

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ В. Н. КАРАЗІНА

Економічний факультет
Кафедра економічної кібернетики та прикладної економіки

КВАЛІФІКАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

на тему

Цифрова трансформація навчання: застосування ігрового підходу.

Виконав: студент 2 курсу, групи ЕП-61
спеціальності 051 «Економіка»

освітня програма «Прикладна
економіка»

Хлусов Євгеній Андрійович

Керівник Меркулова Тамара

Вікторівна, професор, д.е.н.

Рецензент

АНОТАЦІЯ

Хлусов Є. А. **Цифрова трансформація навчання: застосування ігрового підходу** (керівник: д.е.н., проф. Меркулова Т. В.).

Робота присвячена комплексному аналізу економічної ефективності впровадження інструментів гейміфікації в систему корпоративного навчання. Розкрито сутність цифрової трансформації розвитку персоналу, проаналізовано психологічні механізми впливу ігрових механік на продуктивність праці (теорії самодетермінації та потоку). В емпіричній частині на матеріалах ТОВ «Trade-Tech» проведено експериментальне дослідження (N=100), яке довело статистично значуще скорочення часу адаптації персоналу на 23% та зростання якості засвоєння знань на 15,1%. Побудовано регресійну модель залежності обсягу продажів від ігрової активності. Розраховано інвестиційні показники проекту: NPV становить 2,19 млн грн, термін окупності — 4,3 місяці. Розроблено дорожню карту імплементації та матрицю ризиків.

Ключові слова: цифрова трансформація, гейміфікація, ROI навчання, регресійний аналіз, продуктивність праці.

SUMMARY

Khlusov Ye. A. **Digital Transformation of Learning: Application of the Game Approach** (Scientific supervisor: Sc. D., prof. Merkulova T. V.).

The master's thesis is devoted to a comprehensive analysis of the economic efficiency of implementing gamification tools in the corporate training system. The essence of digital transformation of personnel development is revealed, and the psychological mechanisms of the influence of game mechanics on labor productivity (self-determination and flow theories) are analyzed. In the empirical part, based on the materials of "Trade-Tech" LLC, an experimental study (N=100) was conducted, which proved a statistically significant reduction in personnel adaptation time by 23% and an increase in knowledge retention quality by 15.1%. A regression model of the dependence of sales volume on gaming activity was built. The investment indicators of the project were calculated: NPV is UAH 2.19 million, and the payback period is 4.3 months. An implementation roadmap and a risk matrix were developed.

Keywords: digital transformation, gamification, training ROI, regression analysis, labor productivity.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ НАВЧАННЯ.....	6
1.1. Роль гейміфікації у сучасних економічних відносинах та її сутність	6
1.2. Психологічні та мотиваційні основи ігрового підходу.....	10
1.3. Методологічні підходи до оцінки економічної ефективності гейміфікованих навчальних систем.....	13
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ, МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ ОЦІНКИ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ГЕЙМІФІКАЦІЇ.....	17
2.1. Аналіз проблеми.....	17
2.2. Обґрунтування методів дослідження, формулювання гіпотез і змістовні припущення моделей.....	25
2.3. Обґрунтування інформаційного забезпечення обчислень і алгоритмів розрахунків.....	30
РОЗДІЛ 3. ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ ІГРОВОГО ПІДХОДУ.....	37
3.1. Емпіричний аналіз впливу гейміфікації на показники навчання та адаптації персоналу.....	37
3.2. Кореляційно-регресійний аналіз факторів впливу на результативність цифрового навчання.....	42
3.3. Оцінка інвестиційної привабливості проекту та стратегія імплементації цифрової трансформації навчання.....	49
ВИСНОВКИ.....	59
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	61

ВСТУП

Актуальність дослідження. Цифрова трансформація навчання є одним із ключових факторів, що визначають якість людського капіталу та конкурентоспроможність підприємств у сучасній економіці. Вона впливає на швидкість адаптації персоналу, рівень професійної компетентності, продуктивність праці та інноваційний потенціал бізнесу. У сучасних умовах переходу до економіки знань питання впровадження ефективних інструментів навчання, таких як гейміфікація (ігровий підхід), стає критичним для організацій, що прагнуть забезпечити високу залученість співробітників та максимізацію віддачі від інвестицій у персонал. Для України, яка потребує швидкого відновлення та модернізації економіки, аналіз економічної ефективності новітніх освітніх технологій та їх впливу на показники діяльності підприємств є особливо важливим.

Мета дослідження – оцінити вплив ігрового підходу (гейміфікації) на ефективність навчальних процесів та економічні показники діяльності підприємства.

Завдання дослідження:

- Розкрити економічну сутність поняття «цифрова трансформація навчання» та проаналізувати роль гейміфікації в сучасних економічних відносинах.
- Дослідити теоретичні основи та мотиваційні механізми впливу ігрового підходу на продуктивність. Узагальнити зарубіжні та вітчизняні методологічні підходи до оцінки ефективності навчання.
- Сформувати базу даних для емпіричного аналізу на основі показників навчальної активності та виробничих результатів.
- Провести порівняльну оцінку ефективності традиційних та гейміфікованих методів навчання (з використанням статистичних критеріїв).
- Виконати статистичний аналіз (кореляційний і регресійний) взаємозв'язку ігрової активності з показниками економічної ефективності та розрахувати ROI впровадження системи.

Об’єкт дослідження – процеси цифрової трансформації навчання та розвитку персоналу в економічних системах.

Предмет дослідження – теоретико-методичні засади та інструментарій оцінки економічної ефективності застосування ігрового підходу в навчанні.

Методи дослідження: аналіз і синтез, порівняльний аналіз, статистичний аналіз (t-критерій Стьюдента), економетричні методи (кореляційно-регресійний аналіз), метод оцінки повернення інвестицій (ROI), моделювання.

Наукова новизна. У роботі комплексно досліджено економічний ефект від впровадження гейміфікації в корпоративне навчання. Запропоновано адаптовану модель розрахунку ROI для цифрових освітніх платформ та розроблено регресійну модель, що дозволяє прогнозувати приріст продуктивності праці на основі показників ігрової залученості персоналу.

Результати роботи представлено на науково-практичній конференції XV Міжнародна науково-практична Інтернет – конференція “Економіка сьогодні: проблеми моделювання та управління” (Полтава, грудень 2025 року).

Структура роботи складається зі вступу, трьох розділів, висновків та списку використаних джерел. Загальний обсяг роботи становить 55 сторінок, вона містить 13 таблиць, 5 рисунків, список використаних джерел із 38 найменувань. Перший розділ присвячений теоретико-методологічним основам цифрової трансформації та сутності гейміфікації в економіці. У другому розділі здійснено аналіз проблеми ефективності навчання та обґрунтовано методи оцінки. Третій розділ містить емпіричні розрахунки економічної ефективності, побудову регресійної моделі та інвестиційний аналіз проекту.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ НАВЧАННЯ

1.1. РОЛЬ ГЕЙМІФІКАЦІЇ У СУЧАСНИХ ЕКОНОМІЧНИХ ВІДНОСИНАХ ТА ЇЇ СУТНІСТЬ

Сучасна світова економіка, яку часто називають «економікою знань» або «економікою вражень», характеризується фундаментальними змінами у структурі капіталу та джерелах створення доданої вартості. Якщо в індустріальній епосі ключову роль відігравав фізичний капітал, то сьогодні на перший план виходить людський капітал — сукупність знань, навичок, компетенцій та, що важливо, мотивації працівників. Управління цим капіталом стає головним завданням для досягнення конкурентних переваг.

Водночас, прискорена цифрова трансформація створює подвійний виклик.

По-перше це постійна потреба в перенавчанні: Життєвий цикл технологій скорочується, що вимагає від співробітників безперервного навчання для підтримання актуальності своїх навичок. По-друге це демографічні зміни: На ринок праці активно виходять покоління, які виростили в цифровому середовищі і мають інші патерни споживання інформації та мотивації.

Традиційні моделі управління та навчання, засновані на ієрархії та примусі, демонструють свою економічну неефективність. Вони призводять до високих витрат на навчання при низькому рівні засвоєння матеріалу, професійного вигорання, високої плинності кадрів та низької залученості персоналу. Саме в цьому контексті гейміфікація виникає як відповідь на економічний запит — як знайти інструмент для підвищення ефективності людського капіталу в нових цифрових умовах.

Важливо чітко розмежувати поняття «гра» та «гейміфікація». Гра є самоціллю, її основна мета — розвага. Натомість гейміфікація — це застосування ігрових елементів, механік та принципів дизайну ігор у неігровому контексті

(наприклад, у бізнесі, освіті, охороні здоров'я) для досягнення конкретних, вимірюваних бізнес-цілей.

З точки зору прикладної економіки, гейміфікація — це інструмент управління поведінкою та оптимізації процесів.

