ready інфраструктура | Показує здатність платформи підтримувати гру між пристроями та хмарний доступ. |
| A9 | Залежність від апаратної платформи | Відображає, наскільки платформа прив'язана до конкретного пристрою або консолі. |

Використання саме таких ознак дозволяє перейти від спрощеного поділу платформ на мобільні, консольні та PC-сервіси до аналізу стратегічних типів екосистем. Наприклад, Steam та Epic Games Store є PC-маркетплейсами, але

відрізняються від GOG та itch.io масштабом аудиторії й сервісною інфраструктурою. Roblox та Fortnite / UEFN мають іншу логіку функціонування: вони виступають не лише каналом дистрибуції, а й середовищем створення контенту користувачами.

4.2.2 Вхідна матриця оцінок платформ

Вхідна матриця оцінок сформована у вигляді числових індексів за шкалою 0–100. Її не слід трактувати як набір абсолютних статистичних величин: це калібрована модельна матриця, у якій кількісні оцінки поєднують відкриті дані, публічні звіти платформ і експертну формалізацію якісних характеристик. Такий підхід є доцільним для кластеризації, оскільки частина важливих характеристик платформ, зокрема lock-in або відкритість екосистеми, не має єдиного офіційного статистичного вимірника .

Таблиця 4.12 — Вхідна матриця оцінок платформ, частина 1

| Платформа | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 |
|---------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Steam | 70 | 55 | 20 | 80 | 55 |
| Epic Games Store | 75 | 70 | 10 | 55 | 45 |
| GOG | 35 | 15 | 5 | 70 | 25 |
| itch.io | 25 | 10 | 0 | 95 | 15 |
| PlayStation | 68 | 35 | 45 | 35 | 85 |
| Xbox | 65 | 45 | 90 | 40 | 80 |
| Nintendo Switch Online | 55 | 25 | 55 | 25 | 90 |
| App Store | 95 | 95 | 15 | 45 | 90 |
| Google Play | 98 | 95 | 10 | 50 | 85 |
| GeForce Now | 45 | 35 | 95 | 30 | 65 |
| Roblox | 90 | 90 | 10 | 85 | 70 |
| Fortnite / UEFN | 85 | 95 | 5 | 70 | 75 |
| Meta Quest Store | 35 | 35 | 20 | 40 | 75 |

Таблиця 4.13 — Вхідна матриця оцінок платформ, частина 2

| Платформа | A6 | A7 | A8 | A9 |
|------------------------|----|-----|----|----|
| Steam | 40 | 50 | 60 | 10 |
| Epic Games Store | 65 | 65 | 65 | 5 |
| GOG | 20 | 15 | 35 | 5 |
| itch.io | 10 | 75 | 40 | 0 |
| PlayStation | 90 | 20 | 40 | 90 |
| Xbox | 80 | 25 | 95 | 85 |
| Nintendo Switch Online | 95 | 20 | 40 | 95 |
| App Store | 60 | 20 | 70 | 10 |
| Google Play | 55 | 25 | 75 | 5 |
| GeForce Now | 35 | 10 | 90 | 20 |
| Roblox | 60 | 100 | 80 | 5 |
| Fortnite / UEFN | 85 | 95 | 90 | 5 |
| Meta Quest Store | 70 | 25 | 45 | 80 |

Під час калібрування враховано, що мобільні екосистеми мають найбільше охоплення та найвищу інтенсивність F2P/IAP-монетизації; консольні екосистеми відзначаються високою апаратною залежністю, контролем контенту та lock-in; subscription-cloud сервіси мають найвищі значення за ознакою A3 та A8; UGC-платформи вирізняються високим значенням ознаки A7 [27].

4.2.3 Математична постановка задачі кластеризації

Нехай $X = [x_{ij}]$ — матриця вхідних даних, де i — номер платформи, j — номер ознаки, а x_{ij} — значення j -ї ознаки для i -ї платформи. Оскільки ознаки мають різну дисперсію та зміст, перед кластеризацією виконується стандартизація:

$$z_{ij} = (x_{ij} - \bar{x}_j) / s_j,$$

де \bar{x}_j — середнє значення j -ї ознаки;

s_j — стандартне відхилення цієї ознаки у вибірці.

Стандартизація потрібна для того, щоб ознаки з більшими числовими значеннями не домінували над іншими параметрами.

Після стандартизації застосовується алгоритм K-Means. Його цільова функція має вигляд:

$$\min \sum_{k=1}^K \sum_{i \in C_k} \|z_i - \mu_k\|^2,$$

де K — кількість кластерів;

C_k — множина платформ, що належать до k -го кластера;

z_i — стандартизований вектор ознак i -ї платформи;

μ_k — центр k -го кластера.

Алгоритм мінімізує суму квадратів відстаней між платформами та центрами кластерів, тобто формує групи максимально схожих між собою об'єктів.

Кількість кластерів не задавалася довільно. Для перевірки було побудовано моделі з $K = 2, 3, 4, 5, 6$. Якість кластеризації оцінювалася за трьома метриками: Silhouette Score, Calinski-Harabasz Index та Davies-Bouldin Index.

Для перших двох метрик більші значення є кращими, а для Davies-Bouldin Index — менші.

Таблиця 4.14 — Оцінювання якості кластеризації для різної кількості кластерів

| К | Silhouette | Calinski-Harabasz | Davies-Bouldin | Inertia |
|---|------------|-------------------|----------------|---------|
| 2 | 0.300 | 6.1 | 1.194 | 75.5 |
| 3 | 0.401 | 9.2 | 0.848 | 41.1 |
| 4 | 0.432 | 9.7 | 0.712 | 27.7 |
| 5 | 0.436 | 10.6 | 0.665 | 18.6 |
| 6 | 0.470 | 11.7 | 0.621 | 12.5 |

За результатами порівняння найкращі значення метрик отримано для $K = 6$: Silhouette Score становить 0,470, Calinski-Harabasz Index — 11,7, а Davies-Bouldin Index — 0,621. Це означає, що поділ на шість кластерів забезпечує найкраще відокремлення стратегічних типів платформ у межах заданої вибірки.

