

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет \_\_\_\_\_ Комп'ютерних наук \_\_\_\_\_

Кафедра \_\_\_\_\_ Програмної інженерії \_\_\_\_\_

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

### Пояснювальна записка

рівень вищої освіти - другий (магістерський)

Дослідження внутрішньоігрових алгоритмів з елементами ризику

Виконав:

Студент 2 курсу, групи ШЗм-21-1

\_\_\_\_\_ Пасечник М.К. \_\_\_\_\_

Спеціальність 121-Інженерія програмного забезпечення

Тип програми освітньо-наукова

Керівник доц. Вечур О.В.

Допускається до захисту

Зав. Кафедри, проф. \_\_\_\_\_

З.В. Дудар

2023 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Комп'ютерних наук  
(повна назва)

Кафедра Програмної інженерії  
(повна назва)

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Спеціальність 121 – інженерія програмного забезпечення  
(код і повна назва спеціальності)

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

Освітня програма Інженерія програмного забезпечення  
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:  
Зав.кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис)  
« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023р.

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

студента Пасечніка Максима Костянтиновича  
(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема роботи «Дослідження внутрішньоігрових алгоритмів з елементами ризику» затверджена наказом університету від «03» квітня 2023р. № 83Стз
3. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії «23» травня 2023 р.
4. Вихідні дані до роботи механізм відкриття з закритими вихідними даними, алгоритми внутрішньоігрової монетизації, проблеми прозорості та азартності.
5. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі мета роботи, аналіз предметної галузі та постановка задачі, опис ідеї і алгоритму, проектування і розробка програмного модуля, проектування і проведення експериментів, аналіз результатів.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Пошук інформації та аналогічних рішень	25.09.2022	виконано
2	Розробка плану дослідження	18.10.2022	виконано
3	Вибір та аналіз метрик дослідження	1.11.2022	виконано
4	Вибір моделі для дослідження	6.11.2022	виконано
5	Аналіз предметної галузі та постановка задачі	20.11.2022	виконано
6	Опис ідеї та алгоритму	22.12.2022	виконано
7	Розробка програмної системи	25.01.2023	виконано
8	Проектування і проведення експериментів	22.02.2023	виконано
9	Аналіз отриманих результатів	25.02.2023	виконано
10	Підготовка пояснювальної записки	20.04.2023	виконано
11	Захист роботи	23.05.2023	

Дата видачі завдання \_\_\_\_\_ 202 р.

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ доц. Вечур О.В.

## РЕФЕРАТ / ABSTRACT

Пояснювальна записка містить: 73 стор., 34 джер., 9 табл., 10 рис., 5 дод.

ВІДЕОІГРИ, ГЕЙМДИЗАЙН, ДІАПАЗОН ВИТРАТ, ЛУТБОКСИ, МОНЕТИЗАЦІЯ, НАУКА ПРО ДИЗАЙН, ПРОБЛЕМА АЗАРТНИХ ІГОР, ТАКСОНОМІЯ.

Лутбоксы – це форма монетизації відеоігор, формально подібна до азартних ігор. Існує занепокоєння, що доходи від лутбоксів непропорційно отримуються від невеликого відсотка осіб, які активно беруть участь у цьому, як у випадку з азартними іграми, що потенційно може призвести до фінансової шкоди.

Об'єктом дослідження є алгоритми внутрішньоігрової монетизації з елементами ризику, а саме лутбоксы. Метою роботи є дослідження відмінностей у різних алгоритмах внутрішньоігрової монетизації, створення покращеного та більш прозорого аналогу та дослідження проблеми феномену лутбоксів та діапазону витрат груп людей на них, на основі зібраних та існуючих комерційних даних.

GAME DESIGN, VIDEO GAMES, TAXONOMY, MONETIZATION, LOOT BOXES, DESIGN SCIENCE, GAMBLING PROBLEM, COST RANGE.

Loot boxes are a form of video game monetization that shares formal similarities with gambling. There are concerns that loot box revenues are disproportionately drawn from a small percentage of heavily involved individuals, as is the case with gambling, leading to the potential for financial harm.

This work focuses on the research of in-game monetization algorithms with elements of gambling, loot boxes in particular. The goal is to analyze the differences between contrasting in-game monetization algorithms, creating updated and clearer one

and to investigate the loot box phenomenon and the cost range of spendings based on gathered and imported commercial data.

Я, Пасечнік Максим Костянтинович

(прізвище, ім'я, по-батькові)

студент(ка) групи ІІЗМ-21-1 здобувач вищої освіти на другому (магістерському) рівні кафедра програмної інженерії,

(повна назва кафедри)

заявляю: моя кваліфікаційна робота на тему

Дослідження внутрішньоігрових алгоритмів з елементами ризику,

що буде представлена до ЕК для публічного захисту, виконана самостійно, в ній не містяться елементи плагіату і вона може бути опублікована в електронному архіві відкритого доступу EIArKhNURE. Всі запозичення з друкованих та електронних джерел мають відповідні посилання.

Я ознайомлений(а) з діючим положенням «Про протидію академічному плагіату в ХНУРЕ», згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування дисциплінарних заходів.

## ЗМІСТ

Вступ.....	7
1 Аналіз предметної галузі та постановка задачі.....	9
1.1 Аналіз предметної галузі.....	9
1.2 Огляд наявних алгоритмів.....	10
2 Опис ідеї та алгоритму.....	31
2.1 Опис проблеми, яку вирішує алгоритм.....	31
2.2 Опис роботи алгоритму.....	33
3 Проектування і розробка програмного модулю.....	38
3.1 Вибір середовища та програмного забезпечення.....	38
3.2 Розробка програмного модуля.....	42
4 Проектування і проведення експериментів.....	46
4.1 Вихідні дані.....	46
4.2 План експериментів.....	47
4.3 Результати експериментів.....	48
Висновки.....	55
Перелік джерел посилання.....	56
Додаток А.....	60
Додаток Б.....	61
Додаток В.....	63
Додаток Г.....	64
Додаток Д.....	73

## ВСТУП

Постійно зростаюча залежність індустрії відеоігор від алгоритмів внутрішньоігрової монетизації привернула пильну увагу споживачів і регуляторів. Наприклад, практика продажу випадкового за ціною асортименту віртуальних предметів критикували за відсутність прозорості, оскільки перед покупкою лутбокса гравці не завжди знають можливі предмети, які вони можуть виграти, і їх відповідні ймовірності. Навіть у тих рідкісних випадках, коли список предметів та ймовірності доступні, немає жодних гарантій, що гра дійсно використовує цю інформацію під час випадкового витягування предмета, що, природно, призводить до проблеми довіри та проблем з азартними іграми.

Окрім думки про те, що лутбоксы можуть призвести до проблем із азартними іграми, виникло занепокоєння щодо ймовірності того, що витрати на лутбоксы можуть мати негативні наслідки для кожної окремої особи. Зокрема, існує занепокоєння тим, що доходи від лутбоксів частково залежать від потенційно проблематичних витрати серед невеликої частини геймерів. Є вагомим підстави вважати що це може бути так: широко розрекламована стратегія монетизації в індустрії відеоігор передбачає отримання прибутку шляхом орієнтації на так званих «китів»: гравців з великими витратами. Під китоцентричними за схемою процесами монетизації великі обсяги прибутку отримуються від витрачань невеликої кількості індивідів, а сама ігрова екосистема побудована таким чином, щоб отримати максимум грошей від цих гравців. Дійсно, існують інструменти, які широко використовуються в ігровій індустрії для заохочення саме такого виду розподілу витрат. Однак незрозуміло, чи пов'язані лутбоксы з такими системами розподілу витрат.

Тому існує занепокоєння, що доходи від лутбоксів можуть призвести до ризикованих витрат серед малої частки геймерів. Як зазначалося вище, ці побоювання теоретично виправдані з посиланням на практики монетизації в іграх. Однак вони також теоретично обґрунтовані посиланням на формальну подібність

між лутбоксами та азартними іграми. Здається, азартні ігри є сферою, в якій, як відомо, лиш невелика частина людей витрачає найзначніші кошти, а отже, наражається на фінансовий ризик. Документи, отримані від Комісії з азартних ігор Великобританії, показують, що деякі оператори азартних ігор можуть отримувати понад 80% свого доходу лише від 2% своїх клієнтів; що більше 90% рейків, виплачених в онлайн-покері, отримують лише 10% найкращих гравців. Дійсно, переріз дослідження великих і репрезентативних вибірок французьких (n=15 635) та німецьких (n=15 023) осіб виявили, що переважна більшість витрат на лутбокси може бути приписана невеликому відсотку азартних гравців

Необхідно провести дослідження, яке оцінить всі можливі способи внутрішньої монетизації та обере найпопулярніший або найвірогідніше обраний алгоритм та провести аналіз, чи можливо розбити по критеріям функції цього алгоритму та чи можливо його покращити.

Також необхідно провести дослідження з використанням даних з реалізованого аналогічного комерційного алгоритму щоб визначити, чи можуть існуючі діапазони витрат серед азартних гравців також бути використані у відношенні відкривання лутбоксів.

# 1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ГАЛУЗІ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

## 1.1 Аналіз предметної галузі

Так як основний масив типів внутрішньоігрової монетизації – це комерційні способи отримати більший дохід від продаж гри та несуть в собі скоріш маркетингові дослідження, то було прийняте рішення досліджувати алгоритм такого типу внутрішньоігрової монетизації, як лутбокси.

Лутбокси мають кілька формальних подібностей з азартними іграми: як під час азартних ігор, так і під час покупки лутбоксу, люди роблять ставку на щось цінне, на випадковий результат випадкового процесу, в надії отримати щось більш цінне [1]. Наприклад, в онлайн-відеогрі Counter-Strike: Global Offensive (CSGO), гравці можуть платити реальні гроші, щоб відкрити випадкову віртуальну зброю. Після оплати футляр розпечатується, а його вміст відкривається: вибраний випадковим чином косметичний «скін» для ігрової зброї гравця. Однак, коли гравці передають свої гроші щоб відкрити ящик зі зброєю, вони не зможуть дізнатися, чи платять вони за дешеву та звичайну зброю, або за рідкісну та цінну.

Дійсно, лутбокси так подібні до азартних ігор, що їх регулюють форми азартних ігор на кількох територіях. Наприклад, у Бельгії заборонили деякі лутбокси як незаконну форму нерегульованих азартних ігор[2]. Так само в Китаї лутбокси регулюються національні закони про лотерею, які вимагають від компаній відеоігор розкривати як шанси на отримання конкретної винагороди так і деталі анонімної підмножини всіх лутбоксів, які відкриваються.

Ці структурні подібності викликали занепокоєння, що взаємодія з лутбоксами може спричинити шкоду, таку саму, як і зв'язок з азартними іграми. Проблеми азартних ігор настільки серйозні, що спричиняють серйозні негативні психосоціальні та фінансові наслідки для окремої людини та тих, хто її оточує.

Значна увага прикута до ідеї, що витрати на лутбокси можуть виступати в якості шлюзу для участі в інших формах азартних ігор, а отже, їх розвиток [3].

Лутбоксы можна визначити як предмети у відеоіграх, які можна купити за реальні гроші, але які одночасно мають рандомізовані винагороди. Лутбоксы стали об'єктом ретельного вивчення, принаймні частково завдяки дослідженням, які свідчать про те, що витрати на лутбокс пов'язані з серйозними проблемами із азартними іграми як у підлітків, так і у дорослих [4]. Поширеність лутбоксів різко зросла з 2012 року, і їх часто можна знайти в іграх, прийнятних для дітей віком від 3 років.

## 1.2 Огляд наявних алгоритмів

У редакційній статті журналу Nature Human Behavior за 2018 рік відзначається різноманітність лутбоксів, відсутність розуміння їх різноманітних форм і потреба дослідників почати «спеціально досліджувати вплив різних типів втілень лутбоксів у відеоіграх», щоб «забезпечити належний захист для неповнолітніх та інших уразливих груп населення»[5]. Лутбоксы справді розроблені з використанням різноманітних форм.

Кілька досліджень намагалися створити точну схему для класифікації лутбоксів за різними логічними групами. Наприклад, обговорити монетизовані випадкові винагороди у зв'язку з їх економічною закріпленістю. Автори пропонують модель 2x2, засновану на тому, чи ресурси, необхідні для отримання лутбокса, і винагороди в ньому є ізольованими (не пов'язані з об'єктами в економіці) проти вбудованих валют (мають зв'язок з іншими об'єктами). такі, що вартість може бути встановлена в термінах інших валют), відповідно[6]

Інші дослідники глибше заглиблюються, пропонуючи 6-рівневу таксономію на основі тестування понад 100 ігор для ПК, мобільних пристроїв і консолей. Вони пропонують класифікувати випадкові механізми винагороди на основі:

- того, як вони вбудовані в економіку реального світу;
- як запускається умова відповідності винагороді;
- чи відкрито відображаються шанси на отримання винагороди;

- як вибираються винагороди;
- як будь-який рандомізований механізм винагороди аудіо-візуально представлений у грі;
- які види винагород надаються[7].