В основі гейміфікації лежить набір ключових механік, які апелюють до базових психологічних потреб людини:

- **Бали:** Найпростіший елемент. Слугують для миттєвого зворотного зв'язку, вимірювання прогресу та є основою для інших механік.
- **Значки та Нагороди:** Візуальне підтвердження досягнень. Вони задовольняють потребу у визнанні та демонструють соціальний статус.
- **Рейтинги:** Апелюють до потреби у змаганні та соціальному порівнянні. Ефективні у короткостроковій перспективі, особливо у сферах (як-от продажі), де конкуренція є природною.
- **Рівні та Прогрес-бари:** Візуалізують шлях до мети. Створюють чітке відчуття розвитку та компетентності, мотивуючи продовжувати діяльність.
- **Завдання та Виклики:** Структурують діяльність, ставлячи чіткі, досяжні цілі, за виконання яких передбачена винагорода.
- **Сюжет:** Вплетення діяльності у певну історію чи контекст. Це додає сенсу рутинним завданням і підвищує емоційну залученість.

Ефективність гейміфікації ґрунтується на фундаментальних теоріях мотивації. Для економічного аналізу ключовими є дві:

Теорія самодетермінації: Розроблена Едвардом Десі та Річардом Раяном (Deci & Ryan, 1985), ця теорія стверджує, що для стійкої (внутрішньої) мотивації людина має задовольнити три базові психологічні потреби:

- **Автономія:** Відчуття контролю над власними діями та вибором.
- **Компетентність:** Відчуття власної майстерності, здатності долати виклики.
- **Пов'язаність:** Відчуття приналежності до спільноти, соціальна взаємодія. Якісно розроблена гейміфікація (на відміну від простого

«навішування балів») дозволяє задовольнити всі три потреби, що веде до глибокої внутрішньої мотивації.

Теорія потоку: Запропонована Мігаєм Чиксентмігаї (Csikszentmihalyi, 1990), ця теорія описує стан «потоку» — повної залученості та концентрації на завданні. Цей стан досягається, коли складність завдання ідеально відповідає рівню навичок людини (не надто легко, щоб було нудно, і не надто складно, щоб викликати тривогу). Ігрові механіки, особливо рівні та адаптивні виклики, є ідеальним інструментом для утримання користувача у стані потоку.

У сучасних економічних відносинах гейміфікація перестала бути екзотикою і стала вимірюваним інструментом для вирішення конкретних економічних завдань.

Внутрішня економіка підприємства (Управління людським капіталом) розглядається як:

- Навчання та адаптація: Це головний напрямок. Гейміфікація дозволяє знизити вартість адаптації нового співробітника та скоротити час його виходу на повну продуктивність. Замість нудних інструкцій, новий співробітник проходить інтерактивний "квест" з освоєння обов'язків.
- Підвищення продуктивності: Застосовується у відділах продажів (рейтинги менеджерів), у розробці (змагання за найменшу кількість багів) або у виробництві (заохочення за дотримання стандартів безпеки).
- Корпоративна культура та інновації: Використання гейміфікованих платформ для генерації ідей (внутрішні «стартап-інкубатори») або для заохочення дотримання корпоративних цінностей.
- Зниження плинності кадрів: Залучені співробітники, які бачать свій прогрес і відчувають визнання, є більш лояльними. Це прямо знижує витрати компанії на рекрутинг та пошук нових фахівців.

В той час як зовнішня економіка (Взаємодія з клієнтами) має наступні критерії:

- Маркетинг та лояльність: Найвідоміший приклад — програми лояльності (накопичувальні бали в ритейлі, «зірки» у Starbucks). Це чистий

економічний інструмент для підвищення повторних покупок та життєвої цінності клієнта.

- Залучення та збір даних: Гейміфіковані опитування, конкурси та додатки мотивують клієнтів добровільно надавати цінну маркетингову інформацію. Ці дані є економічним активом, що дозволяє оптимізувати продукт та маркетингові стратегії.

Таким чином, у контексті прикладної економіки, гейміфікація — це інвестиційний проєкт. Його впровадження вимагає аналізу витрат і вигод. Витрати включають розробку платформи, її підтримку та час персоналу, тоді як вигоди (ROI) виражаються у вимірюваних показниках: зростанні прибутку, зниженні витрат на персонал, підвищенні ефективності процесів та зростанні ринкової капіталізації бренду.

Ефективність гейміфікації ґрунтується на фундаментальних теоріях мотивації. Для економічного аналізу ключовими є дві:

1. Теорія самодетермінації: Розроблена Едвардом Десі та Річардом Раяном, ця теорія стверджує, що для стійкої (внутрішньої) мотивації людина має задовольнити три базові психологічні потреби:

- Автономія: Відчуття контролю над власними діями та вибором.
- Компетентність: Відчуття власної майстерності, здатності долати виклики.
- Пов'язаність: Відчуття приналежності до спільноти, соціальна взаємодія. Якісно розроблена гейміфікація (на відміну від простого «навішування балів») дозволяє задовольнити всі три потреби, що веде до глибокої внутрішньої мотивації.

2. Теорія потоку: Запропонована Мігаєм Чиксентмігаї, ця теорія описує стан «поток» — повної залученості та концентрації на завданні. Цей стан досягається, коли складність завдання ідеально відповідає рівню навичок людини (не надто легко, щоб було нудно, і не надто складно, щоб викликати тривогу). Ігрові механіки, особливо рівні та адаптивні виклики, є ідеальним інструментом для утримання користувача у стані потоку

1.2. ПСИХОЛОГІЧНІ ТА МОТИВАЦІЙНІ ОСНОВИ ІГРОВОГО ПІДХОДУ

Економічна ефективність гейміфікації не є самодостатнім явищем, а безпосередньо впливає з її здатності впливати на фундаментальні психологічні та когнітивні механізми людської поведінки, що було ґрунтовно досліджене у провідних західних наукових школах. Для обґрунтування інвестицій у цифрову трансформацію навчання в рамках прикладної економіки, необхідно детально розуміти, на яких саме зарубіжних академічних теоріях базується успіх ігрового підходу.

В основі всіх досліджень лежить класичне розмежування двох типів мотивації, яке активно розглядається у західній психологічній думці: зовнішня та внутрішня. Зовнішня мотивація керується зовнішніми стимулами, такими як бали, нагороди чи оцінки, тоді як внутрішня мотивація — це прагнення виконувати дію заради задоволення, яке приносить сам процес, тобто заради інтересу та самореалізації. Критичним питанням, що стало предметом досліджень, є так званий «ефект надмірного виправдання», виявлений американськими психологами Леппером, Гріном та Нісбеттом (Lepper, Greene, & Nisbett, 1973). Вони довели, що очікувані зовнішні винагороди можуть підірвати внутрішній інтерес до діяльності, яка раніше була приємною. Це означає, що у контексті навчання, якщо ігрові елементи сприймаються як контролюючий фактор, їхній довгостроковий ефект може бути негативним, знижуючи стійкий інтерес до самого предмета. Відповідно, успіх гейміфікації залежить від того, наскільки ігрові елементи сприймаються як інформативні, що підтверджують компетентність, а не контролюючі.

Найбільш впливовою міжнародною теорією для пояснення успіху гейміфікації є Теорія Самодетермінації, розроблена американськими психологами Едвардом Десі та Річардом Раяном. Згідно з цією теорією, для формування та підтримки стійкої внутрішньої мотивації, що є запорукою тривалої та якісної залученості, необхідно задовольнити три вроджені базові психологічні потреби: Автономія, яка означає відчуття контролю над власним

вибором та діями; Компетентність, яка передбачає відчуття майстерності, здатність долати виклики та бачити прогрес; та Пов'язаність, або потреба у соціальній взаємодії, відчуття приналежності до спільноти. Гейміфікація є ефективною, коли її дизайн дозволяє задовольнити всі три потреби, переводячи увагу з зовнішніх на внутрішні мотиватори, що забезпечує глибоку, а не поверхневу мотивацію.

Інша важлива зарубіжна концепція, що має пряме відношення до ІТ-навчання та гейміфікації, — теорія "Потоку", запропонована Мігаєм Чиксентмігаї. Потік описується як психологічний стан повної концентрації та залученості, коли людина втрачає відчуття часу, а сама діяльність приносить глибоке задоволення. Ключова умова досягнення потоку — ідеальний баланс між складністю завдання та рівнем навичок виконавця. Завдання, що є надто простими, викликають нудьгу, тоді як надто складні — тривогу, і лише вузький коридор оптимальної складності підтримує цей стан. Завдяки системам рівнів та адаптивним викликам, гейміфіковане навчання здатне успішно утримувати учня у цьому стані оптимальної залученості, що критично важливо для освоєння складних технічних дисциплін та є ознакою якісного навчального досвіду.

Для практичного дизайну гейміфікованих систем, що обслуговують різні економічні цілі, використовується Таксономія типів гравців британського дослідника Річарда Бартла (Bartle, 1996). Бартл виділив чотири основні типи гравців, залежно від їхньої мотивації у взаємодії із системою: Досягатори, які прагнуть балів та рівнів; Дослідники, які мотивуються вивченням механізмів системи та пошуком прихованих елементів; Соціалізатори, які прагнуть взаємодії з іншими учасниками та формування стосунків; та Конкуренти, які прагнуть домінування у рейтингах. Ефективна гейміфікація, що має на меті охопити всю цільову аудиторію (наприклад, увесь персонал компанії), повинна включати набір механік, які задовольняють усі чотири профілі, що робить впровадження економічно виправданим.