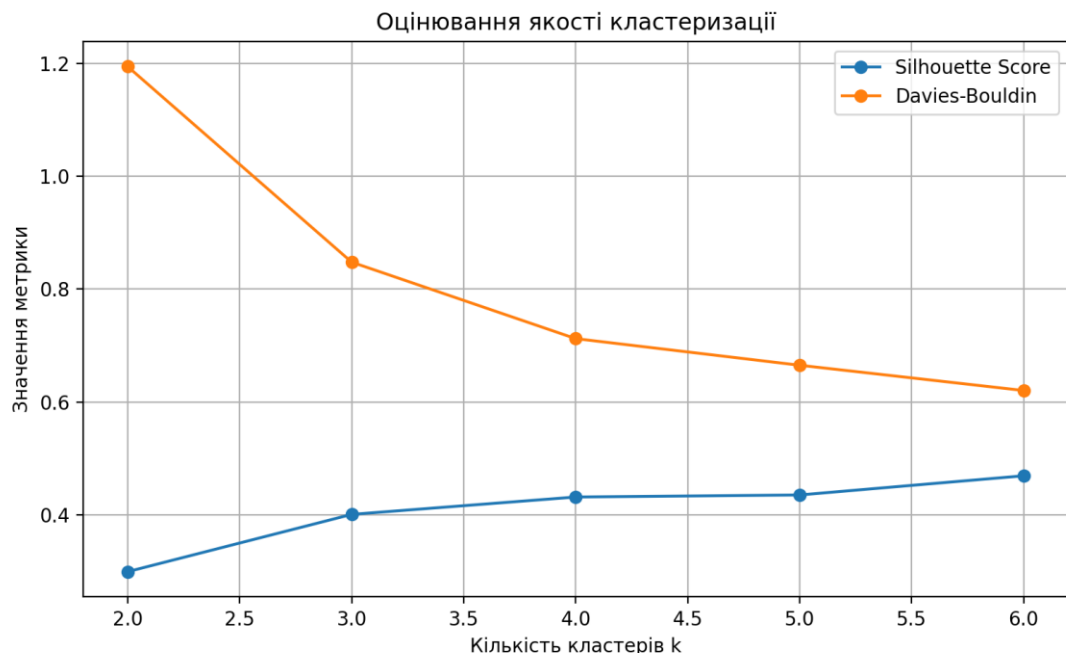


Рисунок 4.5 — Динаміка метрик якості кластеризації

4.2.4 Результати кластеризації платформних екосистем

Після стандартизації вхідних даних та застосування алгоритму K-Means з $K = 6$ отримано шість стратегічних типів платформних екосистем. Результати кластеризації подано у таблиці 4.2.4.

Таблиця 4.15 — Результати кластеризації платформ

| Платформа | Кластер | Тип платформної екосистеми |
|------------------------|---------|---------------------------------------|
| Meta Quest Store | 1 | Закриті апаратно-контентні екосистеми |
| Nintendo Switch Online | 1 | Закриті апаратно-контентні екосистеми |
| PlayStation | 1 | Закриті апаратно-контентні екосистеми |
| App Store | 2 | Масові мобільні gatekeeper-платформи |
| Google Play | 2 | Масові мобільні gatekeeper-платформи |
| GOG | 3 | Відкриті та нішеві PC-платформи |
| itch.io | 3 | Відкриті та нішеві PC-платформи |
| GeForce Now | 4 | Subscription-cloud екосистеми |
| Xbox | 4 | Subscription-cloud екосистеми |
| Fortnite / UEFN | 5 | UGC / creator economy платформи |
| Roblox | 5 | UGC / creator economy платформи |
| Epic Games Store | 6 | Великі PC-маркетплейси |
| Steam | 6 | Великі PC-маркетплейси |

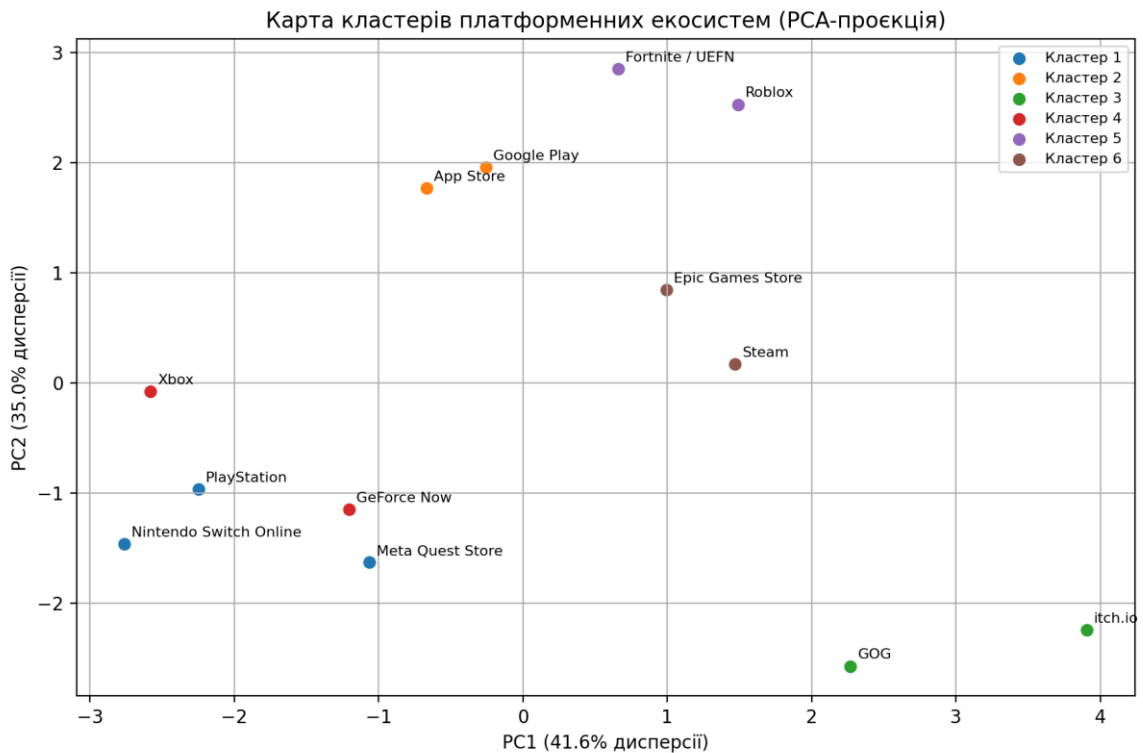


Рисунок 4.6 — PCA-проєкція результатів кластеризації

PCA-проєкція використовується лише для візуалізації: сама кластеризація виконувалася у дев'ятивимірному просторі ознак. На графіку видно, що мобільні платформи, UGC-платформи, subscription-cloud сервіси та закриті апаратні екосистеми займають різні зони, що підтверджує змістовність поділу.

4.2.5 Інтерпретація отриманих кластерів

Кластер 1. Закриті апаратно-контентні екосистеми

До цього кластера належать PlayStation, Nintendo Switch Online та Meta Quest Store. Їх об'єднує висока залежність від апаратної платформи, сильний екосистемний lock-in, контроль над каталогом і велика роль ексклюзивного або сертифікованого контенту. Такі платформи зберігають значення premium-

моделі, оскільки користувач часто купує не лише гру, а доступ до всієї апаратно-контентної екосистеми.