Логічна правильність цих групувань може бути предметом дебатів: наприклад, можна зазначити, що ізольовані валюти, незалежно від того, чи використовуються вони для покупки лутбокса, можуть бути вбудованими через сторонні системи та позаігрові транзакції[6]. Що ще важливіше, ці дві схеми категоризації не мають вичерпної спроби визначити особливості лутбоксів, які можуть суттєво вплинути на поведінку гравців. Навпаки, дослідження, які намагаються пов'язати поведінку гравця з функціями лутбокса, як правило, досліджують лише довільну підмножину функцій.

Наприклад, дослідники намагалися виміряти, чи певні функції лутбоксів зміцнюють зв'язок між проблемними азартними іграми та витратами на лутбокси. Можливі функції включали, наприклад, можливість гравців «перевести в готівку» виграші в лутбоксах, відображення в грі «майже» під час відкриття лутбоксів і те, чи купівля лутбоксів відбувається за допомогою внутрішньоігрової преміальної валюти[4]. Однак у кожному випадку не було надано вичерпного обґрунтування того, чому ці функції можуть бути найважливішими причинами того, чому лутбокси, які зараз є на ринку, відрізняються з точки зору поведінки гравців. Таким чином, результати цих досліджень обмежені їхнім частковим визначенням того, якими можуть бути функції лутбокса.

Багато функцій лутбокса прямо чи опосередковано пов'язані зі статистично максимальними витратами гравця – загальною сумою грошей, яка в середньому потрібна для отримання повного та/або максимального рівня колекції в грі. Знання цієї цінності є ключовим, оскільки «кити» – невелика частка гравців із найбільшими фінансовими витратами – складають значну частину загального доходу багатьох ігор.

Таким чином, це дослідження спрямовані на розробку повнішого діапазону конструктивних особливостей лутбоксів, щоб забезпечити кращу ідентифікацію механізмів лутбоксів і сприяти прийняттю обґрунтованих рішень як дослідниками, так і споживачами. Нас цікавлять усі суттєві відмінності у реалізації – відмінності, які, як очікується, змінять поведінку гравців або когнітивні/психологічні наслідки від їх покупки лутбоксів.

Було створено список функцій(Рис.1), кожна із відповідними категоріями (дискретизовані класифікації, які можна призначити випадковим механізмам винагороди певної гри).



Рисунок 1. Список функцій лутбоксів, згрупований за подібностями

Як зазначено вище, мінімальним критерієм для запропонованої функції чи категорії було те, чи міг дослідник чітко сформулювати, як зміни в цій функції можуть суттєво вплинути на поведінку гравця.

Там, де це було можливо, намір полягав у тому, щоб обґрунтувати гіпотетичні ефекти кожної функції, використовуючи попередню літературу або існуючу

теоретичну основу[8]. Багато функцій мають легко описувані шляхи, за допомогою яких вони можуть суттєво впливати на гравців, але це не вписується в теорію подвійного процесу чи будь-яку очевидну альтернативу[9].

Загалом було виявлено 32 особливості лутбоксів, які можуть впливати на поведінку або витрати гравців. Для кожної функції ми включаємо короткий опис того, чому ця функція може мати значення для поведінки та витрат гравця.

Деякі категорії функцій є взаємовиключними; функції, де це так, позначені зірочкою. Для інших функцій гра може містити будь-яку або всі наявні категорії. «Предмети» - загальний термін, що стосується всього можливого вмісту лутбокса; це може включати персонажів, обладнання, витратні матеріали, скіни, карти або будь-яке інше представлення віртуальних товарів, які можуть отримати гравці.

Конструкція лутбоксів за своєю суттю знаходиться в дизайні гри, і цей контекст часто має вирішальне значення для визначення цінності та потенційних наслідків реалізації лутбоксів. Як наслідок, певні функції в нашій моделі описують аспекти окремої механіки лутбокса в грі; для ігор, які мають кілька таких механік, можливо, що кожна може потрапити в різні категорії. Інші функції стосуються більших структурних компонентів гри та вплинуть на всі лутбокси.

Таблиця 1 містить функції, пов'язані з купівлею лутбоксів. Ці функції часто видно під час відвідування внутрішньоігрових магазинів. Висока видимість деяких із цих функцій зробила їх легкою мішенню для (само)регулювання: розкриття шансів є обов'язковим у Китаї та саморегульованим індустрією відеоігор в інших країнах, таких як Великобританія та США. Управління зі стандартів реклами Великобританії нещодавно визначило конвертацію валюти як потенційно проблематичну в поєднанні з «незвичним ціноутворенням» (невідповідністю приростів пов'язаних покупок, наприклад, віртуальна валюта, доступна в одиницях по 50 кредитів, і предмети, доступні з кроком у 20 кредитів).

Таблиця 1 – Процес купівлі лутбоксів[10,11, 12, 13, 14]

Категорія	Варіанти	Приклад	Аналіз літератури
Конвертація валют	Купівля за реальну валюту	War chests (Battalion 1944)	Преміальні валюти можуть як маскувати суму витрат гравців, так і використовувати небажання дозволити невеликим сумам залишкової преміальної валюти пропасти даремно .
	Купівля за віртуальну валюту	Crown Crates (Elder Scrolls Online)	
	Купівля через одну або кілька бірж віртуальних валют	Lockboxes (Neverwinter)	
Пряма покупка	Лутбоксы купуються спеціально	Prize Boxes (Spiral Knights)	Коли гравець лише опосередковано купує лутбокс, його може не цікавити ані акт відкриття цього лутбоксу, ані винагороди, які в ньому містяться. Такий вид купівлі може бути не пов'язаний із типовими мотиваціями та корелями відкриття лутбоксів.
	Лутбокс, додається як частина придбаного набору	Lucky Bags (Love Nikki - Dress UP Queen)	
	Гравці купують предмети, які періодично генерують лутбокс, але не купують його безпосередньо	Super Incubator (Pokemon GO)	
	Лутбоксы, які періодично видаються як частина бойової перепустки або платної підписки	Daily Dice - Gold Roll (Dungeons & Dragons Online, VIP	

Кінець таблиці 1

Категорія	Варіанти	Приклад	Аналіз літератури
		Subscription)	
Доступність у платформі	Купівля лише в грі	Sticker Packs (Board Kings)	Гравці, які можуть купувати лутбокс поза грою, мають можливість робити покупки, навіть коли не грають у гру. Це може збільшити загальні витрати .
	Купівля поза грою	Mystery Boxes (Path of Exile)	
Доступність шансів	Попередньо оголошені коефіцієнти	Brawl Boxes (Brawl Stars)	Розкриття інформації може виправити помилкові переконання щодо цінностей, які особливо поширені серед азартних гравців .
	Немає попередньо розкритих коефіцієнтів	Heka Chests (Assassin's Creed Origins)	
Лімітовані знижки	Так, лутбокси пропонуються за зниженими цінами	Recruits (One Piece Treasure Cruise)	Обмежені знижки можуть спонукати до покупок і спонукати гравців оцінювати можливість майбутніх покупок за вищою ціною як збиток із відповідним ефектом неприйняття втрат .
	Так, лутбокси пропонуються в обмеженій кількості.	Platinum Showcases (Dragalia Lost)	
	Немає обмежених знижок	Expedition Packs (Rise of the Tomb Raider)	

Таблиця 2 містить у собі особливості випадкової процедури витягування (тобто системи, яка остаточно визначає предмети, які отримують гравці). Характеристики області процедури витягування – це ті, які найбільш складно переплітаються з оцінкою контенту, яку гравець сприймає за конкретну культик грошей, а також максимальна сума, яку будь-який гравець може статистично витратити. Три ключові взаємопов'язані особливості тут: постачання предметів, обробка дублікатів і обробка небажаних цілей. Разом ці три функції значною мірою визначають ступінь «контролю», який гравець має під час взаємодії з системою лутбоксів, щоб отримати певні предмети, які йому потрібні, і уникнути інших, яких він не хоче. Під перетворенням аналогів ми розуміємо здатність гравця обмінювати дублікати або небажані предмети на інші предмети в пулі (тобто предмети, які гравець потенційно міг отримати з лутбокса). Конвертування, з іншого боку, стосується обміну вмісту лутбоксів на предмети, які не входять до пулу лутбоксів. В обох випадках ігри сильно відрізняються за «курсом обміну» або кількістю дублікатів/небажаних предметів, необхідних для обміну на бажаний.

Таблиця 2 – Процедура витягування[15, 16, 17,18,19]

Категорія	Варіанти	Приклад	Аналіз літератури
Обробка дублікатів	Неможливо отримати дублікати	Skins from Chests (Brawlhalla)	Дозвіл гравцям конвертувати дублікат вмісту лутбокса
	Конвертування (аналогове)	Cards in packs (Hearthstone)	означає, що гравець гарантовано отримає
	Конвертування (ортогональне)	Summons (Dragalia Lost)	щось із кожного лутбокса, навіть якщо
	Стогування	Cards (Clash Royale)	ця винагорода менша, ніж плата за відкриття. Це може спонукати до

## Продовження таблиці 2

Категорія	Варіанти	Приклад	Аналіз літератури
			більш наполегливих витрат, як у послугах азартних ігор, де програші «маскуються під виграші» .
Обробка небажаних цілей	Немає	Skins (SMITE)	Подібно до «Обробки дублікатів», ігри з ефективними системами обробки небажаних цілей підійматимуть цінність після кожного витягування, а також можуть сприйматися гравцями як такі, що пропонують більше відчуття автономності .
	Вибір гравця	Stones (Fire Emblem Heroes)	
	Конвертування (аналогове)	Cards (Shadowverse)	
	Конвертування (ортогональне)	Champions (RAID: Shadow Legends)	
Тривалість виловлювання	10с	Outbreak Packs (Tom Clancy's Rainbow Six Siege)	За інших рівних умов, чим більший розмір виловлювання, тим більшу суму повинен витратити гравець, перш ніж отримати весь вміст лутбокса.
	100с	Loot Booth (Deceit)	
	1000с	Booster Packs (Pokemon TCG)	

## Продовження таблиці 2

Категорія	Варіанти	Приклад	Аналіз літератури
		Online)	
Процедура витягування	Різні тарифи, однаковий контент	Chests (Pewdiepie's Pixelings)	Певні типи витягування дають гравцям більший контроль над «націлюванням» на певні предмети. Таке сприйняття контролю може призвести до збільшення витрат.
	Взаємовиключний контент	Booster Packs (Magic Duels)	
	Строго множина контенту	Equipment Cases (Dirty Bomb)	
	Без витягування	Airdrops (Z1 Battle Royale)	
Вплив прогресування	Прогрес гравця змінює вміст/коефіцієнти	Chests (Clash Royale)	Якщо прогресування змінює вміст або шанси, гравці можуть утриматися від витрат, доки вони не просунуться далі в грі, або витратити більше після досягнення точки, коли бажаний предмет потрапляє в пул.
	Прогрес гравця не змінює вміст/коефіцієнти	Lucky Roulette (Guns of Glory)	
Типи предметів	Одиночні	Heroes (Empires & Puzzles)	Типи предметів можуть посилити ефект рідкості під час

## Продовження таблиці 2

Категорія	Варіанти	Приклад	Аналіз літератури
	Множинні	Chests (Rise of Kingdoms)	витягування – якщо бажаний тип предмета має лише X% імовірність його знайдення в лутбоксі, і гравець зацікавлений лише в Y% предметів цього типу, він отримує лише X% * Y% ймовірності бажаного результату.
Постачання предметів	Обмеження на гравця	Holo-day Bash Packs (Apex Legends)	Хоча тісно пов'язаний із «Обробкою дублікатів», замість визначення, що станеться, якщо дублікат вже отримано, Item Supply замість цього визначає, як імовірність отримання дублікату змінюється з часом.
	Перезавантажувальні коробки	Card Boxes (Yu-Gi-Oh! Duel Links)	
	Наобмежені / Обмежені підколекції	Cards in Packs (Hearthstone)	
	Нескінченні	Cards in Packs (Gods Unchained)	
Множинне витягування	Так, із заохоченням гравців	Multi-summons (Dragon Ball Z:	Надання кількох одночасних виплат в

Кінець таблиці 2

Категорія	Варіанти	Приклад	Аналіз літератури
		Dokkan Battle)	азартних іграх (наприклад, багатолінійні слоти) може забезпечити більш захоплюючий досвід і вищі ставки .
	Так, без заохочення гравців	Chests (Lords Mobile)	
	Немає	Chests (Hustle Castle)	
Система жалю до гравця	Поріг у системі витягування	Packs (Apex Legends)	Гральні автомати, які гарантують кінцеву виплату, можуть призвести до збільшення витрат, оскільки люди відчують себе ближче до отримання винагороди; Механіка жалю може працювати подібним чином .
	Масштабування системи витягування	Enhancement Rolls (Black Desert Online)	
	Винагорода у системі витягування	Superchest (War Robots)	
	Немає	Packs (Eternal)	

Таблиця 3 містить категорії, що відносяться до якості предметів, отриманих із лутбокса. У той час як домен Pulling Procedure описував особливості алгоритмів, які розподіляють винагороди гравцям (і в деяких випадках перетворюють їх на інші винагороди), функції вмісту стосуються внутрішньоігрових систем, які визначають (уявну) цінність предметів. Це включає особливу увагу до систем рідкості, які керують діапазоном можливих результатів.