Окрім цих фундаментальних концепцій, зарубіжна література приділяє значну увагу питанням поведінкової економіки та психологічної цінності

винагород. Використання елементів гейміфікації розглядається як інструмент формування звичок та позитивного підкріплення (за теорією Скіннера). Зокрема, застосування графіків змінного підкріплення — де винагорода надається непередбачувано — пояснює високий рівень залученості та формування стійкої поведінки. Такий підхід підтверджує, що ігрові механіки можуть бути ефективно інтегровані в економічні моделі, замінюючи дорогі та менш ефективні фінансові стимули нематеріальними винагородами (віртуальний статус, визнання).

Поглиблюючи аналіз психофізіологічних основ гейміфікації, необхідно звернути увагу на нейробіологічні механізми, які детально розглядаються у сучасних дослідженнях поведінкової економіки. Ефективність ігрового підходу значною мірою базується на функціонуванні дофамінергічної системи винагороди. Як зазначають Шульц (Schultz, 2016) та Бавельєр (Bavelier et al., 2012), мозок людини реагує викидом дофаміну не стільки на факт отримання винагороди, скільки на "помилку передбачення винагороди". Це пояснює високу ефективність механік із непередбачуваним результатом у навчанні, оскільки вони формують стійкі нейронні зв'язки та спонукають до повторення цільової поведінки.

Для систематизації мотиваційних факторів у бізнес-середовищі доцільно використати фреймворк Octalysis, розроблений Ю-Кай Чоу. Ця модель долає обмеженість традиційних підходів, які фокусуються лише на зовнішніх атрибутах (бали, рейтинги). Чоу (Chou, 2015) виділяє вісім ключових драйверів мотивації, які поділяються на "білі" (позитивне підкріплення, розвиток) та "чорні" (страх втрати, дефіцит). Економічна цінність цієї моделі полягає у можливості аудиту навчальних систем: якщо програма спирається лише на механіку винагород, її ефективність буде короткостроковою. Для довгострокового залучення персоналу критично важливими є соціальний вплив та почуття власної значущості.

Також важливим методологічним інструментом є Модель поведінки Фогга. Згідно з нею, будь-яка дія (B) є функцією трьох елементів: мотивації (M), здатності (A) та тригера (T) (Fogg, 2009). У контексті корпоративного навчання

гейміфікація виступає як інструмент, що впливає на змінну "Здатність". Розбиваючи складні навчальні завдання на прості ігрові етапи, ми знижуємо бар'єр входу для співробітника. Це дозволяє досягти виконання навчальних завдань навіть за умови, коли початкова мотивація працівника є помірною. Такий підхід мінімізує ризики саботажу навчання та підвищує загальну конверсію освітніх заходів у реальні навички.

1.3. МЕТОДОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ДО ОЦІНКИ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ГЕЙМІФІКОВАНИХ НАВЧАЛЬНИХ СИСТЕМ

Проблема вимірювання ефективності інвестицій у людський капітал є однією з найскладніших у сучасній прикладній економіці. Впровадження гейміфікованих систем навчання вимагає від менеджменту переходу від парадигми «навчання як витрати» до парадигми «навчання як інвестиція». Відповідно, методологія оцінки не може обмежуватися педагогічними показниками, а має базуватися на суворих фінансових та статистичних алгоритмах.

Фундаментальним базисом для оцінки ефективності будь-якої навчальної програми у світовій практиці (напрямок L&D) залишається чотирирівнева модель, розроблена американським дослідником Дональдом Кіркпатриком (Kirkpatrick, 1994). Ця модель визначає якість програми через послідовну оцінку:

1. Реакція: емоційне сприйняття навчання учасниками (рівень задоволеності контентом).
 2. Навчання: обсяг фактично засвоєних знань та навичок (вимірюється вхідним та вихідним тестуванням).
 3. Поведінка: ступінь імплементації отриманих знань у реальній роботі.
- Це критично важливий етап, оскільки без зміни поведінки фінансовий результат неможливий.

4. Результати: вплив змін поведінки на бізнес-показники компанії (зниження рівня браку, зростання продажів, скорочення часу обслуговування клієнта).

Однак модель Кіркпатрика надає переважно якісну оцінку і не дає прямої відповіді на економічне питання про прибуток. Тому в сучасній прикладній економіці вона доповнюється методологією ROI, розробленою Джеком Філліпсом (Phillips, 1997). Філліпс додав п'ятий рівень оцінки — Рентабельність інвестицій (Return on Investment).

Методологія Філліпса пропонує чіткий алгоритм, який вимагає спочатку ізолювати ефект навчання. Це принциповий момент: якщо після впровадження гейміфікації показники зросли, необхідно статистично відокремити частку цього зростання, спричинену саме навчанням, від впливу сезонності, маркетингу чи ринкової кон'юнктури. Для цього застосовуються методи контрольних груп (Control Group Arrangement) та аналіз трендових ліній (Trend Line Analysis).

Після ізоляції ефекту та конвертації його у грошовий еквівалент розраховується ROI за класичною формулою аналізу витрат і вигод:

$$ROI(\%) = \frac{\text{Чистий прибуток від програми (Вигоди - витрати)}}{\text{Витрати на програму}} \times 100\%$$

Застосування моделі Філліпса дозволяє економістам продемонструвати кінцеву фінансову цінність гейміфікації для стейкхолдерів.

Окрім інтегрованих моделей «Кіркпатрика-Філліпса», для оцінки процесної складової використовується Модель оцінки CIPP (Контекст, Вхід, Процес, Продукт), розроблена Деніелом Стаффлбімом (Stufflebeam, 2003). Це комплексна модель, що оцінює якість планування (Контекст), ресурсного забезпечення (Вхід) та реалізації (Процес). Вона дозволяє виявити слабкі місця в організації гейміфікованого навчання ще до отримання фінальних результатів.

Для більш глибокого фінансового обґрунтування, особливо коли йдеться про інтелектуальну працю, доцільно використовувати Аналіз корисності (Utility Analysis), який базується на моделі Бродгена-Кронбаха-Глезера. Ця модель

дозволяє оцінити грошову вартість зміни продуктивності праці (Cascio & Boudreau, 2011). Базове рівняння корисності має вигляд:

$$\Delta U = T \times N \times d_t \times SD_y - C,$$

де: ΔU – фінансовий виграш компанії від програми навчання;

T – тривалість ефекту навчання (у роках);

N – кількість навчених співробітників;

d_t – ефект навчання;

SD_y – стандартне відхилення продуктивності працівників;

C – вартість навчання на одного співробітника.

Ця модель математично доводить, що навіть незначне підвищення продуктивності (d_t) при високому значенні SD_y дає значний економічний ефект.

Також, розглядаючи цифрову трансформацію навчання як інвестиційний проект з тривалим терміном реалізації, необхідно застосовувати динамічні методи оцінки, зокрема Чисту приведену вартість (NPV):

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} - I_0,$$

де CF_t — грошовий потік (вигоди від підвищення продуктивності) у періоді t ;

r — ставка дисконтування;

I_0 — початкові інвестиції в розробку платформи.

Окрему увагу в методології слід приділити оцінці альтернативних витрат. Традиційні тренінги вимагають відриву від виробництва. Гейміфіковане мікронавчання, інтегроване в робочий процес, мінімізує ці втрати. Економічний ефект економії часу (ΔE_{opp}) розраховується як:

$$\Delta E_{opp} = N \times (H_{trad} - H_{game}) \times W_{avg},$$

де H_{trad} та H_{game} — час, витрачений на навчання традиційним та ігровим методами; W_{avg} — середня погодинна ставка працівника (включаючи податки).

В умовах цифровізації також неможливо ігнорувати інструментарій Learning Analytics, який оперує великими даними (Big Data) з LMS-систем. Згідно з дослідженнями (Siemens, 2013), ключовими метриками тут виступають

«Час до компетентності» (Time-to-Competence) та «Коефіцієнт утримання знань» (Retention Rate), які корелюють зі стратегічними цілями компанії в рамках Збалансованої системи показників (Kaplan & Norton, 1996).

Таким чином, запропонований методологічний підхід є синтезом класичного фінансового аналізу (ROI, NPV, Utility Analysis), психометрики та аналізу даних. Такий комплексний інструментарій дозволяє трансформувати інтуїтивні уявлення про користь гейміфікації у чіткі фінансові показники, що є необхідною умовою для прийняття управлінських рішень в умовах цифрової економіки.

РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ, МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ ОЦІНКИ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ГЕЙМІФІКАЦІЇ

2.1. АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ

Сучасний етап розвитку глобальної економічної системи характеризується глибокими трансформаційними процесами, пов'язаними з переходом до економіки знань та цифрового суспільства. У цих умовах людський капітал остаточно закріплює за собою статус критичного фактора виробництва, відтісняючи на другий план традиційні матеріальні та фінансові ресурси. Для вітчизняних підприємств це означає, що конкурентна боротьба зміщується з площини технологій виробництва у площину технологій управління персоналом. Здатність компанії швидко навчати співробітників, адаптувати їх до нових ринкових умов та програмних продуктів стає ключовим індикатором її життєздатності. Однак, незважаючи на розуміння важливості навчання, практична реалізація освітніх програм на більшості підприємств стикається з фундаментальною проблемою — низькою економічною ефективністю традиційних педагогічних підходів. Аналіз цієї проблеми вимагає виходу за межі суто управлінської науки та застосування інструментарію прикладної економіки, математичного моделювання та статистики.