Кластер 2. Масові мобільні gatekeeper-платформи

Кластер формують App Store та Google Play. Вони мають найбільший масштаб аудиторії, найвищу інтенсивність F2P/live-service монетизації. Для цих платформ характерні внутрішньоігрові покупки, рекламна монетизація, комісійна модель магазину та висока роль алгоритмів ранжування застосунків.

Кластер 3. Відкриті та нішеві PC-платформи

До цього кластера увійшли GOG та itch.io. Вони мають меншу аудиторію, але вищу відкритість для розробників, нижчий рівень lock-in і меншу залежність від сервісної F2P-монетизації. Їхня роль полягає у підтримці інді-розробки, експериментального контенту, DRM-free-підходу та нішевих спільнот.

Кластер 4. Subscription-cloud екосистеми

Кластер охоплює Xbox та GeForce Now. Його ключовими характеристиками є subscription/cloud-орієнтація, висока кросплатформність і поступовий перехід від моделі володіння грою до моделі доступу. Саме цей кластер пояснює зростання ролі підписок у балансній моделі переходів між бізнес-моделями .

Кластер 5. UGC / creator economy платформи

До кластера належать Roblox та Fortnite / UEFN. Вони характеризуються високою роллю користувацького контенту, creator economy, внутрішньої валюти, live-service подій і кросплатформного доступу. У таких екосистемах користувач є не лише споживачем, а й потенційним виробником контенту.

Кластер 6. Великі PC-маркетплейси

Кластер формують Steam та Epic Games Store. Вони поєднують цифрову дистрибуцію, велику аудиторію, каталоги premium- та F2P-ігор, соціальні функції, розпродажі, профілі користувачів та інструменти спільноти. Їхня стратегічна роль полягає у конкуренції за розробників, гравців і контроль над PC-дистрибуцією.

4.2.6 Профілі центрів кластерів

Для кількісної інтерпретації кластерів проаналізовано центри кластерів у початковій шкалі 0–100. Значення центрів показують середній профіль відповідного типу платформної екосистеми.

Таблиця 4.16 — Центри кластерів у шкалі 0–100, частина 1

| Кластер | Тип | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 |
|---------|---------------------------------------|------|------|------|------|------|
| 1 | Закриті апаратно-контентні екосистеми | 52.7 | 31.7 | 40.0 | 33.3 | 83.3 |
| 2 | Масові мобільні gatekeeper-платформи | 96.5 | 95.0 | 12.5 | 47.5 | 87.5 |
| 3 | Відкриті та нішеві PC-платформи | 30.0 | 12.5 | 2.5 | 82.5 | 20.0 |
| 4 | Subscription-cloud екосистеми | 55.0 | 40.0 | 92.5 | 35.0 | 72.5 |
| 5 | UGC / creator есоному платформи | 87.5 | 92.5 | 7.5 | 77.5 | 72.5 |
| 6 | Великі PC-маркетплейси | 72.5 | 62.5 | 15.0 | 67.5 | 50.0 |

Таблиця 4.17 — Центри кластерів у шкалі 0–100, частина 2

| Кластер | Тип | A6 | A7 | A8 | A9 |
|---------|---------------------------------------|------|------|------|------|
| 1 | Закриті апаратно-контентні екосистеми | 85.0 | 21.7 | 41.7 | 88.3 |
| 2 | Масові мобільні gatekeeper-платформи | 57.5 | 22.5 | 72.5 | 7.5 |
| 3 | Відкриті та нішеві PC-платформи | 15.0 | 45.0 | 37.5 | 2.5 |
| 4 | Subscription-cloud екосистеми | 57.5 | 17.5 | 92.5 | 52.5 |
| 5 | UGC / creator есоному платформи | 72.5 | 97.5 | 85.0 | 5.0 |
| 6 | Великі PC-маркетплейси | 52.5 | 57.5 | 62.5 | 7.5 |

Профілі центрів підтверджують змістовність поділу. Мобільний кластер має найвищі значення за масштабом аудиторії та F2P/IAP-інтенсивністю; subscription-cloud кластер має максимальні значення за A3 та A8; UGC-кластер має максимальне значення за A7; закриті апаратно-контентні екосистеми мають високі значення за lock-in, контролем контенту та апаратною залежністю.

4.2.7 Зв'язок результатів кластеризації з балансною моделлю бізнес-моделей

Отримана кластеризація не є ізольованим результатом, а доповнює балансну модель переходів між бізнес-моделями. Кожен кластер пояснює, чому певні напрями монетизації посилюються або зберігають свої позиції у прогнозі.

Масові мобільні gatekeeper-платформи пояснюють збереження домінування F2P/IAP/live-service моделі, оскільки саме мобільний сегмент має найбільший масштаб аудиторії та найвищу інтенсивність внутрішньоігрових покупок. Закриті апаратно-контентні екосистеми пояснюють збереження premium-моделі: консолі та VR-платформи продовжують підтримувати продаж повних ігор та ексклюзивного контенту. Subscription-cloud екосистеми пояснюють зростання subscription-моделі, оскільки їхня стратегія базується на доступі до бібліотеки ігор та хмарному запуску [28]. UGC / creator economy платформи пояснюють зростання категорії other/hybrid, до якої належать користувацький контент, creator payouts, внутрішня валюта, DLC та змішані схеми монетизації .

Таким чином, кластерна модель показує не лише поточну структуру конкурентного середовища, а й економічну логіку прогнозних переходів між бізнес-моделями. Вона дозволяє обґрунтувати, чому у баланській моделі F2P/IAP/live-service залишається найбільшою категорією, subscription зростає найшвидше, а other/hybrid поступово посилюється через UGC та creator economy.

Висновок до підрозділу 4.2

Побудована багатокритеріальна кластерна модель дозволила виділити шість стратегічних типів платформних екосистем ринку відеоігор: закриті апаратно-контентні екосистеми, масові мобільні gatekeeper-платформи, відкриті та нішеві PC-платформи, subscription-cloud екосистеми, UGC / creator economy платформи та великі PC-маркетплейси. Такий поділ є змістовнішим за просте групування платформ на мобільні, консольні та цифрові, оскільки враховує монетизацію, відкритість, lock-in, UGC, підписки, хмарну інфраструктуру та апаратну залежність.

Результати кластеризації підтверджують, що сучасний платформний ринок відеоігор є багаторівневою екосистемною структурою. Конкуренція відбувається не лише за гравця, а й за розробника, дані, контент, підписку, інструменти створення користувацького контенту та контроль над каналами дистрибуції. Саме тому стратегічний аналіз ринку потребує поєднання кластерного аналізу з балансним прогнозуванням бізнес-моделей.