Таблиця 3. Контент лутбоксу[20,21]

Категорія	Варіанти	Приклад	Аналіз літератури
Чи можливо отримати контент іншим способом	Так, шляхом прямої покупки	Wildcards (Legends of Runeterra)	Пропонування предметів, яких майже немає в лутбоксах, може передати гравцям високу оцінку цього предмета, збільшуючи ймовірність того, що вони придбають предмет пізніше через відносно привабливу транзакцію прямої покупки.
	Так, без покупки	Cosmetics from Treasures (Dota 2)	
	Іншим способом не придбати	Summons (Dragalia Lost)	
Механічний ефект контенту	Так, зміна ігрового процесу	Implant Packs (PlanetSide 2)	Механічні ефекти, які можна назвати «платою, щоб виграти», є одними з найбільш суперечливих функцій у ігрових спільнотах.
	Змішаний	Player packs (NBA 2K21)	
	Ні, тільки косметичний ефект	Treasure Chests (Paladins)	
Сезонний контент	Так, присутній	Boxes (Riders of Icarus),	Дефіцит сезонних товарів і уявна загроза втрачених можливостей можуть спонукати до купівлі.
	Немає	Treasure Shrine (Solitaire Tripeaks)	

## Продовження таблиці 3

Категорія	Варіанти	Приклад	Аналіз літератури
Зв'язок рідкості та могутності контенту	Щільний	Summons (Final Fantasy Brave Exvius)	Там, де рідкість пов'язана з могутністю, є більша перевага для гравців із великими витратами та більший стимул витратити більше на придбання предмета;
	Вільний	Cards (Gwent)	
	Немає	Crates (PUBG MOBILE)	
Класифікація рідкості контенту	Логічна	Packs (Kards)	Менш детальні класи рідкості можуть мати менші, але більш впливові «великі перемоги»; більш детальні можуть призвести до сприйняття успіху, незважаючи на відсутність найрідкісніших предметів.
	Порядковий	Summons (Summoners War)	
	Тривалий	Skin (Counter-Strike: Global Offensive)	
Виміри рідкості	Одиночні	Summons (Idle Heroes)	Коли існують рідкісні та бажані версії предметів, шанси отримати обидва одночасно стрімко
	Множинні	Cards (Eternal)	

Кінець таблиці 3

Категорія	Варіанти	Приклад	Аналіз літератури
			падають, що потенційно може призвести до збільшення обсягу та постійності витрат серед гравців, які особливо зацікавлені в невеликій підмножині предметів.
Зв'язок рідкості та контенту	Окремі предмети мають одну можливу рідкість	Crates (Killing Floor 2)	Може мати ефект, подібний до додавання «Виміру рідкості».
	Окремі предмети мають багато можливих рідкостей	Summons (Housamo)	
Тривалість контенту	Постійна, вічно цінний контент	Crates (Team Fortress 2)	Якщо вміст лутбокса не має постійної цінності, максимальні витрати практично не обмежені.
	Постійний, цінність контенту падає	Cards (Shadowverse)	
	Тимчасовий контент	Weapons (APB: Reloaded)	

Таблиця 4 складається з двох категорій, пов'язаних із презентацією (тобто анімацією) процесу відкриття лутбокса. Зокрема, обидва оцінюють те, як лутбокс в іграх може використовувати метафори та механіку традиційних невіртуальних

азартних ігор, як-от Near Misses на колесі рулетки або систему, подібну до ігрових автоматів, для відкриття лутбоксів у грі.

Таблиця 4. Аудіовізуальні засоби[22,23]

Категорія	Варіанти	Приклад	Аналіз літератури
Прوماхи	Так, показано близькі промахи	Crystals (Marvel Contest of Champions)	Близькі промахи в сфері азартних ігор пов'язані з підвищеною наполегливістю і цей ефект може бути пом'якшений серйозністю проблеми з азартними іграми.
	Без промахів	Chests (Golf Clash)	
Аудіовізуальна схожість на азартні ігри	Нагадує традиційну форму азартних ігор	Roulette (Minion Masters)	Схожість із традиційними азартними іграми може викликати реакцію на репліку серед існуючих проблемних гравців.
	Немає схожості	Premium Packs (For Honor)	

Таблиця 5 описує засоби, якими розробники ігор можуть заохочувати або змушувати гравців взаємодіяти з системою лутбоксів. Це робиться шляхом надання гравцям предметів, схожих на лутбокс, які безкоштовно заробляються протягом

ігрового процесу, у деяких випадках з певними обмеженнями, як-от обмежений інвентар для тизерів чи швидкого таймера.

Таблиця 5. Неоплачувана участь[24, 25]

Категорія	Варіанти	Приклад	Аналіз літератури
Тизери	Надаються замкнені лутбокси, для відкриття потрібна валюта	Weapons Crates (Counter-Strike: Global Offensive),	Тизери також можна розуміти в контексті ефекту обдарування, це, у свою чергу, може викликати бажання продовжувати і спровокувати витрати.
	Надаються замкнені лутбокси, таймер	Chests (Clash Royale)	
	Без тизерів	Fortune Wheel (SoulWorker)	
Безкоштовні зразки	Безкоштовні ідентичні лутбокси	War Chests (Battalion 1944)	Безкоштовні зразки, особливо ідентичні та аналогічні, можуть діяти подібно до «сайтів практики» азартних ігор .
	Безкоштовні аналогічні лутбокси	Basic Chest (Injustice 2 Mobile)	
	Безкоштовна преміальна валюта	Gilds (Clicker Heroes)	
	Жодних, усі лутбокси вимагають оплати	Goodie Boxes (The Sims 3,)	

Таблиця 6 описує чотири функції, пов'язані з тим, чи може відкриття лутбоксів впливати на інших гравців або як на них впливають інші гравці. У випадку торгового вмісту залучення інших гравців фактично створило ринкову економіку, у якій гравці можуть вести переговори про вартість своїх ящиків або віртуальних товарів за поза ігрову реальну валюту (тобто можуть «обміняти» свої виграші), іноді навіть незважаючи на чіткі заборони на це з боку розробника (як видно з Tradable Contents - відкрита економіка, обмежена розробником). Наявність Tradable Contents вже використовувалася для розмежування юридичних і неюридичних форм лутбоксів у Бельгії і Нідерландах.

Таблиця 6. Соціальні категорії[26, 27, 28]

Категорія	Варіанти	Приклад	Аналіз літератури
Мультіплеер	Вміст можна використовувати в змагальній багатокористувацькій грі	Chests (Monster Legends)	Змагальні багатокористувацькі режими можуть надихнути гравців «вирівняти ігрове поле» після поразки від сильнішого супротивника або відчутти домінування над слабшими гравцями з меншими витратами.
	Контент можна використовувати в кооперативній багатокористувацькій грі	Time Capsules (DC Universe Online)	
	Вміст не можна використовувати в багатокористувацькій грі	Breach Packs (Deus Ex: Mankind Divided)	
Чи можливо торгувати предметами	Відкрита економіка, схвалена розробниками	Card Market (Gods Unchained)	Завдяки тому, що гравці можуть безпосередньо.
	Відкрита економіка з	Coin transfer (FIFA 22)	отримувати прибуток від рідкісних і цінних

Кінець таблиці 6

Категорія	Варіанти	Приклад	Аналіз літератури
	обмеженнями розробників	Ultimate Team)	предметів, обмінний вміст більше нагадує
	Закрита економіка	Recruitment (Last Shelter: Survival)	традиційні форми азартних ігор
Чи можливо торгувати лутбоксами	Так, можливо торгувати лутбоксами, що не були відкриті	Masquerpet Treasure Box (Flyff [Fly for Fun])	Коробки з лутом, які можна обмінювати, дозволяють базі гравців визначати ринкову вартість коробки з лутом, а не розробнику, що потенційно може призвести до сприйняття більш справедливої вартості.
	Ні, неможливо	Crates (CSR Racing 2)	
Прозорість	Інші гравці можуть спостерігати за відкриттям ящиків із здобиччю	Supply Drops Zone (Call of Duty: WWII)	Помітність видимих відкриттів може спровокувати витрати серед гравців через бажання помітного соціального статусу та через помітне споживання.
	Вміст вибраного ящика для здобичі відображається іншим гравцям	Summon Notifications (Epic Seven)	

З шістьма таблицями та тридцятьма двома окремими категоріями, що включають дев'яносто три варіанта, представлена вище схема категоризації описує надзвичайно складне явище з численними можливими шляхами впливу на поведінку гравців і, зрештою, на їхнє самопочуття.

Приклад може бути ілюстративним. Однією з найбільш часто обговорюваних реалізацій лутбоксів є система ящиків для зброї в Counter-Strike: Global Offensive. У цій грі надаються замкнені скриньки для здобичі, показуються випадкові варіанти, використовуються взаємовиключні набори предметів, вміст можна використовувати як у змагальній, так і в кооперативній багатокористувацькій грі, але не має механічного ефекту, є два виміри рідкості (один порядковий і один колекційний), у грі є відкрита економіка, схвалена розробниками, немає систем обробки дублікатів або небажаних цілей, а лутбокс купується за реальну світову валюту. На іншому кінці спектру, в Another Eden, немає тизерів, але гравцям надається безкоштовна віртуальна валюта, не відображаються випадки промахів, банери поєднують аспекти одного пулу предметів, різні ставки та суворі пули підмножин предметів, можливі пакетні вилучення не стимулюється, вміст має механічний ефект, але не може використовуватися в багатокористувацькому режимі, існує один порядковий вимір рідкості, але кожен персонаж має кілька можливих рідкостей, гра має закриту економіку, дублікати конвертуються ортогонально, а лутбокси купуються за віртуальна валюта. Хоча ці два лутбокси мають спільний основний процес виплати за невідому винагороду, вони різняться майже в усіх інших аспектах і, ймовірно, матимуть зовсім різний вплив на своїх гравців.

Описана тут складність створює серйозні проблеми для регуляторів, які прагнуть запровадити політику, що ґрунтується на фактах. Щоб не малювати надто широким пензлем, розробникам політики знадобляться глибокі нюанси в галузі знань і, ймовірно, вони не зможуть широко застосовувати закони про азартні ігри без істотної адаптації до світу ігор. На даний момент для цього відсутня доказова база.

Проблема тут ускладнюється тим фактом, що ігри та породжені ними психологічні ефекти є системними: кожен елемент взаємодіє з усіма оточуючими, щоб отримати результат[29]. Кожна функція лутбоксів тут може пом'якшувати вплив інших, і, отже, слід розуміти, що докази впливу певної функції обмежуються певним контекстом і в ідеалі досягаються після контролю за іншими функціями навколо неї. Зважаючи на це, природні експерименти і галузеві співпраці ймовірно, будуть ключовими джерелами даних.

Ця ж складність також створює перешкоди для споживачів, які прагнуть прийняти обґрунтовані рішення щодо типів ігор, у які вони хочуть грати (або дозволити своїм дітям грати). Починаючи з 2020 року, ігри, оцінені Радою з рейтингів розважального програмного забезпечення (ESRB) і Паневропейською інформацією про ігри (PEGI), тепер включають дескриптор вмісту для «внутрішньоігрових покупок (включаючи випадкові предмети)». Вони доповнюють раніше існуючі дескриптори вмісту для (імітованих) азартних ігор, але явно недостатні для повної передачі різноманітних реалізацій лутбоксів. У той час як кількість інформації, включеної в цифрове зображення обов'язково дуже обмежена, поява таких сайтів, як MICROTRANSACTION.ZONE та огляди ігор Common Sense Media, свідчить про те, що гравці та батьки можуть вимагати розуміння вмісту, а зокрема структури монетизації, ігор більш ретельно

## 2 ОПИС ІДЕЇ ТА АЛГОРИТМУ

### 2.1 Опис проблеми яку вирішує алгоритм

З теоретичної точки зору можна проаналізувати лутбоксі через призму теорії прийняття рішень.

