

УДК 004.9

Власенко Д.А.¹, Терещенко Е.В.²

¹ студ. гр. КНТ-812 НУ «Запорізька політехніка»

² доц. НУ «Запорізька політехніка»

СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ І РОЗРОБКА АГЕНТНО-ОРІЄНТОВАНОГО СЕРЕДОВИЩА ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ РИНКУ ЦИФРОВИХ АКТИВІВ

Steam – одна з найбільших ігрових платформ у світі, розроблена компанією Valve, ключовим інструментом якої є ринок спільноти – Steam Community Market. Він дозволяє гравцям торгувати цифровими предметами між собою. Найбільшою економікою платформи є косметичні предмети Counter-Strike 2 (CS2), загальна капіталізація усіх предметів, на початок 2026 року, перевищувала 5 млрд дол. США (Pricempire [1]). Закритість компанії Valve, відсутність публічних даних про зміну комісійної політики та гетерогенність учасників ринку унеможливають застосування традиційних аналітичних методів. Метою робіт є розроблення обчислювальної моделі ринку з продажу віртуальних предметів для кількісної оцінки впливу комісії, структури учасників, періоду блокування предметів на динаміку цін, обсяги торгів і прибутковість платформи. Для реалізації обрано поєднання агентно-орієнтованого моделювання (ABM) та методу Монте-Карло [2,3]. ABM відтворює поведінку учасників і внутрішні механізми ринку, а метод Монте-Карло забезпечує статистичну значущість результатів. Модель реалізована мовою Python. Клас Market відтворює внутрішню логіку ринку Steam: узгодження замовлень, розрахунків комісії та періоду блокування предметів, запобігання самоторговлі. Для збереження списку замовлень використовується (SortedList), це дозволяє швидко виконувати будь-які операції зі складністю $O(\log n)$. Ціни представлені цілими числами (Integer), для уникнення похибок округлення. Модуль DropGenerator імітує щотижневе випадіння предметів з активну гру. Гетерогенність учасників досягається нормальним розподілом балансів і випадковими параметрами: імпульсивності чи толерантності до ризику, що впливають на рішення агентів. Визначено чотири основні типи агентів: Novice – примітивний учасник, торгує за поточною ринковою ціною; Trader – орієнтований на перепродаж із прибутком; Investor – купує великі обсяги очікуючи на довгострокове зростання ціни; Farmer – суб'єкт, що вдається до зловживання ігровими механіками з метою заробітку.

Було проведено серію експериментів із різними параметрами та виявлено такі ключові закономірності. Багатокритеріальна оптимізація показала, що збалансований оптимум комісії знаходиться в діапазоні 30-40%. Зміна складу ринку зміщує оптимум: домінування трейдерів зсуває його вліво, домінування інвесторів – вправо, оскільки трейдери більш чутливі до

рівня комісії. Еластичність обсягу продажів відносно комісії є від'ємною, але за абсолютним значенням менша за одиницю: зростання комісії помірно знижує торгівельну активність. Комісійний прибуток зростає монотонно із затуханням приросту після позначки 40%. Збільшення комісії знижує ціни та спонукає користувачів до прямого поповнення балансу акаунтів, оскільки стягнення комісії з кожного продажу обмежує ліквідність та купівельну спроможність агентів. Довший період блокування (Trade-lock) стримує вищі ціни на предмети протягом тривалого часу (внаслідок обмеження пропозиції), водночас знижуючи ринкову ліквідність. Повна відсутність блокування максимізує обсяг товарообміну.

Висновки. Розроблена модель відтворює ключові механізми ринку віртуальних предметів CS2 і дозволяє кількісно оцінювати вплив основних параметрів на ринок. Фінальний розподіл балансів агентів відповідає закону Больцмана-Гіббса, що підтверджує реалістичність поведінки змодельованої системи. Стягування комісії з кожного продажу виконує подвійну функцію: стримує інфляцію цін в умовах постійного надходження нових предметів і стимулює користувачів до прямого поповнення балансу, що гарантує прямий прибуток платформи. Водночас Trade-lock обмежує пропозицію і підтримує вищий рівень цін, а його відсутність максимізує ліквідність, тому семиденний період блокування на Steam є обґрунтованим компромісом. Новизна роботи полягає у комплексному аналізі взаємодії цих трьох чинників в єдиному симуляційному середовищі. На основі отриманих результатів для ігрових платформ рекомендовано помірне значення комісії (10–30% на етапі зростання з можливим підвищенням після досягнення стабільного ринку та зі збільшенням інфраструктурних витрат) і Trade-lock тривалістю 4–10 діб. Модель є гнучким і масштабованим інструментом: зміна будь-якого параметра потребує лише переналаштування конфігурації, що робить її придатною для подальших досліджень чи практичного застосування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Pricempire. CS2 Market Cap. URL: <https://pricempire.com/app/trendin>. (дата звернення : 14.04.2026).
2. Todd A., Beling P., Scherer W., Yang S.Y. Agent-based financial markets: A review of the methodology and domain. 2016. URL: <https://www.researchgate.net/publication/313802608>. (дата звернення : 14.04.2026).
3. Axtell R.L., Farmer J.D. Agent-Based Modeling in Economics and Finance: Past, Present, and Future. URL: <https://www.researchgate.net/publication/389582157>. (дата звернення : 14.04.2026).