ВИСНОВКИ

У рамках дослідження побудовано комплексну модель ринку, яка поєднує кластерну модель платформних екосистем та балансну модель переходу часток ринку. Такий підхід дозволив дослідити не лише поточну структуру ринку, а й довгострокові тенденції його розвитку в умовах цифрової економіки.

Результати багатокритеріальної кластеризації показали, що сучасний ринок відеоігор складається з кількох взаємовиключних типів платформ, які конкурують між собою. Було виділено шість основних кластерів: закриті апаратно-контентні екосистеми, масові мобільні gatekeeper-платформи, відкриті та нішеві PC-платформи, subscription-cloud екосистеми, UGC / creator economy платформи та великі PC-маркетплейси. На відміну від традиційного поділу на мобільні, консольні та цифрові платформи, побудована модель враховує значно ширший спектр характеристик: рівень ecosystem lock-in, ступінь відкритості для розробників, розвиток creator economy, поширення підписок, cloud gaming, cross-platform інтеграцію та залежність від апаратного забезпечення [29].

Проведений аналіз підтвердив, що сучасний ринок відеоігор поступово переходить від класичної моделі продажу окремих ігор до складної платформно-сервісної структури, у межах якої конкуренція відбувається не лише за користувача, а й за цифрову екосистему, контент, інструменти створення UGC, підпискові сервіси та контроль каналів дистрибуції.

Балансна модель прогнозування бізнес-моделей показала, що за базовим сценарієм загальний обсяг глобального ринку відеоігор зросте з 196,7 млрд дол. США у 2025 році до 243,6 млрд дол. США у 2030 році, а середньорічний темп зростання становитиме приблизно 4,37%. При цьому структура ринку поступово змінюватиметься у напрямі сервісних моделей монетизації.

Premium-сегмент продовжить втрачати частку ринку — з 19,2% до 16,76%, однак абсолютний обсяг доходів залишиться відносно стабільним завдяки загальному зростанню ринку. Модель Free-to-Play / IAP / live-service

збереже домінуючу позицію, хоча її частка трохи знизиться. Водночас subscription-модель демонструватиме найвищі темпи структурного зростання: її частка збільшиться з 6,6% до 9,65%, а обсяг доходів майже подвоїться. Також прогнозується зростання hybrid-сегмента, що пов'язано з поширенням DLC, creator economy, внутрішньоігрової реклами та змішаних моделей монетизації.

Перевагою побудованої балансної моделі є збереження структурного балансу ринку: перерозподіл між бізнес-моделями не створює та не втрачає ринкову частку, оскільки сума часток завжди становить 100%. Прогноз коефіцієнтів переходу показав, що найбільша інтенсивність структурних змін очікується саме у напрямі subscription-моделі, що підтверджує посилення ролі сервісної економіки у сучасній індустрії відеоігор.

Таким чином, результати дослідження підтверджують, що глобальний ринок відеоігор перебуває на етапі глибокої цифрової трансформації. Основними чинниками змін стали платформні екосистеми, subscription-моделі, cloud gaming, UGC та сервісні механізми монетизації. Побудована математична модель може бути використана для подальшого стратегічного аналізу ринку, прогнозування розвитку цифрових платформ та оцінки майбутніх змін конкурентного середовища у сфері відеоігор.

Проведене дослідження дозволяє сформулювати низку практичних рекомендацій для учасників ринку відеоігор. Насамперед розробникам доцільно орієнтуватися на мультиплатформність та сервісний підхід до створення продуктів. Сучасний користувач очікує постійного оновлення контенту, кросплатформності та інтеграції соціальних функцій.

Для платформ ключовим напрямом розвитку є побудова екосистеми. У сучасних умовах конкуренція відбувається не лише між окремими іграми, а між платформами та сервісами загалом. Саме тому компанії активно розвивають підписки та інтеграцію цифрових сервісів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Gu T. Year in review: 2025 to date. Newzoo. 18.12.2025. URL: <https://newzoo.com/resources/blog/year-in-review-2025-to-date> (дата звернення: 25.05.2026).
2. Лук'яненко О. Д., Нямецук Г. В. Розвиток платформної економіки у глобальному цифровому середовищі. Міжнародна економічна політика. 2020. № 1–2 (32–33). С. 28–49. DOI: https://doi.org/10.33111/iep.2020.32_33.02. URL: https://iepjournals.com/journals/32–33/2020_2_Lukianenko_Niameshchuk.pdf (дата звернення: 25.05.2026).
3. Середа В. В., Єсімов С. С. Класифікація цифрових платформ для надання публічних послуг. Науковий вісник Львівського державного університету внутрішніх справ. Серія юридична. 2024. № 2. С. 58–65. DOI: <https://doi.org/10.32782/2311–8040/2024–2–9>. URL: <https://dspace.lvduvs.edu.ua/bitstream/1234567890/7891/1/11.pdf> (дата звернення: 25.05.2026).
4. 4 головні тренди, що визначають долю мобільних free-to-play ігор. Plarium. 30.05.2016. URL: <https://company.plarium.com/ua/articles/4-key-trends-shaping-the-future-of-f2p-mobile-games/> (дата звернення: 25.05.2026).
5. Казимиров М. Ігри за підпискою. Майбутнє індустрії чи ідея, приречена на провал? Mezha. 13.07.2025. URL: <https://mezha.ua/articles/igri-za-pidpiskoju-garno-ce-chi-pogano-dlya-industriji-videoigor-303321/> (дата звернення: 25.05.2026).
6. Юренко В. Що таке User-generated content (UGC) і для чого він потрібен: повне керівництво. CASES. 15.03.2023. URL: <https://cases.media/en/article/who-take-user-generated-content-ugc-i-dlya-chogo-vin-potriben-povne-kerivnictvo> (дата звернення: 25.05.2026).
7. Buijsman M. Global games market to hit \$189 billion in 2025 as growth shifts to console. Newzoo. 09.09.2025. URL:

<https://newzoo.com/resources/blog/global-games-market-to-hit-189-billion-in-2025>
(дата звернення: 25.05.2026).

8. Rosier E. Post-pandemic growth returns for PC and console, driven by premium spending and changing price dynamics. Newzoo. 12.03.2026. URL: <https://newzoo.com/resources/blog/post-pandemic-growth-returns-for-pc-and-console-driven-by-premium-spending-and-changing-price-dynamics> (дата звернення: 25.05.2026).