Розглянемо набір результатів  $O = \{o_1, o_2, \dots, o_n\}$ , де кожен результат представляє елемент, який може потенційно бути частиною лутбокса. Кожен елемент  $o_i$ , асоціюється зі значенням ймовірності  $p_i$ , для  $i \in \{1, \dots, n\}$  який, у свою чергу, описує ймовірність того, що гравець отримає цей конкретний предмет. Отже,  $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ , являє собою розподіл ймовірностей для  $n$  потенційних елементів, які можуть бути у лутбоксі. Обидва  $O$  та  $P$  можуть бути відомими або невідомими гравцеві до того, як гравець зробить рішення про придбання лутбокса. Коли гравець купує та «відкриває» лутбоксі, один предмет випадковим чином витягується з набору  $O$ [30]. Тим не менш, використовуючи звичайне позначення з теорії прийняття рішень, лутбоксі  $L$  можна визначити як лотерею (формула 1)

$$L = [o_1:p_1, o_2:p_2, \dots, o_n:p_n] \quad (1)$$

Класична структура очікуваної корисності передбачає, що цінність, яку отримає особа, яка приймає рішення (гравець) з лотерейного квитка  $L$  можна визначити наступним рівнянням (формула 2):

$$U(L) = \sum_{i=1}^n p_i \times U(o_i) \quad (2)$$

де функція  $U(\cdot)$  представляє ставлення особи, яка приймає рішення, до ризику, наприклад, опукла функція  $U(\cdot)$  означатиме, що особа, яка приймає рішення, шукає ризику, тоді як увігнута функція навпаки означатиме, що особа, яка приймає рішення – не схильна до ризику.

Знаючи потенційні результати та ймовірності, гравець може вирішити, чи потрібно або не потрібно купувати певний лутбокс. Наприклад, скажемо, що лутбокс коштує 1 гривню. Тоді, згідно до очікуваної корисності, раціональний гравець купить лутбокс, лише якщо  $U(L) > U(1)$

Відсутність доступу до потенційних результатів та/або ймовірностей означає, що гравці приймають рішення про покупку не маючи можливості проаналізувати її згідно з припущеннями раціональності, передбаченими теорією очікуваної корисності. Тим не менш, для аналізу наведених вище сценаріїв можна використовувати інші концепції теорії прийняття рішень. Наприклад, термін «неоднозначне ставлення» зазвичай використовується для позначення відмінностей у рішеннях, створених за відомих і невідомих ймовірностей

Було припущено, що люди, як правило, не схильні до двозначності, тобто лотереям (наприклад, лутбоксам) з відомим розподілом ймовірностей щодо вірогідних результатів, часто віддається перевага перед лотереями, чії ймовірності невідомі. Іншими словами, маючи два лутбокса з подібними предметами, гравець, ймовірно, оцінить лутбокс із відомим розподілом ймовірностей вище, ніж лутбокс, розподіл ймовірностей якого невідомий.

З теоретичної точки зору наведене вище обговорення ілюструє необхідність вирішення проблеми прозорості та довіри, з якими стикаються лутбокси. Таке рішення допомагає у процесі прийнятті рішень, з яким стикаються гравці, надаючи їм більше інформації про основний продукт. Прозорий механізм лутбокса допомагає гравцеві покращувати рішення щодо ціннісних пропозицій внутрішньоігрової системи монетизації. Це, у свою чергу, не тільки покращить можливості прийняття рішень гравцем, як показує обговорення двозначних ставлень, але й також дозволяє гравцям слідувати конструкціям раціональності, як це визначено теорією очікуваної корисності. Тим паче, що прозорий і надійний механізм лутбокса є компонентом підтримки прийняття рішень у тому сенсі, що це допомагає гравцям вирішити, чи купувати лутбокс.

## 2.2 Опис роботи алгоритму

Головний артефакт експерименту представлений алгоритмом, який кодує лутбокс як смарт-контракт. Зокрема, коли гравець вирішує придбати лутбокс, базова відеогра викличе відповідний смарт договір, який, у свою чергу, виконує всі обчислення, необхідні для повернення товару. Тобто, наш рішення розділяє обчислення, необхідні для випадкового витягування елементів із коду гри та, примітно, що для цього не потрібно, щоб уся гра була відкритою.

Рисунок 2.1 ілюструє високорівневий погляд на процес покупки та відкриття лутбокса за допомогою запропонованого експерименту.

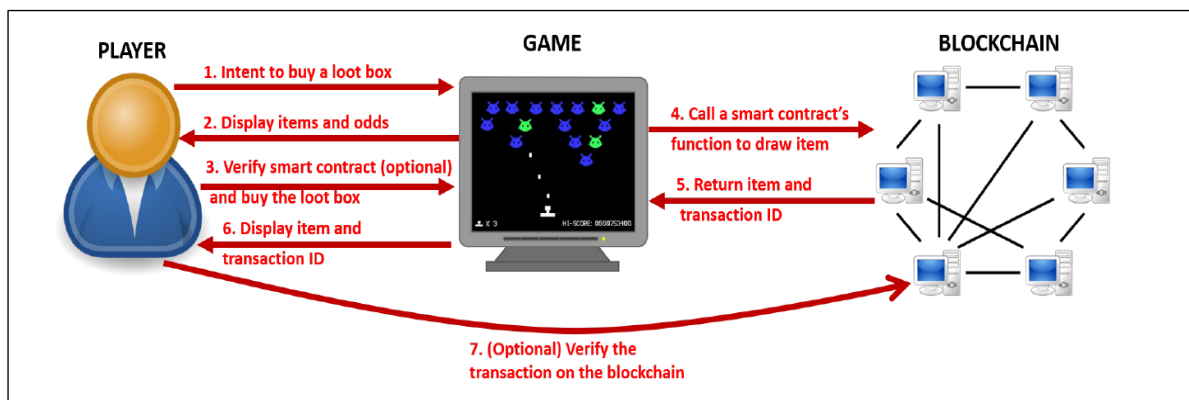


Рисунок 2.1 – Процес придбання та відкриття лутбоксу у запропонованому експериментальному рішенні

Процес купівлі починається після того, як гравець вкаже, що хоче купити лутбокс. На практиці, це можна зробити, наприклад, натиснувши відповідні пункти меню. Після цього відеогра відображає елементи і пов'язані з ними ймовірності, а також ідентифікатор (адресу) у публічному блокчейн смарт-контракті, який кодує лутбокс. Потім гравець може використовувати смарт адресу контракту, щоб перевірити важливі атрибути, наприклад, чи раніше відображені елементи і їх ймовірності відповідають елементам і ймовірностям у смарт-контракті. Цей останній крок ілюструє прозорість нашого рішення. Якщо гравець вирішить продовжити покупку лутбоксу, гра потім викликає функцію в смарт-контракті, щоб витягнути

предмет. На цьому етапі всі вузли в мережі блокчейн працюють за однаковим алгоритмом і повертають той самий вихід (намальований елемент). Відеогра отримує та повертає цей вихід гравцеві з ідентифікатором, що представляє виклик функції (транзакцію). На основі цього ідентифікатора гравець може зрештою перевірити, чи справді відеогра викликала відповідний смарт-контракт та чи відповідає результат, який відображається відеоурою, результату, створеному вузлами в мережі блокчейн. Цей останній крок ілюструє аспект надійності нашого рішення.

Суть рішення полягає у визначенні лутбокса як розумного контракту. Рисунок 2.2 показує псевдокод такого смарт-контракту.

```

Require:  $n \geq 0 \vee x \neq 0$ 
Ensure:  $y = x^n$ 
1:  $items \leftarrow [o_1, o_2, \dots, o_n]$ 
2:  $probabilities \leftarrow [p_1, p_2, \dots, p_n]$ 
3: function DRAWITEM( $screenName$ )
4:    $r \leftarrow RNG(screenName, timestamp)$ 
5:    $lb \leftarrow 0$ 
6:   for  $i \leftarrow 1$  to  $n$  do
7:     if  $r \geq lb$  and  $r < lb + probabilities[i]$  then
8:       return  $items[i]$ 
9:     else
10:       $lb \leftarrow lb + probabilities[i]$ 
11:    end if
12:  end for
13: end function

```

Рисунок 2.2 – Псевдокод смарт-контракту

У перших двох рядках смарт-контракт чітко визначає предмети, які можна виграти, разом із відповідними ймовірностями. Доступ до змісту цих списків має

бути вільний для будь-якого користувача базового блокчейну. Розумний контракт також визначає функцію `drawItem`, аргументом якого є екранне ім'я гравця, який купує лутбокс. Функція запускається із запуском функції генератора випадкових чисел (RNG) на екрані гравця та міткою часу як початковим значення для генерації випадкового числа. Ми докладніше розглянемо функцію RNG нижче. Після цього смарт-контракт створює вихідні дані на основі отриманого значення. Зокрема, смарт-контракт використовує традиційну техніку еволюційних обчислень під назвою пропорційний вибір, також відомий як вибір колеса рулетки. За цією технікою, елементи представлені як «bins», що не перекриваються, пропорційні з пов'язаними ймовірностями, і випадкове значення з функції RNG визначає один бін.

Щоб проілюструвати поведінку алгоритму 1, розглянемо наступний приклад, який повторюється по всьому паперу. Нехай `items = [«Common Sword»; «Silver Sword»; «Dragon sword»]` і `probabilities = [70; 20; 10]`, де значення ймовірності представлені у відсотках. Крім того, припустимо, що RNG повертає значення в діапазоні  $[0; 100)$ . Після виклику функції `drawItem` скажемо, що результатом функції RNG є  $r = 92$ . Під час першої ітерації циклу смарт-контракт перевіряє, чи  $r$  більше або дорівнює 0 і менше 70. Якщо ця умова вірна, то перша предмет, а саме «Common Sword», пов'язана ймовірність якого становить 0.7, повертається гравцеві. Оскільки ця умова не виконується, алгоритм перевіряє під час другої ітерації циклу чи  $r$  більше або дорівнює 70 і менше  $70 + 20 = 90$ . Ця попередня умова визначає інтервал довжиною 20, який представляє відсоток, пов'язаний з другим елементом «Silver Sword». Оскільки друга умова також хибна, алгоритм остаточно перевіряє, чи  $90 \leq r < 100$ . Ця умова виконується, і функція `drawItem` повертає предмет «Dragon Sword».

Є два важливі моменти, які слід виділити щодо Алгоритму 1. По-перше, функція `drawItem` є ефективною, оскільки вона виконується за поліноміальний час. Зокрема, його складність дорівнює  $O(n)$ , де  $n$  – це загальна кількість предметів, які можна виграти. Алгоритмічна ефективність має вирішальне значення в контексті смарт-контрактів оскільки той самий код виконується декількома вузлами в мережі.

Крім того, деякі блокчейн-мережі стягують плату з користувачів на основі складності укладеного смарт-контракту.

Другий важливий момент, який слід виділити, стосується рандомізації, яка, природно, є складним завданням в розподілених середовищах, таких як блокчейн. У нашому конкретному випадку, тому що смарт-контракт який представляє лутбок, обробляється паралельно багатьма вузлами, погано розроблена рандомізація може означати, що різні вузли випадковим чином витягатимуть різні предмети для того самого гравця, що купив лутбокса. Для вирішення цієї проблеми наше рішення використовує генератор псевдовипадкових чисел на основі хеш-функцій. Зокрема, функція RNG в Алгоритмі 1 може бути визначена таким чином (формула 3):

$$\text{RNG}(\text{screenName}; \text{timestamp}) = \text{H}(\text{timestamp} | \text{screenName}) \% c \quad (3)$$

де  $\text{H}(\cdot)$  – хеш-функція,

вертикальна риска  $|$  – оператор конкатенації,

$c$  – константа, яка використовується для визначення верхньої межі RNG.

Щоб проілюструвати функцію RNG у рівнянні (1), припустимо, що гравець на ім'я Аліса купує скриньку з лутом, а відповідна позначка часу – 09 травня 2022 р. 19:40:32. Крім того, нехай  $c=100$ , щоб цей приклад узгоджувався з поточним прикладом.