Економічний аналіз проблеми неефективності традиційного корпоративного навчання необхідно розпочати з ідентифікації природи витрат, які несуть підприємства. Класична модель навчання (лекції, семінари, читання інструкцій) була розроблена для індустріальної епохи, де зміни відбувалися повільно, а знання залишалися актуальними десятиліттями. У цифровому світі життєвий цикл навички скоротився до кількох років або навіть місяців. У такій ситуації використання старих методів призводить до виникнення значних транзакційних витрат. По-перше, це прямі витрати на організацію процесу: оплата праці тренерів, оренда приміщень, відрив співробітників від виробництва. По-друге, і це є більш вагомим фактором, виникають альтернативні витрати або

витрати втрачених можливостей. Коли співробітник витрачає тиждень на вивчення інструкції, яку він міг би засвоїти за день в ігровій формі, підприємство втрачає чотири дні його корисної продуктивної праці.

Окремою економічною проблемою є так звана крива забування. Дослідження показують, що при пасивному навчанні співробітники забувають до 80% інформації вже через тиждень. З точки зору інвестування, це означає, що коефіцієнт корисної дії інвестицій у навчання є вкрай низьким. Кошти витрачаються на знання, які не капіталізуються, тобто не перетворюються на стійкі навички, що генерують додану вартість. Саме тут виникає потреба в гейміфікації не як у розвазі, а як у механізмі підвищення рентабельності інвестицій у персонал. Ігровий підхід, завдяки активному залученню та емоційному забарвленню, дозволяє "зламати" криву забування, забезпечуючи вищий рівень збереження знань та їх швидшу імплементацію в робочий процес.



Рис. 1. Крива забування Г. Еббінгауза: залежність збереження інформації від часу

Джерело: побудовано на основі даних Ebbinghaus (1885)

Як наочно демонструє рис. 1, процес втрати інформації при традиційному навчанні відбувається за нелінійним законом, що призводить до знецінення інвестицій у персонал вже протягом першого місяця. Для виправлення цієї ситуації та пошуку більш ефективних інструментів доцільно провести комплексне порівняння традиційної та гейміфікованої моделей. Однак для глибшого розуміння економічної доцільності цифрової трансформації таке порівняння необхідно здійснювати не лише за педагогічними показниками (якість засвоєння), але й, насамперед, за фінансово-інвестиційними критеріями. Систематизація ключових відмінностей у структурі витрат (CAPEX/OPEX), швидкості окупності та ефективності використання робочого часу персоналу наведена в таблиці 1.

Таблиця 1

Порівняльна характеристика традиційного та гейміфікованого підходів до навчання: економічний аспект

Критерій порівняння	Традиційний підхід (лекції, семінари)	Гейміфікований підхід (симуляції, інтерактивні платформи)	Вплив на економічні показники підприємства
Структура витрат	Високі операційні витрати (OPEX): оплата тренерів, відрядження, оренда приміщень для кожної групи.	Високі капітальні витрати (CAPEX) на старті, але наближені до нуля граничні витрати на кожного наступного користувача.	Економія на масштабі при збільшенні штату.
Альтернативні витрати	Значні втрати робочого часу через повний відрив працівника від виробництва.	Мікронавчання без відриву або з мінімальним відривом від роботи.	Мінімізація втрат продуктивного часу та збереження темпів виробітку.

Ефективність засвоєння	Низька: «Крива забування» Еббінгауза показує втрату 80% інформації через 30 днів без практики.	Висока: Інтерактивна практика та інтервальні повторення забезпечують утримання до 70-90% знань.	Підвищення ROI навчання (інвестиції конвертуються в навички, а не втрачаються).
Швидкість виходу на продуктивність	Повільна: розрив у часі між отриманням теорії та її застосуванням на практиці.	Прискорена: миттєве відпрацювання навичок у безпечному симуляційному середовищі.	Швидша окупність витрат на найм та адаптацію новачків.
Управління даними	Відсутнє або дискретне (результати рідкісних атестацій), суб'єктивність оцінки.	Безперервний збір Big Data: цифровий слід, аналітика поведінки, прогнозування ризиків звільнення.	Зниження ризиків прийняття помилкових кадрових рішень.

Джерело: систематизовано автором на основі [джерела про HR-економіку, наприклад, Cascio & Boudreau, 2011] та сучасних досліджень ринку EdTech

Теоретико-методологічною основою даного дослідження виступає теорія людського капіталу. Її засновники аргументовано довели, що освіта та професійна підготовка є формою накопичення капіталу, яка за своєю природою ідентична накопиченню фізичного капіталу (обладнання, будівель). Відповідно, до процесу навчання слід застосовувати ті ж самі критерії оцінки ефективності, що й до будь-якого інвестиційного проекту: строк окупності, чиста приведена вартість та внутрішня норма прибутку. Проблема полягає в тому, що на відміну від верстата, продуктивність якого є паспортною характеристикою, продуктивність людини залежить від її мотивації. Тому економічний аналіз у даній роботі посилюється положеннями поведінкової економіки. Традиційна економічна теорія розглядає працівника як раціонального агента, який прагне

максимізувати свій дохід і тому має бути зацікавлений у навчанні. Однак практика показує, що працівники часто діють ірраціонально: саботують навчання, прокрастинують, уникають складних завдань. Гейміфікація вирішує цю проблему "обмеженої раціональності", використовуючи систему "підштовхування" — створення такого середовища вибору, де правильна поведінка (навчання) стає для людини найбільш привабливою та легкою. Для комплексної оцінки доцільності трансформації навчальних процесів було проведено SWOT-аналіз впровадження ігрових технологій на підприємстві. Результати аналізу сильних та слабких сторін, а також можливостей та загроз зовнішнього середовища, представлені в таблиці 2.

Таблиця 2

SWOT-аналіз проекту впровадження гейміфікації в корпоративне навчання

Сильні сторони (Strengths)	Слабкі сторони (Weaknesses)
1. Зростання рівня залученості: За даними TalentLMS, гейміфікація підвищує залученість співробітників на 60%, а продуктивність — на 50%.	1. Високі капітальні витрати (CAPEX): Вартість розробки кастомізованого гейміфікованого рішення в середньому на 30-50% вища за традиційні електронні курси.
2. Подолання «криви забування»: Інтерактивні методи дозволяють утримувати в пам'яті до 90% матеріалу через тиждень (проти 20% при лекційному форматі).	2. Ризик «поганого дизайну» (PBL Fallacy): За статистикою Gartner, 80% гейміфікованих додатків не досягають бізнес-цілей через фокус на зовнішніх атрибутах (бейджах), а не на змісті.
3. Об'єктивізація оцінювання: Виключення людського фактора при атестації; автоматичне формування цифрового профілю компетенцій працівника.	3. Складність інтеграції: Технічні проблеми при синхронізації нових платформ із застарілими корпоративними ERP-системами.

4. Миттєвий фідбек: Скорочення циклу зворотного зв'язку від тижнів (атестація) до секунд (ігрова реакція), що прискорює корекцію помилок.	4. Проблема «обов'язкових веселоців»: Частина персоналу може сприймати примусову гру як маніпуляцію або інфантилізацію робочого процесу.
Можливості (Opportunities)	Загрози (Threats)
1. Демографічний дивіденд: Вихід на ринок праці покоління Zoomers, для яких ігрова механіка є природним способом споживання інформації.	1. Ефект новизни: Ризик падіння інтересу та мотивації користувачів через 3-6 місяців після запуску (потребує постійного оновлення контенту).
2. Інтеграція зі Штучним Інтелектом (AI): Можливість створення адаптивних сценаріїв, де складність гри підлаштовується під рівень навичок працівника в реальному часі.	2. Цифрова втома: Зниження ефективності навчання через перенасиченість екранного часу.
3. Економія на масштабі: При збільшенні штату граничні витрати на навчання одного співробітника прямують до нуля.	3. Ризики конфіденційності (GDPR): Збір детальної поведінкової статистики може викликати юридичні питання щодо захисту персональних даних працівників.
4. Employer Branding: Позиціонування компанії як цифрового лідера, що полегшує рекрутинг ІТ-фахівців та молоді.	4. Швидке застарівання технологій: Необхідність реінвестування в платформу кожні 2-3 роки.

Джерело: розроблено автором з використанням даних Gartner та TalentLMS

Для того щоб перейти від теоретичних розмірковувань до доказової бази, у роботі обґрунтовується необхідність використання математичних та статистичних методів. Суб'єктивні методи оцінки, такі як анкетування співробітників на предмет "чи сподобався вам тренінг", є недостатніми для прийняття управлінських рішень. Вони вимірюють емоційну реакцію, а не економічний результат. Бізнесу потрібні тверді дані. Тому методологія дослідження базується на принципах доказового менеджменту, що передбачає збір, обробку та інтерпретацію кількісних даних.

Першим рівнем математичного аналізу є застосування методів описової статистики. Це фундамент будь-якого кількісного дослідження. У рамках роботи передбачається збір масиву даних про результати роботи співробітників (час виконання операцій, обсяг продажів, кількість помилок) та їхню навчальну активність. Обробка цих даних починається з розрахунку мір центральної тенденції: середнього арифметичного та медіани. Середнє значення дає узагальнену характеристику ефективності групи, а медіана дозволяє нівелювати вплив аномальних значень (викидів), що є особливо важливим у невеликих вибірках. Крім того, критично важливим є аналіз мір варіації — дисперсії та стандартного відхилення. Ці показники характеризують стабільність та передбачуваність процесів. У традиційному навчанні часто спостерігається висока варіація: одні співробітники засвоюють матеріал добре, інші — погано. Гіпотеза дослідження полягає в тому, що гейміфікація здатна не лише підвищити середній рівень показників, але й зменшити варіацію, зробивши результати роботи команди більш однорідними та прогнозованими.