9. Takahashi D. Average age of gamers hits 37 while 67% of Americans play: ESA CEO interview. GamesBeat. 03.06.2026. URL: <https://gamesbeat.com/average-age-of-gamers-hits-37-while-67-of-americans-play-esa-ceo-interview/> (дата звернення: 25.05.2026).

10. Livaniou S. PlayStation vs. Xbox in 2025: The Console War Marketing Strategy That Changed Gaming Forever. Stelnet.io. 01.11.2025. URL: <https://stelnet.io/playstation-vs-xbox-2025-marketing-strategy/> (дата звернення: 25.05.2026).

11. Epic Games, Inc. v. Apple Inc., Case No. 4:20-cv-05640-YGR: Rule 52 Order After Trial on the Merits / United States District Court, Northern District of California. 10.09.2021. URL: <https://regmedia.co.uk/2021/09/10/epic-v-apple.pdf> (дата звернення: 25.05.2026).

12. Прасад А. Microsoft закрила угоду з придбання Activision за \$69 млрд. Forbes Ukraine. 13.10.2023. URL: <https://forbes.ua/news/microsoft-zakrila-ugodu-z-pridbannya-activision-za-69-mlrd-13102023-16665> (дата звернення: 25.05.2026).

13. Toyama M. C., Côrtes M. R. Business Models in the Video Game Market Analysed As a Field. ResearchGate. 2021. URL: https://www.researchgate.net/publication/357935580_Business_Models_in_the_Video_Game_Market_Analysed_As_a_Field (дата звернення: 25.05.2026).

14. Latinskaya E. Popular Monetization Models in the Gaming Industry. DATA40. 11.01.2025. URL: <https://data40.com/articles/popular-monetization-models-in-the-gaming-industry/> (дата звернення: 25.05.2026).

15. Singman M. Mobile Game Retention Benchmarks Decline in 2025. LinkedIn. URL: https://www.linkedin.com/posts/msingman_mobile-benchmarks-2026-investgamenet-activity-7420110311547985920-ff1W (дата звернення: 25.05.2026).
16. Bryan. Steam Statistics: Market Trends 2026. Icon Era. 16.01.2026. URL: <https://icon-era.com/statistics/steam/> (дата звернення: 25.05.2026).
17. Lee R. A. Console Market Share Statistics 2026: PS5, Xbox, and Switch 2. SQ Magazine. 2025. Оновлено: 19.05.2026. URL: <https://sqmagazine.co.uk/console-market-share-statistics/> (дата звернення: 25.05.2026).
18. Cloud Gaming Market Share, Size, Trends, Report 2026. The Business Research Company. URL: <https://www.thebusinessresearchcompany.com/report/cloud-gaming-global-market-report> (дата звернення: 25.05.2026).
19. What is AI in Gaming? Globant. URL: <https://www.globant.com/tech-terms/ai-in-gaming> (дата звернення: 25.05.2026).
20. Dredge S. Discord adds 'Media Channels' and tests 'Server Shop' feature. Music Ally. 21.06.2023. URL: <https://musically.com/2023/06/21/discord-adds-media-channels-and-tests-server-shop-feature/> (дата звернення: 25.05.2026).
21. K-Means Clustering. Ultralytics. URL: <https://www.ultralytics.com/ru/glossary/k-means-clustering> (дата звернення: 25.05.2026).
22. StandardScaler в Python: нормалізація даних для машинного обучения. Skupro. URL: <https://sky.pro/wiki/analytics/standardscaler-v-Python-normalizaciya-dannyh-dlya-mashinnogo-obucheniya/> (дата звернення: 25.05.2026).
23. Clustering: an objective, an algorithm and a guarantee URL: https://mmids-textbook.github.io/chap01_intro/03_clustering/roch-mmids-intro-clustering.html?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 25.05.2026).

24. Wong A. The Analysis of Different Monetization Models That Are in the Video Game Industry and Their Real-Life Applications. Research Archive of Rising Scholars. 25.08.2024. DOI: <https://doi.org/10.58445/rars.1534>. URL: <https://research-archive.org/index.php/rars/preprint/view/1534> (дата звернення: 25.05.2026).

25. Ганчук А.А Методи прогнозування URL: <https://prognoz.ck.ua/ForecastingMethodsBook-main.pdf> (дата звернення: 25.05.2026).

26. How game subscriptions are redefining mobile game monetization URL: <https://xsolla.com/blog/how-game-subscriptions-are-redefining-mobile-game-monetization/> (дата звернення: 25.05.2026).

27. Steam & Game Stats. Steam. URL: <https://store.steampowered.com/stats/stats/> (дата звернення: 25.05.2026).

28. NVIDIA. GeForce NOW Premium Memberships. NVIDIA. URL: <https://www.nvidia.com/en-us/geforce-now/premium-memberships/> (дата звернення: 25.05.2026).

29. Wong A. The Analysis of Different Monetization Models That Are in the Video Game Industry and Their Real-Life Applications. Research Archive of Rising Scholars. 25.08.2024. DOI: <https://doi.org/10.58445/rars.1534>. URL: <https://research-archive.org/index.php/rars/preprint/view/1534> (дата звернення: 25.05.2026).

ДОДАТОК А

Код програми

```

import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
from sklearn.preprocessing import StandardScaler
from sklearn.cluster import KMeans
from sklearn.metrics import silhouette_score, calinski_harabasz_score,
davies_bouldin_score
from sklearn.decomposition import PCA

from gdfs import scaler

# Дані
data = pd.DataFrame({
    "platform": [
        "Steam", "Epic Games Store", "GOG", "itch.io",
        "PlayStation", "Xbox", "Nintendo Switch Online",
        "App Store", "Google Play", "GeForce Now",
        "Roblox", "Fortnite / UEFN", "Meta Quest Store"
    ],
    "audience_scale": [70, 75, 35, 25, 68, 65, 55, 95, 98, 45, 90, 85, 35],
    "f2p_iap_intensity": [55, 70, 15, 10, 35, 45, 25, 95, 95, 35, 90, 95, 35],
    "subscription_cloud": [20, 10, 5, 0, 45, 90, 55, 15, 10, 95, 10, 5, 20],
    "developer_openness": [80, 55, 70, 95, 35, 40, 25, 45, 50, 30, 85, 70, 40],
    "ecosystem_lockin": [55, 45, 25, 15, 85, 80, 90, 90, 85, 65, 70, 75, 75],
    "content_control_exclusives": [40, 65, 20, 10, 90, 80, 95, 60, 55, 35, 60, 85, 70],
    "ugc_creator_economy": [50, 65, 15, 75, 20, 25, 20, 20, 25, 10, 100, 95, 25],
    "cross_platform_cloud": [60, 65, 35, 40, 40, 95, 40, 70, 75, 90, 80, 90, 45],
    "hardware_dependency": [10, 5, 5, 0, 90, 85, 95, 10, 5, 20, 5, 5, 80]
})

# =====
# Нормалізація
# =====
X = StandardScaler().fit_transform(data.drop(columns=["platform"]))

# =====
# Пошук оптимального k
# =====
scores = []

for k in range(2, 7):
    model = KMeans(n_clusters=k, random_state=42, n_init=20)
    labels = model.fit_predict(X)

    scores.append([
        k,
        silhouette_score(X, labels),
        calinski_harabasz_score(X, labels),
        davies_bouldin_score(X, labels),
        model.inertia_
    ])

scores_df = pd.DataFrame(
    scores,
    columns=["k", "silhouette", "calinski_harabasz", "davies_bouldin", "inertia"]
)