Нарешті, припустимо, що  $\text{H}(\cdot)$  є популярною хеш-функцією SHA-256. Випадкове значення, отримане в результаті Тоді RNG у цьому параметрі дорівнює  $\text{H}(\text{«Alice»} | \text{«May-09-202307:40:32PM»}) \% 100 = 84$ . Хеш-функції є детермінованими, що означає, що вони завжди дають однаковий результат, заданий у фіксованих вхідних даних. Тим не менш, щоб отримати той самий вихід, нам потрібно переконатися, що всі вузли мають доступ до того самого входу під час виклику RNG. Причина використання як псевдоніма гравця, так імітки часу як вхідна інформація

для RNG полягає в тому, що це дозволяє двом гравцям малювати різні предмети у той самий час, і той самий гравець тягне різні предмети в різний час.

Єдина відсутня частина це – визначити загальноприйнятну позначку часу. Очевидно, що вузли не можуть використовувати свій власний локальний час як мітку часу під час виклику RNG, оскільки ці обчислювальні пристрої можуть бути розташовані в різних регіонах. Крім того, мітки часу не повинні бути передбачуваними, інакше гравці можуть ефективно визначити предмети, які вони отримують, купуючи коробки з лутом у відповідний час. Наприклад, легше для гравців, щоб визначати час своїх покупок лутбоксів і придбати бажаний предмет, коли у мітці часу міститься інформація про час лише до хвилин, ніж коли мітки часу кодуються до часток секунди.

Пропонується у реалізації алгоритму використовувати час останнього запропонованого блоку як мітку часу. Часто буває так, що вузол ставить позначку часу на запропонований блок, коли вузол пропонує блок для додавання в блокчейн. Усі інші вузли, які перевіряють цей блок, зараз мають доступ до загальноприйнятої позначки часу. Враховуючи, що кожен виклик функції `drawItem` визначає транзакцію, яку потрібно додати до блоку, основним наслідком наведеної вище пропозиції є те, що єдиний гравець може придбати лише один лутбокс за блок. В іншому випадку, якщо гравець купує кілька лутбоксів і відповідні транзакції додаються до того самого блоку в блокчейні, тоді цей гравець буде отримувати один і той самий предмет кілька разів, оскільки ні його/її псевдонім, ні позначка часу блоку змінилися. Це не є суттєвим обмеженням для більшості блокчейн-мереж, які підтримують smart контракти. Наприклад, на момент написання Ethereum має очікуваний час виробництва блоків від 10 до 20 секунд. Враховуючи різні мітки часу для різних блоків, хеш-значення, яке визначає предмет, який отримує певний гравець, а потім змінює кожні 10–20 секунд на Ethereum.

## 3 ПРОЕКТУВАННЯ І РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО МОДУЛЯ

### 3.1 Вибір середовища та програмного забезпечення

Технологію блокчейн можна визначити як розподілену та децентралізовану базу даних лише для додавання даних. Визначення розподілу стосується надмірності створення тієї самої бази даних на кількох обчислювальних пристроях шляхом тиражування, тоді як децентралізація пов'язана з власністю в тому розумінні, що ці обчислювальні пристрої не є обов'язково контрольовані одним і тим же суб'єктом.

У цьому контексті важливо відрізнити користувачів від вузлів. Вузли створюють однорангову мережу, і вони є відповідальними за обчислювальні пристрої для зберігання даних, тоді як користувачі створюють дані/транзакції, які будуть зберігатися вузлами. Крім даних про транзакції, деякі моделі блокчейну дозволяють вузлам зберігати та виконувати запропоновані користувачами алгоритми.

Однією з переваг такої обчислювальної моделі є те, що не лише базовий код є незмінним, але також що будь-який вхід або вихід даних, створений після вузла, виконує код. Такі алгоритми називають смарт-контрактами. Ідея розумних контрактів була спочатку запропонована як аналог юридичних контрактів, але з автоматизованим примусовим виконанням. Більш сучасна перспектива смарт-контракту бере ідею розміщення даних у безпечній книзі та поширює її для обчислення. Тобто це консенсусний механізм для правильного виконання заданого алгоритму.

Рішення проблем прозорості та надійності лутбоксів передбачає кодування кожного лутбокса як смарт-контракт. Отже, щоразу, коли користувач (гравець) купує і відкриває ящик для здобичі, за лаштунками алгоритм виконується в тандемі з вузлами блокчейну, щоб визначити предмет, який отримає гравець. Таким чином, довіра до нашого рішення досягається обміном даними й алгоритмами транзакцій у великій мережі вузлів, яка не контролюється ні гравцем, ні розробником гри.

Нарешті, що стосується додатків, моделі блокчейнів можна розділити на дві категорії: публічні і дозвольні блокчейни [31]. Публічні блокчейни відкриті для будь-кого, і ні потрібні спеціальні дозволи, щоб приєднатися до мережі як користувач або вузол. На відміну від публічних блокчейнів, дозвольні блокчейни зосереджені на бізнес-мережах відомих, перевірених учасників, які працюють під ними з чітко визначеною моделлю управління, тобто для приєднання до мережі в якості користувача потрібні спеціальні дозволи та/або вузол. Метою дозвольних блокчейнів є захист і спільний доступ до транзакцій групи учасників, які знають, але можуть не повністю довіряти один одному.

Додаткова мотивація використання технології блокчейн для вирішення вищезазначених проблем лутбоксів – це дотримання моделі рішень на рисунку 3.1. Зокрема, ми запозичуємо з моделі [32] де, у свою чергу, забезпечується десятиетапний шлях прийняття рішення для визначення того, чи програма заслуговує на блокчейн-рішення і, якщо заслуговує, який тип блокчейн-програми підходить більше. Перші сім питань використовуються для визначення того, чи є технологія блокчейн корисною та можливою у заданому домені.

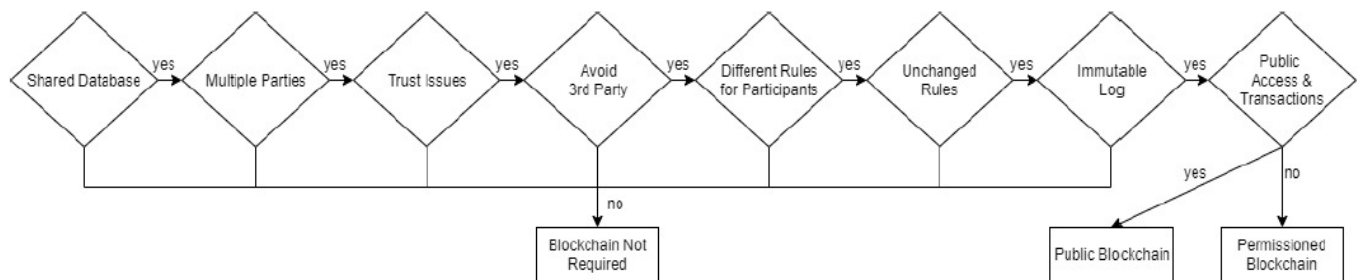


Рисунок 3.1 – Модель прийняття рішення щодо впровадження блокчейну.

Перше питання рішення впливає з природи технології блокчейн: «Чи є потреба в спільній загальній базі даних?». Для цілей виставлення рахунків і аудиту це однозначно бажано для кожної транзакції з лутбоксами, які зберігаються в базі даних. Спільна база даних для багатьох має вирішальне значення для підвищення довіри, оскільки, наприклад, урядові та регуляторні органи, а також ігрова спільнота

можуть отримати доступ до даних, пов'язаних із лутбоксом, і перевірити потенційні зловживання розробниками ігор.

Друге питання стосується того, чи взаємодіють кілька користувачів з блокчейном: «Чи є кілька залучених сторін?». У наших умовах відповідь позитивна, оскільки кілька гравців можуть придбати лутбокси з кількох ігор. Зовнішні користувачі, такі як регулятори, також повинні мати доступ для читання бази даних.

Щодо третього питання («Чи мають залучені сторони протилежні інтереси та/або їм довіряють?»), якщо всі учасники можуть довіряти один одному, то децентралізована база даних, наприклад блокчейн, не є необхідною. Проблеми довіри виникають у лутбоксів, оскільки навіть у грі відображені предмети, які можна виграти, і відповідні ймовірності, гравцям не обов'язково знати, чи враховуються ці атрибути, коли гра випадковим чином витягує предмети. Це частково пов'язано з тим, що відеоігри традиційно мають власний, закритий вихідний код. Потенційним вирішенням вищезгаданої проблеми довіри є покладання відповідальності на третю особу для моніторингу механізмів лутбокса. Такий суб'єкт може бути, наприклад, некомерційною організацією, створеною членами індустрії (наприклад, K-GAMES) або державним органом, який намагається запобігти нездоровій практиці азартних ігор (наприклад, Управління азартними іграми Нідерландів). Незважаючи на нормативні тиски, наявність сторонньої організації, відповідальної за моніторинг механізмів лутбокса не обов'язково може зменшити проблеми довіри та прозорості оскільки гравці все ще повинні вірити, що суб'єкт поводитиметься доброзичливо, ефективно та дієво.

Це передбачає позитивну відповідь на четверте запитання («Можуть чи хочуть учасники уникнути довіреної третьої сторони?»). Як припускається [32], одна з переваг систем блокчейну полягає в тому, що вона дозволяє здійснювати однорангові транзакції, не покладаючись на надійну сторонню службу».

Відповідь на п'яте запитання, а саме «Чи відрізняються правила доступу до системи між учасниками?», є позитивним, оскільки відеоігра, як користувач

блокчейну, і гравці мають різні ролі. Зокрема, відеогра повинна обробляти логістику малювання предметів, наприклад, виклик відповідних процедур, які записуватимуть дані в блокчейн, результати моніторингу тощо, гравці повинні мати можливість перевірити законність виконаних обчислень і результатів і, отже, їм не обов'язково потрібен весь доступ до системи, який має відеогра, наприклад, доступ до запису.

Ці правила залишаються в основному незмінними з часом, як і правила, що регулюють транзакції, тобто позитивна відповідь на шосте запитання («Чи залишаються в основному правила проведення транзакцій?»). Концептуально транзакції з лутбоксами не змінюються з часом: гравець вказує бажання придбати лутбокс, і відеогра випадковим чином витягує предмет і відображає результат гравцеві. Цей аспект незмінності є ключовим, оскільки, враховуючи природу лише додавання blockchains, код лутбокса, розгорнутого як смарт-контракт, не можна видалити та/або оновити.

Наступне запитання стосується необхідності незмінності: «Чи є потреба в незмінному журналі?». Це позитивно в контексті лутбоксів, оскільки незмінна (і надійна) система журналу може однозначно показати, що предмет гравця було випадково витягнуто в певний час. Крім того, будь-який користувач повинен мати можливість перевірити смарт-контракт, який зберігається в блокчейні щоб безсумнівно довести, що механізм рандомізації поводить належним чином.

Встановивши, що блокчейн є відповідною технологією для вирішення проблем довіри та прозорості проблеми, з якими стикаються механізми лутбоксів, останнє питання, а саме «Чи відкритий доступ і публічні транзакції необхідні?», визначає тип блокчейна, який буде використовуватися, тобто публічний або дозвольний.

Як було зазначено, дозвольні блокчейни вимагають отримання дозволу для приєднання до мережі як вузол або користувач, тоді як загальнодоступні блокчейни дозволяють універсальний доступ. У нашому контексті забезпечення універсального доступу та публічних транзакцій ще більше підвищує довіру та прозорість. Наприклад, аудитори, регулятори, гравці, батьки тощо можуть мати негайний доступ

до транзакційних даних щодо лутбоксів і навіть допомагатимуть підтримувати базову інфраструктуру як вузли.

Попередні відповіді показують, що загальнодоступний блокчейн може ефективно вирішити проблему довіри та прозорості.

### 3.2 Розробка програмного модуля

Різне програмне забезпечення, включаючи DApp, тепер може взаємодіяти зі смарт-контрактом після того як він був розгорнутий в блокчейні Ethereum. DApp – це веб-програма яка імітує процес купівлі та відкриття лутбокса в грі[33]. Основна мета DApp полягає в тому, щоб експериментально продемонструвати особливості механізмів лутбоксів на основі блокчейну. DApp було розроблено з використанням HTML і JavaScript. Гравець взаємодіє з DApp за допомогою будь-якого браузера. DApp, у свою чергу, взаємодіє зі смарт-контрактом у блокчейні Ethereum через API.