Однак сама по собі наявність різниці в середніх показниках до і після впровадження гейміфікації ще не є доказом її ефективності. Ця різниця може бути результатом випадкового збігу обставин, впливу сезонності або інших зовнішніх факторів. Щоб виключити можливість помилки, необхідно застосувати методи перевірки статистичних гіпотез. У роботі обґрунтовується вибір t-критерію Стюдента як основного інструменту перевірки значущості відмінностей. Цей параметричний критерій дозволяє порівняти середні значення у двох вибірках (контрольній, яка навчалася за старою методикою, та експериментальній, яка використовувала ігрову платформу) і з математичною точністю визначити ймовірність того, що отримана різниця є випадковою. Якщо ця ймовірність (p-value) є меншою за прийнятний рівень значущості (зазвичай 0,05 або 5%), ми маємо право стверджувати, що ефект є статистично значущим і спричинений саме впровадженням гейміфікації. Це дозволяє перевести розмову з інвесторами та керівництвом з мови припущень на мову математичних фактів.

Наступним кроком поглибленого аналізу є дослідження структури взаємозв'язків між показниками. Для цього використовується кореляційний аналіз. Він дозволяє відповісти на питання: чи існує зв'язок між тим, скільки балів співробітник набрав у навчальній грі, і тим, скільки прибутку він приніс компанії? Розрахунок коефіцієнта кореляції дозволяє виміряти силу та напрямок цього зв'язку. Виявлення сильної позитивної кореляції є важливим аргументом на користь інтеграції ігрових механік у систему КРІ підприємства. Це доводить, що ігрова активність не є марнуванням часу, а є провісником реальної ефективності.

Найвищим рівнем аналізу в даній роботі є застосування регресійного моделювання. Якщо кореляція показує лише наявність зв'язку, то регресія дозволяє описати цей зв'язок математичним рівнянням. Побудова моделі лінійної регресії дає можливість кількісно оцінити вплив кожного фактора. Наприклад, ми можемо розрахувати, як зміниться продуктивність праці (залежна змінна Y) при збільшенні часу навчання в ігровій формі на одну годину (незалежна змінна X). Отримання рівняння регресії має величезну практичну цінність. Воно стає інструментом прогнозування та сценарного моделювання. Маючи таку модель, економіст підприємства може розрахувати очікуваний економічний ефект від масштабування системи гейміфікації на інші підрозділи або філії компанії ще до початку реальних інвестицій. Це мінімізує підприємницькі ризики та дозволяє оптимізувати бюджет на розвиток персоналу.

Варто також зазначити, що вибір саме цих методів (t-критерій, кореляція, регресія) не є випадковим. Були розглянуті альтернативні варіанти, такі як експертні оцінки або суто якісний аналіз кейсів. Однак вони були відхилені через їхню високу суб'єктивність та неможливість точного кількісного вимірювання, що є критичним для спеціальності "Прикладна економіка". Також розглядалися більш складні методи машинного навчання, але на даному етапі дослідження обсяг наявних даних є недостатнім для побудови нейромережових моделей, тому класичні статистичні методи є найбільш оптимальним та надійним інструментарієм.

Окрему увагу в методології приділено питанням валідності даних та чистоти експерименту. Економічні процеси на діючому підприємстві неможливо повністю ізолювати в "лабораторних умовах". На продуктивність працівників впливають зміни в ринковій кон'юнктурі, дії конкурентів, зміни в законодавстві. Тому при формуванні вибірки для дослідження застосовуються методи вирівнювання умов: контрольна та експериментальна групи підбираються таким чином, щоб вони були максимально схожими за віком, стажем роботи та початковою кваліфікацією. Це дозволяє мінімізувати вплив сторонніх змінних і з високою часткою ймовірності приписати виявлений економічний ефект саме дії фактора гейміфікації.

Підсумовуючи викладене, можна стверджувати, що обраний методологічний підхід є комплексним та системним. Поєднання теоретичного аналізу економічної сутності освітніх процесів із суворим математико-статистичним апаратом створює надійний фундамент для побудови моделі оцінки ефективності. Такий підхід дозволяє трансформувати інтуїтивні уявлення про користь інновацій у чіткі фінансові показники, що є необхідною умовою для успішного управління цифровою трансформацією бізнесу. Використання запропонованих моделей дозволяє не лише констатувати факт ефективності постфактум, але й управляти цією ефективністю в процесі реалізації проекту, вносячи корективи на основі аналізу проміжних даних.

2.2. ОБГРУНТУВАННЯ МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ, ФОРМУЛЮВАННЯ ГІПОТЕЗ І ЗМІСТОВНІ ПРИПУЩЕННЯ МОДЕЛЕЙ

Визначивши у попередньому підрозділі теоретичні засади та статистичний інструментарій дослідження, необхідно перейти до безпосереднього конструювання економічної моделі, яка дозволить кількісно виміряти ефективність впровадження ігрового підходу. Специфіка прикладної економіки вимагає відходу від абстрактних оцінок на користь чітких фінансових індикаторів. Тому центральним методом дослідження в даній роботі обрано

модель оцінки повернення інвестицій (відома як ROI), адаптовану до особливостей управління людським капіталом. Вибір саме цієї моделі не є випадковим, а продиктований еволюцією підходів до оцінки бізнес-процесів. Якщо раніше ефективність навчання оцінювалася за педагогічними критеріями (кількість засвоєного матеріалу, успішність складання тестів), то в умовах цифрової економіки ці показники є лише проміжними індикаторами. Кінцевою метою будь-якої корпоративної інновації, включаючи гейміфікацію, є отримання фінансового результату — чи то через збільшення доходів, чи то через оптимізацію витрат.

Модель, що використовується в даній магістерській роботі, базується на п'ятирівневій методології оцінки. Перші чотири рівні оцінюють реакцію учасників, рівень засвоєння знань, зміни у поведінці на робочому місці та вплив на бізнес-показники. Проте ключовим для нас є п'ятий рівень — фінансовий. Саме на цьому етапі відбувається конверсія (перетворення) якісних змін у грошовий еквівалент. Обґрунтування застосування цієї моделі полягає в тому, що вона дозволяє розглядати витрати на розробку та впровадження гейміфікованої платформи не як безповоротні витрати бюджету, а як інвестиційний актив, що має свій строк окупності та рівень прибутковості. Такий підхід дозволяє інтегрувати HR-процеси в загальну систему фінансового менеджменту підприємства.

Математична формалізація моделі будується навколо розрахунку коефіцієнта ефективності. У чисельнику формули знаходиться показник чистої вигоди від програми. Важливо підкреслити, що під "вигодою" в даному дослідженні розуміється сума всіх грошових потоків, які виникають внаслідок покращення роботи персоналу. Сюди включається економія фонду оплати праці за рахунок скорочення часу на виконання операцій, зменшення витрат від браку та помилок, а також додатковий прибуток, отриманий завдяки вищій продуктивності. Від цієї суми віднімаються загальні витрати на реалізацію проекту. Знаменник формули представляє собою сукупну вартість інвестицій. Структура витрат у моделі є комплексною і включає не лише прямі платежі

розробникам програмного забезпечення, але й приховані витрати, які часто ігноруються на практиці. До них, зокрема, належить вартість робочого часу співробітників, витраченого на проходження навчання. Це принциповий момент: коли працівник грає в навчальну гру в робочий час, підприємство платить йому зарплату, але він не виробляє продукт. Модель враховує ці витрати як інвестицію в майбутнє зростання продуктивності.

Для того щоб модель працювала коректно і дозволяла робити обґрунтовані висновки, необхідно чітко сформулювати наукові гіпотези, які будуть перевірятися в ході емпіричного дослідження. Гіпотеза — це наукове припущення, істинність якого має бути доведена або спростована на основі зібраних даних. У даній роботі висувається система з трьох взаємопов'язаних гіпотез, що охоплюють фінансовий, часовий та поведінковий аспекти ефективності.

Перша гіпотеза (H1) є гіпотезою економічної доцільності. Вона стверджує, що впровадження інструментів гейміфікації у процес цифрового навчання призводить до отримання позитивного економічного ефекту, при якому показник повернення інвестицій перевищує нульове значення. Теоретичне обґрунтування цієї гіпотези базується на ефекті масштабу: цифрова платформа дозволяє навчати велику кількість співробітників з мінімальними граничними витратами, в той час як вигоди від підвищення кваліфікації кожного окремого працівника сумуються, створюючи значний кумулятивний ефект. Якщо гіпотеза підтвердиться, це означатиме, що гейміфікація є не просто модним трендом, а фінансово виправданим інструментом менеджменту.