```

```

print("\nОцінка k:")
print(scores_df.round(3))

# =====
# Кластеризація (обрано k=6)
# =====
kmeans = KMeans(n_clusters=6, random_state=42, n_init=20)
data["cluster"] = kmeans.fit_predict(X)

# Центри кластерів
centers = pd.DataFrame(
    scaler.inverse_transform(kmeans.cluster_centers_),
    columns=data.drop(columns=["platform", "cluster"]).columns
)

# =====
# PCA (3 компоненти)
# =====
pca = PCA(n_components=3)
pcs = pca.fit_transform(X)

data["PC1"], data["PC2"], data["PC3"] = pcs.T

# =====
# 3D ВІЗУАЛІЗАЦІЯ
# =====
fig = plt.figure(figsize=(10,7))
ax = fig.add_subplot(111, projection="3d")

for c in sorted(data.cluster.unique()):
    d = data[data.cluster == c]

    ax.scatter(d.PC1, d.PC2, d.PC3, s=200, label=f"Кластер {c+1}")

    for _, r in d.iterrows():
        ax.text(r.PC1, r.PC2, r.PC3, r.platform, fontsize=8)

ax.set_title("Кластеризація платформного ринку відеоігор")
ax.set_xlabel(f"PC1 ({pca.explained_variance_ratio_[0]*100:.1f}%)")
ax.set_ylabel(f"PC2 ({pca.explained_variance_ratio_[1]*100:.1f}%)")
ax.set_zlabel(f"PC3 ({pca.explained_variance_ratio_[2]*100:.1f}%)")

plt.legend()
plt.tight_layout()
plt.show()
"""
Балансна модель прогнозу розподілу глобального ринку відеоігор за бізнес-
моделями, 2026-2030.

Оновлення: додано докладний розрахунок прогнозних коефіцієнтів переходу
та їх подальше використання у балансній моделі.

Модель має три частини:
1) прогноз загального обсягу ринку R t через модель згасаючого приросту;
2) прогноз коефіцієнтів переходу aPS, bPO, cFS, dFO;
3) балансна модель часток і доходів.

Позначення бізнес-моделей:
P – Premium / buy-to-play;
F – F2P / IAP / live-service;
S – Subscription;
O – Other / hybrid.

```

```

"""
from __future__ import annotations

from dataclasses import dataclass
from pathlib import Path
from typing import Dict, Iterable

import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt

# =====
# 1. Прогноз загального обсягу ринку
# =====

def forecast_market_volume() -> tuple[pd.DataFrame, dict[str, float]]:
    """Повертає прогноз загального обсягу ринку та параметри моделі згасаючого
    приросту."""

    revenue = {
        2020: 173.3,
        2021: 184.5,
        2022: 173.8,
        2023: 176.8,
        2024: 183.0,
        2025: 196.7,
        2026: 208.2,
        2027: 218.2,
        2028: 227.2,
    }

    growth: dict[int, float] = {}
    for year in range(2021, 2029):
        growth[year] = revenue[year] / revenue[year - 1] - 1

    g_2026 = growth[2026]
    g_2027 = growth[2027]
    g_2028 = growth[2028]

    # Модель згасаючого приросту:
    #  $g_t = g_{\text{floor}} + (g_{2026} - g_{\text{floor}}) * \text{lambda\_decay}^{(t - 2026)}$ 
    #  $g_{\text{floor}}$  і  $\text{lambda\_decay}$  добираються так, щоб модель точно відтворювала
    # відомі прогнозні темпи 2026, 2027 і 2028 років.
    g_floor = (g_2026 * g_2028 - g_2027**2) / (g_2026 + g_2028 - 2 * g_2027)
    lambda_decay = (g_2027 - g_floor) / (g_2026 - g_floor)

    for year in [2029, 2030]:
        growth[year] = g_floor + (g_2026 - g_floor) * (lambda_decay ** (year -
2026))
        revenue[year] = revenue[year - 1] * (1 + growth[year])

    market_df = pd.DataFrame(
        {
            "year": list(range(2025, 2031)),
            "market_revenue_billion_usd": [revenue[y] for y in range(2025,
2031)],
            "yoy_growth_percent": [growth.get(y, float("nan")) * 100 for y in
range(2025, 2031)],
        }
    )

    params = {

```

```

        "g_2026": g_2026,
        "g_2027": g_2027,
        "g_2028": g_2028,
        "g_floor": g_floor,
        "lambda_decay": lambda_decay,
    }

    return market_df, params

# =====
# 2. Прогноз коефіцієнтів переходу
# =====

@dataclass(frozen=True)
class TransitionParameter:
    """Параметри прогнозу одного коефіцієнта переходу."""

    code: str
    transition: str
    k_2026: float
    k_star: float
    theta: float

    @property
    def base(self) -> float:
        """Основа степеня: 1 - theta."""
        return 1 - self.theta

    @property
    def gap(self) -> float:
        """Різниця між довгостроковим і початковим рівнем."""
        return self.k_star - self.k_2026

    def value(self, year: int) -> float:
        """Прогнозне значення коефіцієнта у заданому році."""
        n = year - 2026
        return self.k_star - self.gap * (self.base**n)

    def formula_text(self) -> str:
        """Текстова форма формули саме для цього коефіцієнта."""
        return f"{self.code}_t = {self.k_star:.3f} - {self.gap:.3f} × {self.base:.2f}^(t - 2026)"

TRANSITION_PARAMETERS: list[TransitionParameter] = [
    TransitionParameter("a_PS", "Premium → Subscription", 0.220, 0.340, 0.45),
    TransitionParameter("b_PO", "Premium → Other/hybrid", 0.160, 0.240, 0.35),
    TransitionParameter("c_FS", "F2P/IAP/live-service → Subscription", 0.240,
0.380, 0.45),
    TransitionParameter("d_FO", "F2P/IAP/live-service → Other/hybrid", 0.140,
0.240, 0.35),
]

def forecast_transition_coefficients(
    parameters: Iterable[TransitionParameter] = TRANSITION_PARAMETERS,
) -> tuple[pd.DataFrame, pd.DataFrame]:
    """Повертає два набори даних:
    1) прогноз коефіцієнтів за роками;
    2) докладні розрахунки для кожного коефіцієнта.

    Формула:

```

```

k_(j,t) = k*_j - (k*_j - k_(j,2026)) * (1 - theta_j)^(t - 2026)
"""

coefficient_rows: list[dict[str, float | int]] = []
detail_rows: list[dict[str, float | int | str]] = []

params = list(parameters)

for year in range(2026, 2031):
    row: dict[str, float | int] = {"year": year}
    for param in params:
        value = param.value(year)
        row[param.code] = value

        n = year - 2026
        power_value = param.base**n
        detail_rows.append(
            {
                "coefficient": param.code,
                "transition": param.transition,
                "year": year,
                "n = year - 2026": n,
                "base = 1 - theta": param.base,
                "base^n": power_value,
                "k_star": param.k_star,
                "gap = k_star - k_2026": param.gap,
                "calculation": f"{param.k_star:.3f} - {param.gap:.3f} *
{param.base:.2f}^{n}",
                "value": value,
            }
        )
    coefficient_rows.append(row)

coefficients_df = pd.DataFrame(coefficient_rows)
details_df = pd.DataFrame(detail_rows)
return coefficients_df, details_df

# =====
# 3. Балансна модель часток і доходів
# =====

def solve_balance_model(coefficients_df: pd.DataFrame, market_df: pd.DataFrame)
-> tuple[pd.DataFrame, pd.DataFrame, pd.DataFrame]:
    """Розв'язує балансну модель часток і доходів.

    Балансні рівняння:
    P_t = P_(t-1) - a_t - b_t
    F_t = F_(t-1) - c_t - d_t
    S_t = S_(t-1) + a_t + c_t
    O_t = O_(t-1) + b_t + d_t
    """

    shares: dict[int, dict[str, float]] = {
        2025: {
            "Premium": 19.2,
            "F2P/IAP/live-service": 68.6,
            "Subscription": 6.6,
            "Other/hybrid": 5.6,
        }
    }

    delta_rows: list[dict[str, float | int]] = []

```

```

    coefficients_by_year =
coefficients_df.set_index("year").to_dict(orient="index")

    for year in range(2026, 2031):
        prev = shares[year - 1]
        coeffs = coefficients_by_year[year]
        a = float(coeffs["a_PS"])
        b = float(coeffs["b_PO"])
        c = float(coeffs["c_FS"])
        d = float(coeffs["d_FO"])

        delta_p = -a - b
        delta_f = -c - d
        delta_s = a + c
        delta_o = b + d

        shares[year] = {
            "Premium": prev["Premium"] + delta_p,
            "F2P/IAP/live-service": prev["F2P/IAP/live-service"] + delta_f,
            "Subscription": prev["Subscription"] + delta_s,
            "Other/hybrid": prev["Other/hybrid"] + delta_o,
        }

        delta_rows.append(
            {
                "year": year,
                "delta_premium": delta_p,
                "delta_f2p": delta_f,
                "delta_subscription": delta_s,
                "delta_other_hybrid": delta_o,
                "sum_of_deltas": delta_p + delta_f + delta_s + delta_o,
            }
        )

    shares_rows = []
    for year in range(2025, 2031):
        row = {"year": year, **shares[year]}
        row["sum_percent"] = sum(shares[year].values())
        shares_rows.append(row)

    shares_df = pd.DataFrame(shares_rows)
    deltas_df = pd.DataFrame(delta_rows)

    market_lookup =
market_df.set_index("year")["market_revenue_billion_usd"].to_dict()
    revenue_rows = []
    for _, share_row in shares_df.iterrows():
        year = int(share_row["year"])
        total_market = float(market_lookup[year])
        row = {"year": year}
        for model in ["Premium", "F2P/IAP/live-service", "Subscription",
"Other/hybrid"]:
            row[model] = total_market * float(share_row[model]) / 100
            row["sum_billion_usd"] = sum(row[m] for m in ["Premium", "F2P/IAP/live-
service", "Subscription", "Other/hybrid"])
            revenue_rows.append(row)

    revenues_by_model_df = pd.DataFrame(revenue_rows)
    return shares_df, deltas_df, revenues_by_model_df

# =====
# 4. Допоміжні функції виведення

```

```

# =====

def print_transition_formulas(parameters: Iterable[TransitionParameter] =
TRANSITION_PARAMETERS) -> None:
    print("Формули прогнозу коефіцієнтів переходу:")
    print("k_(j,t) = k*_j - (k*_j - k_(j,2026)) × (1 - theta_j)^(t - 2026)")
    print()
    for param in parameters:
        print(f"{param.code} ({param.transition}):")
        print(f"  k_2026 = {param.k_2026:.3f}")
        print(f"  k*      = {param.k_star:.3f}")
        print(f"  theta   = {param.theta:.2f}")
        print(f"  1-theta = {param.base:.2f}")
        print(f"  k* - k_2026 = {param.gap:.3f}")
        print(f"  {param.formula_text()}")
        print()

def print_detail_calculations(details df: pd.DataFrame) -> None:
    print("Докладні розрахунки коефіцієнтів переходу:")
    for coefficient in details_df["coefficient"].unique():
        subset = details_df[details_df["coefficient"] == coefficient]
        transition = subset["transition"].iloc[0]
        print(f"\n{coefficient}: {transition}")
        print("Pik | n | base^n | розрахунок | значення")
        for _, row in subset.iterrows():
            print(
                f"{int(row['year'])} | {int(row['n = year - 2026'])} | "
                f"{row['base^n']:.6f} | {row['calculation']} | "
                f"{row['value']:.6f}"
            )

def save_outputs(
    output_dir: str | Path,
    market_df: pd.DataFrame,
    coefficients_df: pd.DataFrame,
    details_df: pd.DataFrame,
    deltas_df: pd.DataFrame,
    shares_df: pd.DataFrame,
    revenues_by_model_df: pd.DataFrame,
) -> None:
    """Зберігає розрахункові таблиці у CSV. Необов'язковий блок для
    відтворюваності."""
    out = Path(output_dir)
    out.mkdir(parents=True, exist_ok=True)

    market_df.to_csv(out / "market_forecast.csv", index=False)
    coefficients_df.to_csv(out / "transition_coefficients_forecast.csv",
index=False)
    details_df.to_csv(out / "transition_coefficients_detailed_calculations.csv",
index=False)
    deltas_df.to_csv(out / "balance_model_deltas.csv", index=False)
    shares_df.to_csv(out / "balance_model_shares.csv", index=False)
    revenues_by_model_df.to_csv(out / "balance_model_revenues.csv", index=False)

def save_charts(
    output_dir: str | Path,
    market_df: pd.DataFrame,
    coefficients_df: pd.DataFrame,
    shares_df: pd.DataFrame,
    revenues_by_model_df: pd.DataFrame,