Як список елементів, так і ймовірності є загальнодоступними для будь-якого користувача Ethereum( рисунок 3.2).

```
string[3] public items      = ["Dragon Sword", "Silver Sword", "Common Sword"];
uint [3] public probabilities = [10, 20, 70];
```

Рисунок 3.2 – Контент лутбоксу та відповідні ймовірності

Функція drawItem може бути викликана лише користувачем, адреса якого вказана в смарт-контракті, тобто сам розробник гри. Розумний контракт використовує структуру даних під назвою blockLastPurchase, який зіставляє назву екрану з числовим значенням. Ця інформація є зрештою використовується, щоб запобігти спробам гравців витягнути більше ніж один предмет на блок. Також визначається подія під назвою Draws, яка зберігає відповідні дані в блокчейні. Збережені дані визначаються як кортеж, що представляє намальований елемент і його власника, тобто псевдонім гравця (див.рис. 3.3, 3.4).

```

function drawItem(string screenName) public returns(string){

    assert(block.number != blockLastPurchase[screenName]);
    assert(msg.sender == gameDeveloper);

    blockLastPurchase[screenName] = block.number;

    uint randomValue = RNG(screenName);
    uint lowerBoundary = 0;

    for (uint i=0; i< items.length; i++) {
        if (randomValue >= lowerBoundary && randomValue < lowerBoundary + probabilities[i]) {
            emit Draws(items[i], screenName);
            return items[i];
        }
        else {
            lowerBoundary = lowerBoundary + probabilities[i];
        }
    }
}

```

Рисунок 3.3 – Основна функція drawItem

```

function RNG(string screenName) private view returns (uint8) {
    return uint8(uint256(keccak256(abi.encodePacked(block.timestamp, screenName))%100));
}

```

Рисунок 3.4 – Функція рандомізації RNG

Функція RNG повертає натуральні числа від 0 до 99. Вона використовує попередньо визначену функцію keccak256, яка є реалізацією безпечного хеш-алгоритму SHA-3.

Далі ілюструється процес, з яким стикається гравець, купуючи лутбокс за допомогою нашого рішення на основі блокчейну. Фактично перед покупкою гравець має можливість переглянути список предметів, які можна виграти, і відповідні ймовірності, після цього гравець може натиснути кнопку «Купити лутбокс», щоб здійснити покупку (рисунок 3.5).

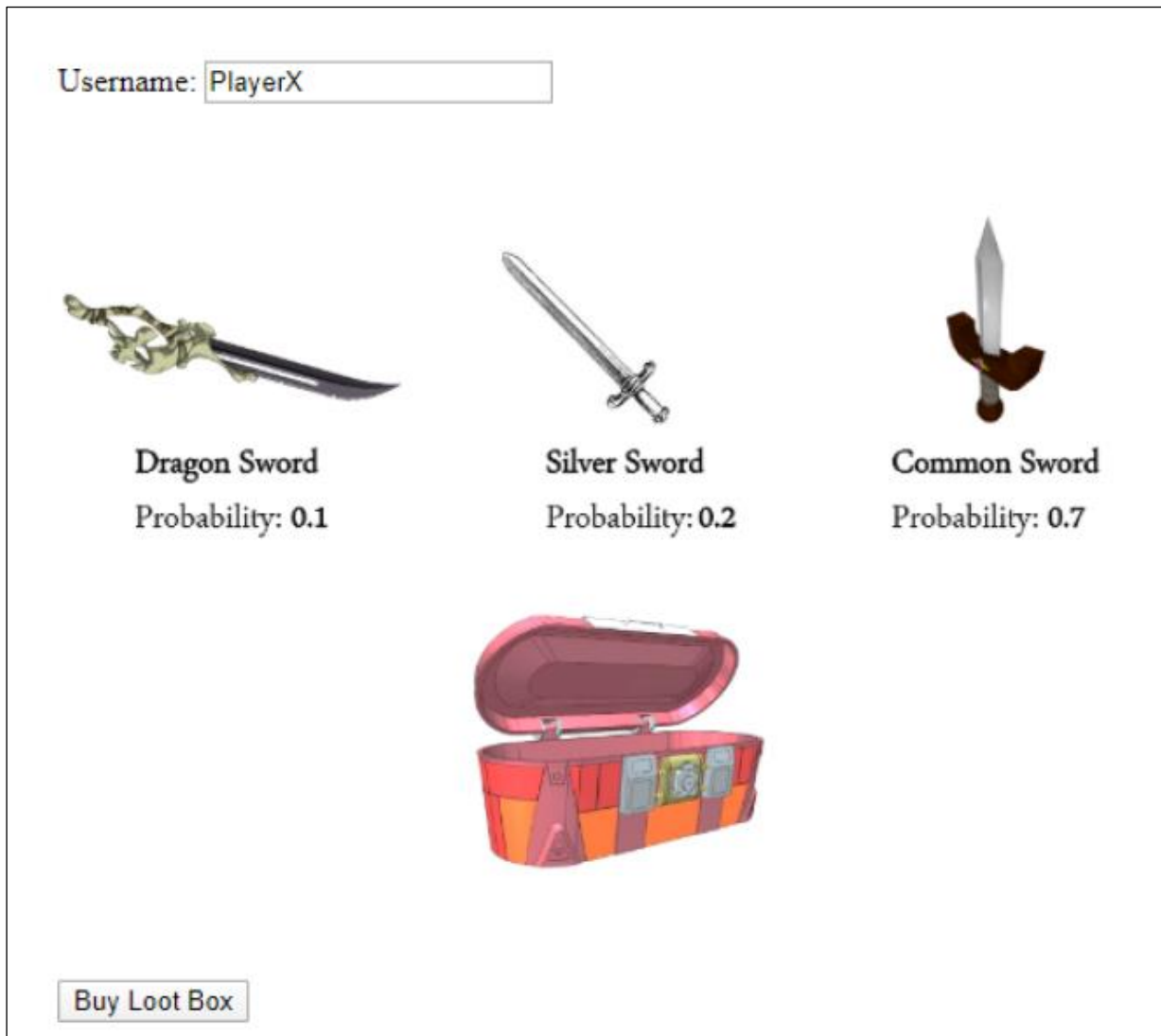


Рисунок 3.5 – Ілюстрований список предметів лутбоксу та відповідних ймовірностей

Експеримент абстрагує всі платіжні деталі, а натомість зосереджується на подальші взаємодії між DApp і блокчейном. За лаштунками DApp створює, підписує та надсилає транзакцію в блокчейн через API. У цій транзакції функція `drawItem` у кодї смарт-контракту представляє виклик лутбоксу. Аргументом цієї функції є екран гравця ім'я, наприклад, «PlayerX». Згодом створена транзакція додається до блоку, а блок додається до блокчейну, коли результат виклику функції `drawItem` стане доступним, що надає можливість показати отриманий предмет гравцеві разом із посиланням на сторінку транзакції на Etherscan (рисунок 3.6, 3.7).



Рисунок 3.6 – Отриманий з лутбоксу предмет

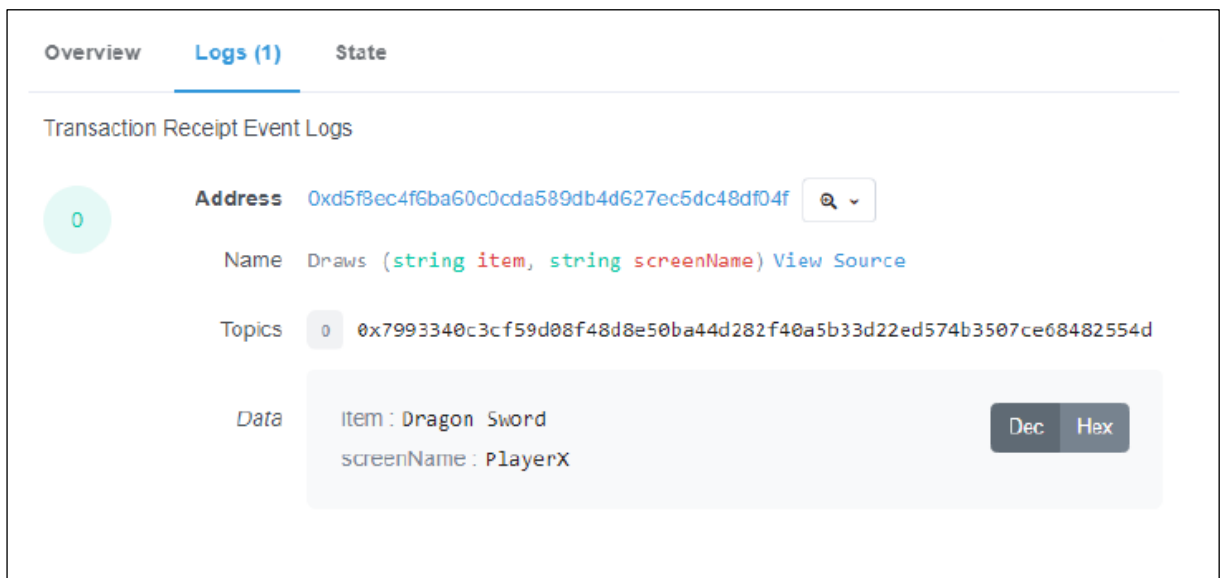


Рисунок 3.7 – Підтвердження виконання смарт-контракту

Перейшовши за посиланням гравець може побачити, коли транзакцію було створено та чи смарт-контракт був фактично використаний.

## 4 ПРОЕКТУВАННЯ І ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТІВ

### 4.1 Вихідні дані

Після оприлюднення списку предметів і ймовірностей, механізм лутбокса на основі блокчейну повністю задовольняє аспект прозорості. Відокремлюючи механізм рандомізації від вихідного коду гри, експеримент підвищує довіру гравців до системи. Цей останній пункт неявно спирається на кілька припущень, які досі не згадувалися, наприклад: 1) розрахунки розумних контракти повністю точні; і 2) блокчейн не повинен піддаватися маніпуляціям з боку будь-якого користувача/вузла.

Перенесення обчислень щодо випадкового малювання елементів у блокчейн є нерозумним якщо ці розрахунки є неточними. Іншими словами, надійна характеристика, яку визначить експеримент як недійсний, це якщо емпіричний розподіл елементів не відповідатиме відображеному розподіленню, що надається гравцеві перед покупкою лутбокса.

У таблиці 7 показано дані, які використовуються для тестування. Дані представляють розіграші з того самого експериментального лутбоксу, який оброблюється створеним смарт-контрактом. Він має три предмети, які можна виграти, а саме «Dragon Sword», «Silver Sword» і «Common Sword», а ймовірності становлять відповідно 0,1, 0,2, 0,7.

Таблиця 7. Порівняння очікуваних частот отримання предметів із фактичними результатами

Предмет	Очікувана частота	Частота у одиначній грі	Частота при кооперативній грі
Common Sword	700	692	696
Silver Sword	200	214	200
Dragon Sword	100	94	104

## 4.2 План експериментів

Спочатку ми проаналізуємо, чи відповідає емпіричний розподіл предметів, придбаних одним гравцем статистично еквівалентним очікуваному (теоретичному) розподілу елементів. Для цього ми виклинемо функцію `drawItem` кілька разів для одного гравця, а саме «PlayerX». Кількість викликів визначається після аналізу потужності, який, у свою чергу, дозволяє нам визначити необхідний розмір вибірки для виявлення ефекту заданого розміру для заданої потужності та ступеня впевненості. Зокрема, традиційний рівень значущості та потужність рівні відповідно 0,05 та 0,8. Ступінь свободи дорівнює 2, тобто кількість предметів, які можна виграти, мінус один.

Далі визначаємо ідеальний розмір вибірки, заснований на можливості отримання розмірів ефекту від 0,1, «малого» ефекту значення для тестів  $\chi^2$  квадрат[34]. Враховуючи наведене, ідеальний розмір вибірки дорівнює приблизно 963. Щоб спростити очікувані частоти щодо різних елементів, це ідеальне значення округлюється до 1000, що дає змогу отримати навіть менші розміри.

У ході експерименту необхідно довести, що емпіричний розподіл предметів, придбаних кількома гравцями статистично еквівалентним очікуваному розподілу елементів. Це надасть докази того, що алгоритм виконується правильно та може бути використаний у комерційному рішенні.

Отже, можна буде зробити припущення, що експерименти, проведені з даними аналогічного алгоритму, який вже використовується у існуючому додатку, будуть коректними по відношенню запропонованого алгоритму, який ще не має зібраних комерційних даних, так як не використовувався у комерційному рішенні та не має реальних транзакцій та платіжної системи.

Завдяки цим експериментам ми зможемо визначити розподіл витрат між гравцями та діапазон цих витрат. Також буде мати місце визначення зв'язку між покупками за секунду та часу за конкретний період дослідження.