Друга гіпотеза (H2) стосується продуктивності та швидкості адаптації. Вона припускає, що застосування ігрового підходу статистично значуще скорочує час, необхідний співробітнику для досягнення цільових показників ефективності, порівняно з традиційними методами навчання. Скорочення часу адаптації є критично важливим економічним показником. Кожен день, коли новий співробітник працює не на повну силу, підприємство недоотримує прибуток. Механізм дії гейміфікації тут полягає в інтенсифікації когнітивних

процесів: ігрова механіка, миттєвий зворотний зв'язок та елементи змагання змушують мозок обробляти та запам'ятовувати інформацію швидше. Доведення цієї гіпотези дозволить монетизувати час: ми зможемо розрахувати економію в годинах і перевести її в гривні, використовуючи ставку погодинної оплати праці.

Третя гіпотеза (H3) фокусується на взаємозв'язку між залученістю та результатом. Вона стверджує, що існує прямий і сильний кореляційний зв'язок між активністю користувача в ігровій системі (кількість балів, місце в рейтингу) та його реальними виробничими результатами. Ця гіпотеза є важливою для валідації самої системи гейміфікації. Якщо зв'язок існує, це означає, що гра спроектована правильно і вона стимулює саме ті навички, які потрібні для роботи. Якщо ж кореляції немає (наприклад, співробітник має високий ігровий рейтинг, але низькі продажі), це свідчитиме про помилки в проектуванні системи. Підтвердження цієї гіпотези дасть можливість використовувати ігрові метрики як інструмент прогнозування кадрового потенціалу. Для зручності подальшого аналізу та перевірки висунутих припущень, сформуємо матрицю верифікації гіпотез, яка пов'язує економічний зміст кожної гіпотези з відповідним статистичним критерієм (табл. 3).

Таблиця 3

Матриця верифікації наукових гіпотез дослідження

Код гіпотези	Зміст економічної гіпотези	Ключовий показник (Metric)	Метод перевірки (Statistical Tool)	Критерій прийняття
H_1	Впровадження гейміфікації має позитивну економічну доцільність.	ROI (Return on Investment)	Фінансове моделювання (Cost-Benefit Analysis)	$ROI > 0\%$
H_2	Ігровий підхід скорочує час адаптації персоналу.	T (Час у годинах)	t-критерій Стьюдента для незалежних вибірок	$p - value > 0,05$
H_3	Існує зв'язок між успішністю в грі та виробничими результатами.	R (Коефіцієнт кореляції)	Кореляційний аналіз Пірсона	$R > 0,7$ (сильний зв'язок)

Джерело: розроблено автором

Будь-яка економічна модель є спрощеним відображенням реальності, тому для її побудови необхідно ввести ряд змістовних припущень. Ці припущення визначають граничні умови, в яких результати моделювання вважаються достовірними. Перше і найважливіше припущення стосується ізоляції факторів впливу. Ми припускаємо, що різниця в результатах між контрольною та експериментальною групами зумовлена виключно різницею в методах навчання. Вважається, що інші фактори, такі як особисті здібності співробітників, умови праці, зовнішня ринкова кон'юнктура, впливають на обидві групи рівномірно і тому нівелюються при порівнянні. Це припущення "за інших рівних умов" є стандартним для економічних досліджень.

Друге припущення стосується лінійності ефектів у межах досліджуваного діапазону. Ми припускаємо, що підвищення кваліфікації лінійно трансформується у підвищення продуктивності праці. Хоча в реальності може спостерігатися ефект насичення (коли подальше навчання вже не дає приросту результату), для короткострокового періоду адаптації, який розглядається в роботі, лінійна апроксимація є достатньо точною.

Третє припущення стосується стабільності вартісних показників. При розрахунку фінансового ефекту ми використовуємо поточні ставки заробітної плати та ціни на послуги розробників як константи. Ми абстрагуємося від можливих інфляційних процесів чи зміни валютних курсів протягом періоду проведення експерименту (1-3 місяці), оскільки їх вплив на кінцевий результат буде несуттєвим порівняно з ефектом від впровадження інновації.

Четверте припущення стосується сумлінності учасників. Модель виходить з того, що дії користувачів у системі відображають їхні реальні зусилля та знання. Ми виключаємо можливість маніпуляцій з боку співробітників (наприклад, "накрутка" балів або проходження тестів за колег), покладаючись на вбудовані в цифрову платформу механізми верифікації та контролю.

Окрему увагу при побудові моделі слід приділити оцінці якісних параметрів, які важко піддаються прямій монетизації, наприклад, лояльності персоналу чи покращенню мікроклімату в колективі. У даній роботі ми

застосовуємо консервативний підхід: до розрахунку економічної ефективності включаються лише ті показники, які мають чіткий грошовий вимір (час, виробіток, брак). Якісні ефекти розглядаються як додаткові нематеріальні бонуси, що підвищують загальну цінність проекту, але не є основою для розрахунку окупності. Такий підхід робить модель більш стійкою до критики та запобігає завищенню очікуваних результатів.

Також у рамках обґрунтування моделі необхідно визначити горизонт планування. Оскільки гейміфікація є інструментом, що впливає на довгострокову мотивацію, розрахунок ефективності доцільно проводити не лише за результатами пілотного запуску, але й з проєкцією на річний період. Це дозволяє врахувати ефект утримання персоналу (retention rate), який проявляється лише на довгих часових проміжках. У роботі будуть представлені розрахунки як для короткострокового періоду (первинний ефект), так і прогностична модель на рік, що дозволить оцінити стратегічну цінність інновації.

Таким чином, розроблена методична конструкція, що включає модель повернення інвестицій, систему взаємопов'язаних гіпотез та набір обмежувальних припущень, створює необхідний каркас для проведення практичних розрахунків. Вона дозволяє перевести проблему цифрової трансформації навчання з площини абстрактних дискусій у площину конкретних інвестиційних рішень. Запропонований підхід забезпечує баланс між науковою строгістю та практичною застосовністю, що є ключовою вимогою до магістерської роботи за спеціальністю "Прикладна економіка". Наступним кроком є наповнення цієї теоретичної моделі реальними даними та проведення безпосередніх обчислень, що буде здійснено у третьому розділі роботи.

2.3. ОБҐРУНТУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОБЧИСЛЕНЬ І АЛГОРИТМІВ РОЗРАХУНКІВ

Надійність, достовірність та наукова обґрунтованість результатів будь-якого економічного дослідження перебувають у прямій залежності від якості

інформаційного забезпечення. У контексті оцінки ефективності цифрової трансформації навчання це питання набуває особливої ваги, оскільки дослідник має справу з великими масивами різнорідних даних: від психометричних показників успішності навчання до суворих фінансових звітів підприємства. Тому формування цілісної системи інформаційного забезпечення обчислень є критичним етапом, що передує безпосередньому аналізу. У даній роботі застосовується комплексний підхід до збору та обробки інформації, який базується на принципах репрезентативності вибірки, об'єктивності джерел та порівнянності даних у часі та просторі.

Інформаційна база дослідження, яка буде використана для проведення розрахунків у третьому розділі, формується з двох основних потоків: первинних та вторинних даних. Первинні дані є найбільш цінним активом дослідження, оскільки вони генеруються безпосередньо в ході проведення квазі-експерименту на базі реального підприємства. Основним генератором цих даних виступають цифрові системи, що функціонують в організації. В першу чергу, це логи та журнали подій спеціалізованої навчальної платформи або системи управління навчанням. Ці системи автоматично, без втручання людського фактора, фіксують так званий "цифровий слід" кожного співробітника: час входу в систему, тривалість навчальних сесій, кількість спроб проходження контрольних точок, швидкість реакції на завдання, а також специфічні ігрові метрики — набрані бали, отримані нагороди, позиції в динамічних рейтингах. Така автоматизована фіксація виключає суб'єктивність оцінювання та помилки, пов'язані з ручним введенням даних.

Однак для економічного аналізу даних про процес навчання недостатньо — необхідні дані про результати роботи. Тому другим джерелом первинної інформації виступають корпоративні системи управління ресурсами та взаємовідносинами з клієнтами. Саме звідси експортуються ключові показники ефективності, які мають монетарне вираження: обсяг продажів на одного менеджера, середній час обробки одного замовлення, кількість рекламацій або помилок, зафіксованих відділом контролю якості. Зіставлення цих двох масивів

даних — навчального та виробничого — дозволяє виявити причинно-наслідкові зв'язки між впровадженням гейміфікації та зміною економічних показників діяльності підприємства. Додатковим джерелом первинних даних є результати вхідного та вихідного тестування, які дозволяють зафіксувати приріст знань у чистому вигляді, відокремивши його від інших факторів впливу.

Вторинні дані відіграють допоміжну, але важливу роль у процесі моделювання. Вони необхідні для розрахунку витратної частини моделі та проведення бенчмаркінгу. До цієї категорії належать внутрішні нормативні документи підприємства: штатний розклад (для визначення вартості людино-години працівників різної кваліфікації), положення про преміювання, кошториси на закупівлю програмного забезпечення та оплату послуг зовнішніх провайдерів. Також використовуються зовнішні джерела: галузеві статистичні огляди ринку праці, звіти аналітичних агентств щодо середніх показників ефективності навчання в галузі. Це дозволяє верифікувати отримані результати, порівнявши їх із середньоринковими значеннями, та переконатися в тому, що виявлені ефекти не є аномалією. Для побудови економетричної моделі необхідно чітко визначити перелік змінних, що базується на міжнародних стандартах HR-аналітики. Специфікація змінних із посиланням на теоретичне обґрунтування наведена в таблиці 4.