```

```

) -> None:
    """Зберігає основні графіки моделі у PNG-файли."""
    out = Path(output_dir)
    out.mkdir(parents=True, exist_ok=True)

    plt.rcParams["font.family"] = "DejaVu Sans"

    fig, ax = plt.subplots(figsize=(9, 5))
    ax.plot(market_df["year"], market_df["market_revenue_billion_usd"],
marker="o")
    ax.set_title("Прогноз загального обсягу ринку відеоігор")
    ax.set_xlabel("Рік")
    ax.set_ylabel("Млрд дол. США")
    ax.grid(True, alpha=0.3)
    fig.tight_layout()
    fig.savefig(out / "market_forecast.png", dpi=200)
    plt.close(fig)

    fig, ax = plt.subplots(figsize=(9, 5))
    for col in ["a PS", "b PO", "c FS", "d FO"]:
        ax.plot(coefficients_df["year"], coefficients_df[col], marker="o",
label=col)
    ax.set_title("Прогноз коефіцієнтів переходу")
    ax.set_xlabel("Рік")
    ax.set_ylabel("Відсоткові пункти за рік")
    ax.legend()
    ax.grid(True, alpha=0.3)
    fig.tight_layout()
    fig.savefig(out / "transition_coefficients.png", dpi=200)
    plt.close(fig)

    fig, ax = plt.subplots(figsize=(9, 5))
    ax.stackplot(
        shares_df["year"],
        shares_df["Premium"],
        shares_df["F2P/IAP/live-service"],
        shares_df["Subscription"],
        shares_df["Other/hybrid"],
        labels=["Premium", "F2P/IAP/live-service", "Subscription",
"Other/hybrid"],
    )
    ax.set_title("Прогноз часток ринку за бізнес-моделями")
    ax.set_xlabel("Рік")
    ax.set_ylabel("Частка ринку, %")
    ax.set_ylim(0, 100)
    ax.legend(loc="upper left")
    ax.grid(True, alpha=0.3)
    fig.tight_layout()
    fig.savefig(out / "market_shares_forecast.png", dpi=200)
    plt.close(fig)

    fig, ax = plt.subplots(figsize=(9, 5))
    for col in ["Premium", "F2P/IAP/live-service", "Subscription",
"Other/hybrid"]:
        ax.plot(revenues_by_model_df["year"], revenues_by_model_df[col],
marker="o", label=col)
    ax.set_title("Прогноз доходів за бізнес-моделями")
    ax.set_xlabel("Рік")
    ax.set_ylabel("Млрд дол. США")
    ax.legend()
    ax.grid(True, alpha=0.3)
    fig.tight_layout()
    fig.savefig(out / "business_model_revenues_forecast.png", dpi=200)
    plt.close(fig)

```

```

# =====
# 5. Запуск моделі
# =====

def main() -> None:
    market_df, market_params = forecast_market_volume()
    coefficients_df, details_df = forecast_transition_coefficients()
    shares_df, deltas_df, revenues_by_model_df =
    solve_balance_model(coefficients_df, market_df)

    print("===== Параметри прогнозу загального обсягу ринку
=====")
    for key, value in market_params.items():
        if key.startswith("g"):
            print(f"{key}: {value:.4%}")
        else:
            print(f"{key}: {value:.4f}")

    print("\n===== Прогноз загального обсягу ринку =====")
    print(market_df.to_string(index=False, formatters={
        "market_revenue_billion_usd": "{:.1f}".format,
        "yoy_growth_percent": "{:.2f}".format,
    })))

    print("\n===== Формули та параметри коефіцієнтів переходу
=====")
    print_transition_formulas()

    print("\n===== Прогноз коефіцієнтів переходу, в.п.
=====")
    print(coefficients_df.to_string(index=False, formatters={
        "aPS": "{:.3f}".format,
        "bPO": "{:.3f}".format,
        "cFS": "{:.3f}".format,
        "dPO": "{:.3f}".format,
    })))

    print("\n===== Докладні розрахунки коефіцієнтів
=====")
    print_detail_calculations(details_df)

    print("\n===== Щорічні зміни часток у баланській моделі
=====")
    print(deltas_df.to_string(index=False, formatters={
        "delta_premium": "{:.3f}".format,
        "delta_f2p": "{:.3f}".format,
        "delta_subscription": "{:.3f}".format,
        "delta_other_hybrid": "{:.3f}".format,
        "sum_of_deltas": "{:.6f}".format,
    })))

    print("\n===== Балансна модель: частки ринку, %
=====")
    print(shares_df.to_string(index=False, formatters={
        "Premium": "{:.2f}".format,
        "F2P/IAP/live-service": "{:.2f}".format,
        "Subscription": "{:.2f}".format,
        "Other/hybrid": "{:.2f}".format,
        "sum_percent": "{:.2f}".format,
    })))

```

```

print("\n===== Балансна модель: доходи за бізнес-моделями, млрд
дол. США =====")
print(revenues_by_model_df.to_string(index=False, formatters={
    "Premium": "{:.1f}".format,
    "F2P/IAP/live-service": "{:.1f}".format,
    "Subscription": "{:.1f}".format,
    "Other/hybrid": "{:.1f}".format,
    "sum_billion_usd": "{:.1f}".format,
}))

# Внутрішні перевірки коректності моделі.
assert all(abs(x - 100) < 1e-9 for x in shares_df["sum_percent"]), "Сума
часток не дорівнює 100%."
assert all(abs(x) < 1e-9 for x in deltas_df["sum_of_deltas"]), "Сума змін
часток не дорівнює нулю."

output_dir = Path(__file__).resolve().parent / "model_outputs"
save_outputs(
    output_dir=output_dir,
    market_df=market_df,
    coefficients_df=coefficients_df,
    details_df=details_df,
    deltas_df=deltas_df,
    shares_df=shares_df,
    revenues_by_model_df=revenues_by_model_df,
)
save_charts(
    output_dir=output_dir,
    market_df=market_df,
    coefficients_df=coefficients_df,
    shares_df=shares_df,
    revenues_by_model_df=revenues_by_model_df,
)
print(f"\nCSV-таблиці та PNG-графіки збережено у папці {output_dir}/.")

if __name__ == "__main__":
    main()

```