### 4.3 Результати експериментів

Третя колонка у таблиці 7 показує частоту отриманих елементів після виклику функції `drawItem` 1000 разів для екранного імені «PlayerX». Тепер можна виконати перевірку гіпотези, де нульова гіпотеза: «Немає суттєвої різниці між однокористувацькою та очікуваною частотами». Результат від тесту  $\chi^2$ -квадрат показує, що ми не маємо достатньо доказів, щоб відхилити нульову гіпотезу ( $\chi^2 = 1,4314$ ,  $df = 2$ ,  $p = 0,4888$ ).

Далі визначаємо, чи є емпіричний розподіл предметів, придбаних кількома гравцями статистично еквівалентним очікуваному розподілу елементів. Для цього ми викликаємо функцію `drawItem` 1000 разів, використовуючи екранне ім'я «Гравець?», де знак питання (?) - фактично число, випадково взяте з дискретного рівномірного розподілу  $U(0; 999)$ . Спостережувана частота елементів доступна в останньому стовпці Таблиці 7. Цей сценарій представляє випадок, коли очікується, що кожен гравець придбає один лутбокс. Нульова гіпотеза для нашої другої перевірки: «Нема суттєвої різниці між мультиплеєром і очікуваною частотою». Знову ж таки, результат тесту  $\chi^2$ -квадрат показує, що ми не маємо достатньо доказів щоб відхилити нульову гіпотезу ( $\chi^2 = 0,18286$ ,  $df = 2$ ,  $p = 0,9126$ ).

Нарешті, об'єднаємо всі вищезгадані 2000 розіграшів, щоб створити сценарій, за якого кілька гравців придбати багато лутбоксів, але переважна більшість купує лише декілька. Формулюємо свою нульову гіпотезу, як «Немає істотної різниці між спостережуваними та очікуваними частотами». Очевидно, що очікувана частота тепер вдвічі перевищує вказану у другому стовпці Таблиці 7, тоді як спостережувана частота - це підсумовування третього та четвертого стовпців. Результат від тесту  $\chi^2$ -квадрат показує, що ми не маємо достатньо доказів, щоб відхилити нульову гіпотезу ( $\chi^2 = 0,61286$ ,  $df = 2$ ,  $p = 0,7361$ ).

Наведені вище результати показують, що наявні вагомні докази того, що RNG і `drawItem` функціонують правильно в експерименті на основі технології блокчейн.

Іншими словами, розрахунки що випадковий розіграш предметів правильно використовує ймовірності, до яких гравці мають доступ.

Тож існує можливість використання реального датасету транзакцій покупок лутбоксів для виконання експериментів, які неможливі на запропонованому алгоритмі через відсутність реальної платіжної системи та групи нейтральних користувачів.

Дані, обрані для цього дослідження, складаються з усієї інформації про відкриття лутбоксів, опублікованої партнером CSGO PerfectWorld (<https://www.csgo.com.cn/hd/1707/lotteryrecords/>) за 66 днів, починаючи з 29.07.2020 р. по 2020-10-03.

За 66 днів, протягом яких проводилося це дослідження, було зібрано необроблений набір даних, що складається із записів про відкриття 1 469 913 індивідуальних лутбоксів від 386 269 окремих користувачів.

Кожне з цих 1 469 913 відкриттів містить таку інформацію:

- анонімний ідентифікатор користувача у формі двох літер, за якими йде три зірочки, буквено-цифровий символ і три додаткових букви (наприклад, FF\*\*9FFF). Цей ідентифікатор містить 604 661 760 можливих комбінацій. Протягом досліджуваного періоду спостерігалось придбання 386 269 різних ідентифікаторів лутбоксів. 216 162 із цих ідентифікаторів придбали лише один лутбокс, що свідчить про те, що цей буквено-цифровий код є ефективним унікальним ідентифікатором для окремих гравців;
- позначка часу UNIX, яка вказує на секунду, коли було відкрито лутбокс (наприклад, 1596018463). Розподіл часових позначок у кожному вікні з 200 відкриттів припускає, що кожне вікно представляє 200 останніх лутбоксів., Незважаючи на середній проміжок між вікнами в 770,10 секунд, середнє значення тривалості часу від початку вікна до запису про відкриття лутбоксу становить лише 83,47 секунд;
- ідентифікатор конкретного відкритого лутбокса;

– ідентифікатор конкретного вмісту, який було отримано.

Придбання ключа для відкриття лутбокса в CSGO зараз коштує 97,80 гривень, що еквівалентно \$2,646 на момент написання цього. Натомість для оцінки загальної суми доходу просто кількості відкривань, кількість відкривань за секунду була таким чином помножити на 2.646, щоб отримати загальні оцінки в доларах США відповідно.

Щоб розглянути скільки грошей витрачається на лутбокси в CSGO, узагальнена адитивна модель була підігнана до даних спостереження. Предикторами в цій моделі були плавний термін, що описує час доби в секундах (0-86400), спостереження було зроблено як кубічний циклічний сплайн, і параметричний термін, що описує кількість днів з моменту початку збору даних, коли було проведено спостереження.

Щоб врахувати потенційну автокореляцію в залишках будь-якої моделі, вперше була виготовлена невивіршена модель. Порядок будь-якої (p,q) структури ARMA в межах залишки цієї моделі були автоматично оцінені за допомогою алгоритму Хандакара-Хіндмана та кінцевої моделі, створеної з використанням похідної кореляційної структури.

Основною змінною результату для цієї моделі була кількість покупок за секунду.

Було створено GAM, який моделює зв'язок між покупками за секунду та часу, з кореляційною структурою ARMA порядку (1,1). Цей GAM добре підходить для даних, з  $R^2 = 0,852$ . Тест Льюнга-Бокса не дав доказів залишкової автокореляції ( $\chi^2 = 12,233$ ,  $p = 0,141$ ).

Загалом, ця модель оцінила 13 192 985,71 відкритих лутбоксів за 66 днів, протягом яких збиралися дані. Це дорівнює загальному доходу в розмірі 34 908 640,19 \$ або \$528 918,79 на день. Візуалізація відмінності покупок за секунду за перші сім днів збору даних наведено на Рисунку 10.

Формально плаваючий термін, що вказує на час доби в цій моделі, дорівнював,  $F=279,013$ ,  $p<0,001$ , що вказує на циклічні зміни у витратах протягом кожного дня. Огляд Рисунка 10 показує добові коливання витрат протягом кожного дня. Максимальні витрати відбулися приблизно о 22:10, а мінімальні приблизно о 07:00.

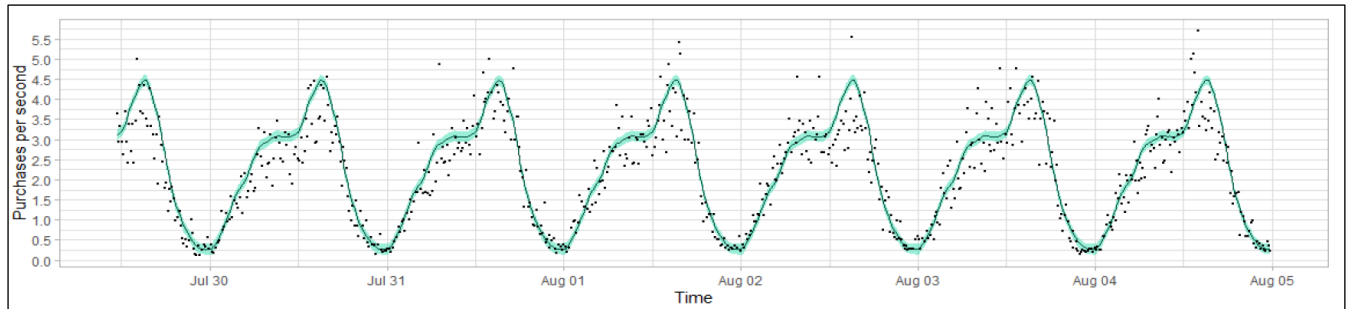


Рисунок 4.1 – GAM-моделювання співвідношення між часом і покупками в секунду.

Лінійний термін, пов'язаний з цією моделлю, не був значущим ( $t=0,983$ ,  $p=0,33$ ), що вказує на відсутність доказів лінійного зростання або зниження витрат на лутбокс протягом проаналізованого періоду.

Щоб розглянути як зосереджені витрати на лутбокс між CSGO геймерами, було винесено спостережувані витрати кожного з 386 269 користувачів для дослідження. Потім було розраховано початковий інтервал коефіцієнта Джині для цього набору даних.

Користувачі були впорядковані за кількістю відкриттів, у яких вони брали участь, і базуючись на цьому були розраховані децильні розподіли для кількості відкриттів. Усі користувачі в нижніх 5 децилях (тобто 50% користувачів) набору даних відкрили лише один лутбокс протягом 66 днів дослідження, забезпечуючи довгий хвіст випадкових участей.

Ці децильні розподіли повністю наведені в таблиці 8 разом із лінійними перетвореннями кількості відкритих лутбоксів у витрачені суми та статистичні дані, що представляють частку загального доходу, відносно користувачів у межах певного дециля.

Таблиця 8 – Частка витрат, що припадає на кожен дециль користувачів.

Група	% від всіх відкриттів	Середнє кількість відкриттів на користувача	Середня сума витрат на користувача
0-10%	2.63%	1	\$2.65
10-20%	2.63%	1	\$2.65
20-30%	2.63%	1	\$2.65
30-40%	2.63%	1	\$2.65
40-50%	2.63%	1	\$2.65
50-60%	3.69%	1.4	\$3.71
60-70%	5.26%	2	\$5.29
70-80%	6.89%	2.62	\$6.94
80-90%	11.66%	4.44	\$11.74
90-100%	59.37%	22.59	\$59.78

Нарешті, для того, щоб розглянути діапазон витрат на лутбоксі серед гравців CSGO, були використані необроблені спостережувані витрати для кожного користувача в описаному наборі даних.

Для того, щоб формально визначити, чи визначена концентрація витрат нагадує існуючу концентрацію витрат серед азартних гравців, основні довірчі інтервали завантаження були потім розраховано за коефіцієнтом витрат Джині для 386 269 користувачів, які тут спостерігаються. Довірчий інтервал для цієї статистики був розрахований як 63,76% . Це значно нижче, ніж оцінки в літературі щодо концентрації витрат серед азартних гравці (коефіцієнт Джині: 80,16% - 87,9%)

Протягом 66 днів було відкрито 1 469 913 лутбоксів. Ці відкриття були віднесені до 386 269 окремих осіб. З 386 269 геймерів, за якими спостерігали протягом цього дослідження 216 162 придбали лише один лутбокс, що становить 14,70% від усіх доходів. 1% найбільших гравців відповідали за 26,33% усіх доходів і,

як спостерігалось, витрачали (в середньому) \$265,64 протягом 66 днів під час тестування. Спостерігаємі витрати в цій найвищій процентильній групі досягли 5146,47 доларів США.

Таблиця 9: Спостережувані витрати найвищих п'ятьох відсотків користувачів

Група	% від всіх відкриттів	Середнє кількість відкриттів на користувача	Середня сума витрат на користувача	Діапазон витрат на користувача
95-96%	3.44%	13.13	\$34.73	\$31.75 - \$39.69
96-97%	4.29%	16.36	\$43.29	\$39.69 - \$50.27
97-98%	5.66%	21.58	\$57.09	\$50.27 - \$66.15
98-99%	8.48%	32.35	\$85.59	\$66.15 - \$113.78
99-100%	26.33%	100.39	\$265.64	\$113.78 - \$5146.47

Однак також важливо зазначити, що така концентрація витрат є значно менш екстремальною, ніж та, що спостерігається серед азартних гравців. Дійсно, довірчий інтервал коефіцієнту Джині був оцінений як 63,76%. Це значно менше, ніж коефіцієнти Джині, які були розраховані на витрати в азартних іграх (80,16% - 87,9%).

Подібним чином, тоді як 59,37% витрат було віднесено до 10% найбільших витрат серед користувачів, отримані від Комісії з азартних ігор Великобританії, показують, що деякі оператори азартних ігор можуть отримати понад 80% свого доходу лише з 2% своїх клієнтів. Тому, здається, концентрація витрат на лутбокс

спостережувана у CSGO суттєво відрізняється від концентрації витрат серед азартних гравців.

Причина цієї розбіжності незрозуміла. Може бути так, що відкриття лутбоксу є більш поширенішою діяльністю, ніж різноманітність інших форм азартних ігор, і, отже, можна очікувати, що низка концентрація витрат пов'язана з невеликою групою користувачів, які витрачають найбільше. Це ідея, безумовно, підтверджується наявністю 216 162 користувачів у наборі даних, які купували лише один лутбокс.