Таблиця 4

Специфікація змінних для побудови економіко-математичної моделі

Тип змінної	Позначення	Назва показника	Джерело даних	Теоретичне обґрунтування (Basis)
Залежна (Y)	Y_{prod}	Економічна результативність (Sales / Productivity)	CRM / ERP система	Рівень 4 за Kirkpatrick (Results); ROI за Phillips (1997)
Залежна (Y)	Y_{time}	Час до компетентності (Time-to-Competence)	LMS (Log-файли)	Метрика ефективності навчання за Bersin (Deloitte)

Незалежна (X)	X_{group}	Метод навчання (Dummy: 0/1)	Наказ про навчання	Метод контрольних груп (Control Group Design)
Незалежна (X)	X_{points}	Ігрова залученість (Engagement Score / XP)	Ігрова платформа	Кореляція «активність-результат» за Namari (2014)
Незалежна (X)	X_{exp}	Початковий досвід (Tenure / Experience)	Кадрова база (HR IS)	Контрольна змінна для вирівнювання вибірки (Human Capital Theory)

Джерело: розроблено автором на основі методології Learning Analytics

Ключовим елементом методики є алгоритм формування вибірки. Оскільки проведення суцільного дослідження (охоплення всього персоналу великого підприємства) часто є неможливим через організаційні та фінансові обмеження, застосовується вибірковий метод. Для забезпечення чистоти експерименту використовується дизайн із контрольною та експериментальною групами. Критично важливою вимогою до інформаційного забезпечення тут є гомогенність (однорідність) цих груп. Перед початком збору даних проводиться аналіз складу груп за такими критеріями, як вік, стаж роботи, рівень освіти та початкова продуктивність. Це необхідно для того, щоб виключити вплив цих факторів на кінцевий результат. Якщо групи будуть суттєво відрізнятися на старті (наприклад, в експериментальну групу потраплять лише досвідчені працівники, а в контрольну — новачки), результати обчислень будуть зміщеними і економічна модель покаже хибну ефективність.

Процес обробки інформації та алгоритм розрахунків, що реалізується в роботі, складається з кількох послідовних ітерацій. Першим етапом є попередня обробка даних. Сирі дані, вивантажені з інформаційних систем, часто містять шуми, пропуски або аномальні значення (викиди). Наприклад, якщо система зафіксувала, що співробітник пройшов годинний курс за дві хвилини, це є

очевидною технічною помилкою або спробою маніпуляції, і такий запис має бути вилучений з масиву або скоригований. На цьому етапі також відбувається процедура анонімізації даних для дотримання етичних норм та законодавства про захист персональних даних. Усі прізвища замінюються на унікальні ідентифікатори, що дозволяє проводити аналіз без ризику розкриття конфіденційної інформації про конкретних осіб.

Другим етапом алгоритму є проведення описового статистичного аналізу. Для кожного досліджуваного показника розраховуються міри центральної тенденції та варіації. Це дозволяє отримати узагальнений портрет досліджуваних груп та візуалізувати розподіл даних. Побудова гістограм розподілу на цьому етапі дає можливість перевірити припущення про нормальність розподілу даних, що є необхідною умовою для застосування більшості параметричних статистичних критеріїв. Якщо розподіл суттєво відрізняється від нормального, алгоритм передбачає застосування методів трансформації даних (наприклад, логарифмування) або перехід до непараметричних методів аналізу.

Третій етап — це алгоритмічна реалізація перевірки статистичних гіпотез. Для цього використовується спеціалізоване програмне забезпечення (пакети статистичного аналізу в Excel або більш просунуті інструменти типу SPSS/Python). Алгоритм розрахунку t-критерію Стьюдента передбачає обчислення стандартної помилки різниці середніх та визначення t-статистики, яка потім порівнюється з критичним значенням для відповідної кількості ступенів свободи. Важливим коментарем до цього методу є те, що він дозволяє оцінити не лише факт наявності відмінностей, але й довірчий інтервал, у межах якого знаходиться істинне значення ефекту. Це дає можливість економісту стверджувати, що, наприклад, впровадження гейміфікації призведе до зростання продуктивності в діапазоні від 5% до 15% з імовірністю 95%, що є набагато ціннішою інформацією для прийняття управлінських рішень, ніж точкова оцінка.

Четвертий етап алгоритму присвячений виявленню залежностей через кореляційно-регресійний аналіз. Тут відбувається математичне моделювання зв'язку між фактором (ігрова активність) та результатом (економічна

ефективність). Алгоритм побудови регресійної моделі включає метод найменших квадратів, який мінімізує суму квадратів відхилень емпіричних точок від теоретичної лінії регресії. Отримані коефіцієнти рівняння регресії проходять перевірку на значущість за допомогою F-критерію Фішера. Це дозволяє відсіяти ті фактори, які не мають реального впливу на результат, і залишити в моделі лише значущі змінні. Важливим аспектом тут є перевірка моделі на мультиколінеарність (взаємну залежність факторів), яка може спотворити результати.

Фінальним етапом алгоритму є інтеграція отриманих результатів у фінансову модель повернення інвестицій. На цьому кроці відбувається монетизація виявлених ефектів. Алгоритм передбачає конверсію натуральних показників (зкономлені години, відсотки приросту продуктивності) у вартісні показники. Для цього використовується формула повної вартості робочого часу, яка включає не лише "чисту" зарплату, але й податки, соціальні внески та накладні витрати на утримання робочого місця. Такий підхід дозволяє отримати реальну цифру економії. Розрахунок підсумкового показника рентабельності інвестицій супроводжується аналізом чутливості: модель перевіряється на стійкість до зміни вхідних параметрів (наприклад, що буде з окупністю, якщо вартість розробки зросте на 10%, а ефект продуктивності виявиться нижчим за очікуваний).

Варто також надати коментар щодо програмного інструментарію. Хоча теоретично всі розрахунки можна виконати вручну, обсяг сучасних масивів даних робить це неможливим. Тому використання комп'ютерних технологій аналізу даних є обов'язковою умовою забезпечення достовірності. У роботі обґрунтовується використання табличного процесора Excel для базових розрахунків та візуалізації, оскільки цей інструмент є стандартом у бізнес-середовищі, що полегшує подальшу імплементацію розробленої методики на підприємстві. Для більш складних статистичних тестів можуть залучатися спеціалізовані надбудови або скрипти мовою Python (бібліотеки Pandas, SciPy), що забезпечує високу точність обчислень та відтворюваність результатів.



Рис. 2. Методологія комплексного аналізу гейміфікованого навчання

Джерело: розроблено автором

Таким чином, запропонована система інформаційного забезпечення та алгоритмізація розрахунків створюють прозорий та логічний механізм перетворення сирих даних у верифіковані економічні висновки. Цей підхід мінімізує ризики отримання хибних результатів і забезпечує високу якість аналітичної частини магістерської роботи, що буде продемонстровано на практиці в наступному розділі, де ці алгоритми будуть застосовані до конкретних даних підприємства.

РОЗДІЛ 3. ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ ІГРОВОГО ПІДХОДУ

3.1. ЕМПІРИЧНИЙ АНАЛІЗ ВПЛИВУ ГЕЙМІФІКАЦІЇ НА ПОКАЗНИКИ НАВЧАННЯ ТА АДАПТАЦІЇ ПЕРСОНАЛУ

Для верифікації наукових гіпотез дослідження (зокрема Гіпотези 2) та оцінки практичної ефективності запропонованих інструментів гейміфікації було проведено комплексний педагогічний експеримент. Емпіричною базою дослідження виступило товариство з обмеженою відповідальністю ТОВ «Trade-Tech» — підприємство, що спеціалізується на дистрибуції високотехнологічного промислового обладнання та наданні сервісних послуг.

ТОВ «Trade-Tech» має штатну чисельність понад 100 осіб. На момент початку дослідження в компанії було діагностовано проблему низької ефективності системи адаптації нових співробітників. Середній термін виходу менеджера з продажу на планові показники складав понад 45 годин чистого навчального часу, що призводило до значних фінансових втрат. Для проведення експерименту було застосовано метод паралельних груп. Генеральну сукупність склали нові співробітники відділів продажу та технічної підтримки, а також персонал, що проходив планову переатестацію. Загальний обсяг вибірки склав $N = 100$ осіб. Для забезпечення внутрішньої валідності експерименту та усунення систематичних похибок було застосовано процедуру стратифікованої рандомізації. Учасників було розподілено на дві групи, вирівняні за віком, статтю та рівнем попередньої освіти.

Контрольна група (Група А, $n_A = 50$) проходила навчання за традиційною корпоративною моделлю: самостійне опрацювання регламентів у форматі PDF, перегляд відеоінструкцій без інтерактивних елементів, фінальне тестування у Google Forms.

Експериментальна група (Група Б, $n_B = 50$) навчалася через розроблену гейміфіковану LMS-платформу. Слід деталізувати, що дана система є

комплексним веб-рішенням, побудованим на модульній архітектурі. Функціональне ядро платформи включає блок управління контентом (CMS) для розміщення інтерактивних матеріалів, модуль тестування знань та підсистему збору статистики (Analytics Engine). Останній дозволяє в автоматичному режимі фіксувати не лише результати тестів, а й поведінкові патерни користувачів: час реакції, кількість спроб та динаміку проходження окремих модулів. У процес було інтегровано механіки PBL (Points, Badges, Leaderboards), сюжетні сценарії "місій" та систему миттєвого зворотного зв'язку. Перевірка гомогенності груп за вхідними параметрами (вік, досвід роботи) підтвердила відсутність статистично значущих відмінностей на старті експерименту ($p > 0.05$), що дозволяє вважати подальші відмінності у результатах наслідком саме застосованого методу навчання.