Однак важливо пояснити, що ця розбіжність у концентрації витрат не означає, що відкриття лутбоксів завжди є фінансово тривіальним. Дійсно, існує чіткий кадровий склад осіб з великими витратами, чії покупки можуть бути фінансово важливими. Для Наприклад, 1% найбільших гравців витратили (в середньому) 265,64\$ кожного дня з 66 днів тестування, причому ця сума досягає 5146,47 доларів США. Подальші дослідження повинні зосередитися на розумінні того, чи є ці витрати грошима, які гравці не можуть собі дозволити.

## ВИСНОВКИ

В ході проведення дослідження для кваліфікаційної роботи було виконано аналіз предметної області та розглянуто обрані методи реалізації алгоритмів внутрішньігрової монетизації у застосунках. Описано їх принципи роботи, виділено основні відмінності один від одного.

В результаті роботи сформовано звіт, у якому представлено основні підходи до реалізації алгоритмів, а саме лутбоксів, описано принципи, якими вони керуються, вказано на схожість та відмінності між ними. Було обрано вимірні критерії, за якими можна порівнювати ці методи, та надано обґрунтування для використання кожного з цих параметрів. Всього було визначено 6 основних критеріїв оцінки алгоритмів:

- процес купівлі;
- процедура витягування;
- контент;
- аудио та візуальні засоби
- неоплачувана участь
- соціальна частина.

У цій роботі запропоновано підходи до оцінки кожної з цих метрик, критерії та аналіз впливу на кінцеве використання алгоритму.

Після визначення критеріїв було відокремлено 2 основні проблеми поточного використання алгоритмів, а саме прозорість обчислень та вихідних даних різних реалізацій алгоритму, і також подібність використання алгоритму до азартних ігор.

Ключовими висновками, отриманими під час дослідження, є:

- було створено експериментальну реалізацію алгоритму за допомогою технології Blockchain, що дозволило вирішити проблему прозорості завдяки можливостям цієї технології надати базовий код на запит кожного користувача;
- було виконано емпіричний аналіз роботи запропонованої реалізації алгоритму із використанням 1000 тестових виконань, який показав, що

алгоритм працює коректно та може бути використаний у комерційних рішеннях, що дає можливість використовувати існуючі дані аналогічних комерційних реалізацій алгоритму;

- було виконано аналіз діапазону витрат користувачів аналогічної реалізації алгоритму, створено GAM-моделювання співвідношення між часом і покупками в секунду, який показав, що плаваючий термін дорівнював,  $F=279,013$ ,  $p<0,001$ , що вказує на циклічні зміни у витратах протягом кожного дня. Максимальні витрати відбулися приблизно о 22:10, а мінімальні приблизно о 07:00.
- для аналізу схожості з азартними іграми було оцінено 1 469 913 лутбоксів, які були віднесені до 386 269 окремих осіб та, було вираховано довірчий інтервал коефіцієнту Джині у розмірі 63,76%, що значно менше, ніж коефіцієнти Джині, які були розраховані на витрати в азартних іграх (80,16% - 87,9%).

Результати цього дослідження можуть бути використані при прийнятті рішень про необхідність регулювання феномену лутбоксів у додатках за допомогою законопроектів, що регулюють азартні ігри у відповідних країнах. Такі рішення вже були прийняті у Бельгії, Нідерландах та Китаї. Це дослідження показує, що тоді як 59,37% витрат було віднесено до 10% найбільш витратних користувачів, то дані отримані від Комісії з азартних ігор Великобританії, показують, що деякі оператори азартних ігор можуть отримати понад 80% свого доходу лише з 2% своїх клієнтів, що є вагомим фактором не відносити алгоритми лутбоксів до регулювань азартних ігор.

Подальші психологічні та соціологічні дослідження повинні зосередитися на розумінні того, чи є ці витрати грошима, які гравці не можуть собі дозволити та чи існує схожість із феноменом «відіграння», який має широке поширення в азартних іграх.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Драммонд, А. Зауер, Дж. Д. «Лутбоксы відеоігор психологічно схожі на азартні ігри». *Nat.Hum. Behav.* 530–532 (2018) doi:10.1038/s41562-018-0360-1.
2. Монсав, М. EA перебуває під кримінальним розслідуванням у Бельгії через лутбоксы. [https://esportsinsider.com/2018/09/ea-under-criminal-investigation-in-belgium-due-to-loot-boxes/\(2018\)](https://esportsinsider.com/2018/09/ea-under-criminal-investigation-in-belgium-due-to-loot-boxes/(2018)).
3. Брукс, Г. А. та Кларк, Л. «Асоціації між використанням лутбоксів, проблемною грою та азартними іграми, і пізнання, пов'язане з азартними іграми.». (2019)
4. Зендл, Д., Кернс, П., Барнетт, Х. та МакКолл, К. 2020. «Оплата за лутбоксы пов'язана з проблемами азартних ігор, незалежно від конкретних функцій, таких як виведення грошей і оплата за виграш». *Комп'ютери в людській поведінці* 102 (січень): 181–91. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2019.07.003>.
5. «Відеоігри чи азартні ігри?» 2018. *Nature Human Behavior* 2 (8): 525–525. <https://doi.org/10.1038/s41562-018-0369-5>.
6. Нільсен, Р. К. Л. та Грабарчик, П. 2018. «Чи є лутбоксы азартними іграми? Механізми випадкової винагороди у відеоіграх». *DiGRA* 2018, 20. <https://doi.org/10.26503/todigra.v4i3.104>.
7. Сато, Ю., Брюкнер, С., Курабаяші, С. та Варагаї, І. 2020. «Емпірична таксономія монетизованих випадкових механізмів винагороди в іграх». *DiGRA* 2020, 21.
8. Danylenko, S., Vechur, O., Shirokopetleva, M. «Research of Digital-Analog Conversion Method for Reproduction of Mechanical Oscillations» *CEUR Workshop Proceedings*, 2022, 3171, pp. 1569–1582
9. Де Нейс, В., ред. 2018. *Теорія подвійного процесу 2.0*. 1 видання. Актуальні проблеми мислення та міркування. Нью-Йорк: Routledge, Taylor & Francis Group.

10. Льюїс, К. 2014. «Непереборні програми: мотиваційні шаблони дизайну для програм, ігор і веб-спільнот». Нью-Йорк: Apress
11. Зендл, Д., Мейєр, Р. та Овер, Х. 2019. «Підлітки та лутбокери: зв'язки з проблемними азартними іграми та мотивами для покупки». *Royal Society Open Science* 6 (6): 190049. <https://doi.org/10.1098/rsos.190049>.
12. Дінс, Е. Г., Томас, С. Л., Даубе, М. та Деревенський, Дж. 2016. «Я можу сидіти на пляжі та грати через свій мобільний телефон»: вплив фізичного та онлайн-оточення на поведінку молодих чоловіків, пов'язану з азартними іграми. .” *Соціальні науки та медицина* 166 (жовтень): 110–19. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2016.08.017>.
13. Монаган, С. та Блащинський, А. 2009. «Попереджувальні повідомлення електронних ігрових автоматів: інформація проти самооцінки». *Журнал психології* 144 (1): 83–96. <https://doi.org/10.1080/00223980903356081>.
14. Heidhues, P. and Koszegi, B. 2004. “The Impact of Consumer Loss Aversion on Pricing.” *Електронний журнал SSRN*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.658002>.
15. Leino, T., Torsheim, T., Pallesen, S., Blaszczynski, A., Sagoe, D. i Molde, H. 2016. «Емпіричне реальне дослідження програшів, замаскованих під виграші в електронних ігрових автоматах». *Міжнародні дослідження азартних ігор* 16 (3): 470–80. <https://doi.org/10.1080/14459795.2016.1232433>.
16. Przybylski, A.K., Rigby, C.S., and Ryan, R.M. 2010. «Мотиваційна модель залучення до відеоігор». *Огляд загальної психології* 14 (2): 154–66. <https://doi.org/10.1037/A0019440>.
17. Діксон, М. Р. 2000. «Маніпулювання ілюзією контролю: варіації азартних ігор як функція сприйманого контролю над випадковими результатами». *Психологічний запис* 50 (4): 705–19. <https://doi.org/10.1007/BF03395379>.
18. Murch, W. S. та Clark, L. 2019. «Вплив розміру ставки та багатолінійної гри на занурення та дихальну синусову аритмію під час використання електронного

ігрового автомата». Звікання до поведінки 88 (січень): 67–72. <https://doi.org/10.1016/j.addbeh.2018.08.014>.

19. Лі, Е., Роклофф, М. Дж., Браун, М. і Дональдсон, П. 2016. «Структурні особливості джекпоту: ефект перекидання та ефект градієнта цілі в азартних іграх EGM». Журнал вивчення азартних ігор 32 (2): 707–20. <https://doi.org/10.1007/s10899-015-9557-7>.

20. Трегель, Т., Шваб, М. К., Нгуєн, Т. Т. Л., Мюллер, П. Н. і Гьобель, С. 2020. «Витрати на конкуренцію – аналіз аспектів оплати за перемогу в поточних іграх». У Спільній міжнародній конференції з серйозних ігор, під редакцією Мінхуа Ма, Боббі Флетчера, Стефана Гьобеля, Янніке Баалсруд Хауге та Тіма Марша, 12434:177–92. Конспект лекцій з інформатики. Cham: Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-61814-8\\_14](https://doi.org/10.1007/978-3-030-61814-8_14).

21. Хамарі, Дж. та Ледонвірта, В. 2010. «Дизайн ігор як маркетинг: як ігрова механіка створює попит на віртуальні товари». Міжнародний журнал бізнес-науки та прикладного менеджменту 5 (1): 14–29.

22. Чейз, Г. В., і Кларк, Л. 2010. «Розвиток азартних ігор передбачає реакцію середнього мозку на майже невдалий результат». Journal of Neuroscience 30 (18): 6180–87. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.5758-09.2010>.

23. Starcke, K., Antons, S., Trotzke, P. і Brand, M. 2018. «Cue-Reactivity in Behavioral Addictions: A Meta-Analysis and Methodological Considerations». Журнал поведінкових залежностей 7 (2): 227–38. <https://doi.org/10.1556/2006.7.2018.39>.

24. Медіган, Дж. 2016. Залучення геймерів: психологія відеоігор та їх вплив на людей, які в них грають. Lanham, Меріленд: Rowman & Littlefield.

25. Макбрайд, Дж. та Деревенський, Дж. 2009. «Поведінка в азартних іграх в Інтернеті у вибірці азартних гравців». Міжнародний журнал психічного здоров'я та залежності 7 (1): 149–67. <https://doi.org/10.1007/s11469-008-9169-x>.

26. Yee, N. 2006. «Мотивація для гри в онлайн-ігри». Кіберпсихологія та поведінка 9 (6): 772–75. <https://doi.org/10.1089/CPB.2006.9.772>.

27. Сяо, Л. Й. 2020. «Які реалізації лутбоксів є азартними іграми?» Юридичний погляд Великобританії на потенційну шкоду механізмів випадкової винагороди». Міжнародний журнал психічного здоров'я та залежності, серпень. <https://doi.org/10.1007/s11469-020-00372-3>.

28. Брок, Т. та Джонсон, М. 2020. «Азартні ігри заради моди: як дизайнери відеоігор використовують «двоїстість статусу» у відеоіграх». Праці ДіГРА 2020, 1–3.

29. O. Mazurova, O. Samantsov, O. Topchii and M. Shirokopetleva, A Study of Optimization Models for Creation of Artificial Intelligence for the Computer Game in the Tower Defense Genre, 2020 IEEE International Conference on Problems of Infocommunications. Science and Technology (PIC S&T), 2020, pp. 491-496, doi: 10.1109/PICST51311.2020.9468057.

30. Shubin, I., Snisar, S., Litvin, S. «Formalization and Application of Algebraic Methods in Automated Intelligent Systems» 2021 IEEE 8th International Conference on Problems of Infocommunications, Science and Technology, PIC S and T 2021 - Proceedings, 2021, pp. 67–70.

31. Carvalho, A. (2020). A Permissioned Blockchain-Based Implementation of LMSR Prediction Markets. Decision Support Systems, 130.

32. Pedersen, A. B., Risius, M., and Beck, R. (2019). A Ten-Step Decision Path to Determine When to Use Blockchain Technologies. MIS Quarterly Executive, 18(2):99-115.

33. Turevska, O. , Shubin, I. «Improving the automated testing of Web-based services by reflecting the social habits of target audiences» Turevska, O. , Shubin, I. 2015 Information Technologies in Innovation Business Conference, ITIB 2015 - Proceedings, 2015, с. 93-96, 7355062

34. Cohen, J. (2013). Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences. Routledge, 2nd edition.