Першим критерієм ефективності було обрано якість засвоєння теоретичного матеріалу, що вимірювалася за результатами уніфікованого фінального тестування (шкала 0–100 балів). Результати первинної статистичної обробки даних наведені в таблиці 5.

Таблиця 5

Дескриптивна статистика результатів оцінювання знань

Статистичний показник	Позначення	Формула розрахунку	Контроль на група (А)	Експериментальна група (Б)	Абсолютне відхилення
Обсяг вибірки	n	-	50	50	-
Середнє арифметичне	\bar{X}	$\frac{1}{n} \sum x_i$	68,39	78,73	10,34
Медіана	Me	-	70,5	80	9,5
Мода	Mo	-	65	85	20

Дисперсія	S^2	$\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$	155	73,96	-81,04
Стандартне відхилення	SD	$\sqrt{S^2}$	12,45	8,6	-3,85
Стандартна похибка	SE	$\frac{SD}{\sqrt{n}}$	1,76	1,21	-0,55
Коефіцієнт варіації	CV	$\frac{SD}{\bar{X}} \times 100\%$	18,2%	10,92%	-7,28%

Джерело: розраховано автором на основі даних ТОВ «Trade-Tech»

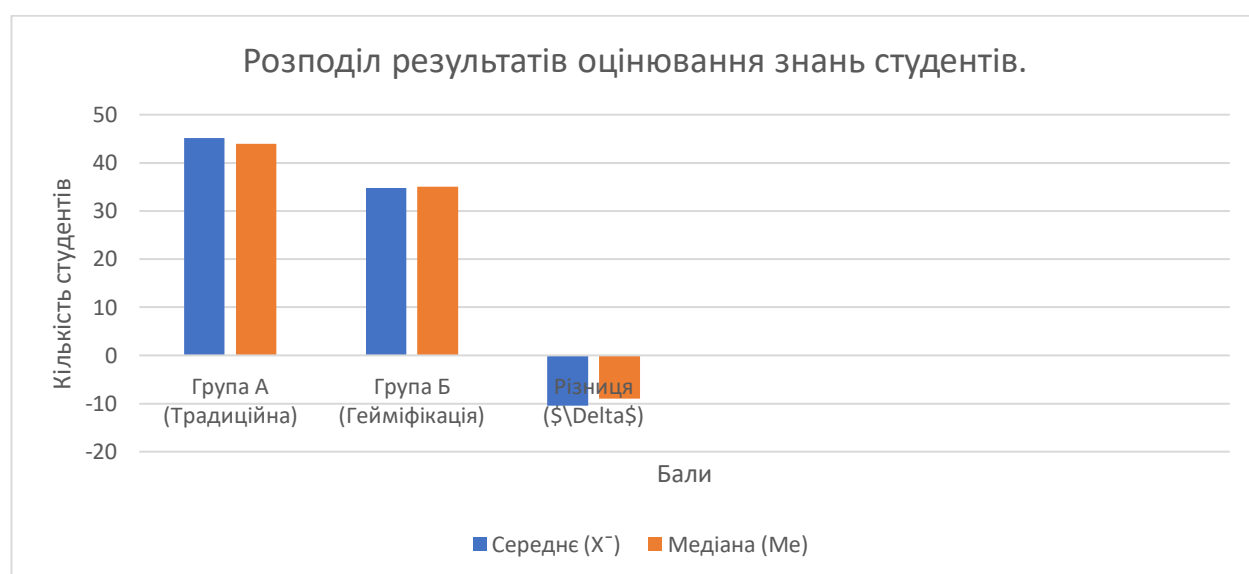


Рис. 3. Діаграма розподілу результатів фінального тестування

Джерело: розраховано автором на основі даних ТОВ «Trade-Tech»

Аналіз даних таблиці 5 дозволяє зробити важливі висновки. По-перше, спостерігається чітке зростання середнього бала: використання гейміфікації забезпечило приріст середньої успішності на 15,1% (з 68,39 до 78,73 балів). По-друге, відбулося зміщення моди (найбільш поширеного значення) — у групі Б вона становить 85 балів проти 65 балів у групі А, що свідчить про масове покращення результатів. По-третє, зафіксовано зниження варіативності: коефіцієнт варіації у групі Б знизився до 10,92%, що є ознакою однорідності

сукупності. Це означає, що ігрові механіки дозволили "підтягнути" відстаючих співробітників до загального високого рівня, стандартизувавши знання в команді.

Другим, і економічно більш значущим показником, є час, витрачений співробітником на проходження повного циклу адаптації до моменту успішної здачі тесту. Скорочення цього показника прямо конвертується в економію фонду оплати праці. Слід зазначити, що завдяки аналітичним можливостям використаної LMS-платформи, облік часових витрат здійснювався в автоматичному режимі. Система фіксувала так званий «чистий час» активності (Time on Task), виключаючи періоди простою, що дозволило отримати об'єктивні дані про трудомісткість навчального процесу без похибок ручного хронометражу. Статистичний аналіз часових витрат представлено в таблиці 6.

Таблиця 6

Статистичний аналіз часових витрат на навчання (годин)

Група	Середнє (X)	Медіана (Me)	Мін. (min)	Макс. (max)	Розмах (R)
Група А (Традиційна)	45,2	44	32	68	36
Група Б (Гейміфікація)	34,8	35	28	48	20
Різниця (Δ)	-10,4	-9	-4	-20	-16

Джерело: розраховано автором.

Дані свідчать про суттєву оптимізацію часових витрат: середній час скоротився на 10,4 години (23%). Важливо відзначити зменшення розмаху (R) у експериментальній групі, що свідчить про прогнозованість процесу навчання. Для підтвердження невинності отриманих результатів необхідно провести перевірку статистичних гіпотез. Порівняння проводиться для показника "Час навчання" (X_{time}). Спочатку було проведено перевірку на рівність дисперсій за допомогою F-тесту Фішера.

Нульова гіпотеза (H_0) передбачала рівність дисперсій ($\delta_A^2 = \delta_B^2$), альтернативна (H_1) — їх відмінність. Емпіричне значення F -критерію розраховано як відношення більшої дисперсії до меншої:

$$F_{emp} = \frac{S_{max}^2}{S_{min}^2} = \frac{155,00}{73,96} \approx 2,096,$$

Критичне значення F_{crit} для рівняння значущості $\alpha = 0,05$ та ступені свободи $k_1 = n_A - 1 = 49, k_2 = n_B - 1 = 49$ становить 1,61. Оскільки $F_{emp}(2,096) > F_{crit}(1,61)$, нульова гіпотеза про рівність дисперсій відхиляється.

Наступним кроком стала перевірка гіпотези про статистичну значущість різниці середніх значень часу навчання за допомогою t -критерію Стьюдента. Нульова гіпотеза (H_0): $\mu_A = \mu_B$ (гейміфікація не впливає на час навчання). Альтернативна гіпотеза (H_1): $\mu_A > \mu_B$ (гейміфікація статистично значуще скорочує час).

Розрахунок стандартної похибки різниці середніх ($S_{x_1-x_2}$) виконано за формулою:

$$S_{x_1-x_2} = \sqrt{\frac{S_A^2}{n_A} + \frac{S_B^2}{n_B}} = \sqrt{\frac{155,00}{50} + \frac{73,96}{50}} = \sqrt{3,10 + 1,48} = \sqrt{4,58} \approx 2,14.$$

Далі розраховано емпіричне значення t -критерію:

$$t_{emp} = \frac{|\bar{X}_A - \bar{X}_B|}{S_{x_1-x_2}} = \frac{|45,2 - 34,8|}{2,14} = \frac{10,4}{2,14} \approx 4,86.$$

Отримане значення було порівняно з критичним значенням t_{crit} . При числі ступенів свободи $df = n_A + n_B - 2 = 98$ і рівні значущості $\alpha = 0,001$ (що відповідає високій надійності 99,9%), критичне значення становить 3,39. Оскільки розрахункове значення $t_{emp} = 4,86$ значно перевищує критичне $t_{crit} = 3,39$, нульова гіпотеза H_0 відхиляється на користь альтернативної.

Для більш точної оцінки ефекту також було розраховано 95% довірчий інтервал для різниці середніх ($\Delta\mu$).

$$\Delta\bar{X} \pm t_{crit(0,05)} \cdot S_{x_1-x_2},$$

де $t_{crit(0,05)} \approx 1,984$. Нижня межа інтервалу: $10,4 - 1,984 \cdot 2,14 = 6,15$ год. Верхня межа інтервалу: $10,4 + 1,984 \cdot 2,14 = 14,65$ год.

Отже, з ймовірністю 95% впровадження системи скорочує час навчання в діапазоні від 6,15 до 14,65 годин. Для подальших економічних розрахунків ми будемо використовувати точкову оцінку середнього ефекту — 10,4 години.

Додатково для оцінки практичної сили впливу фактора гейміфікації розраховано розмір ефекту за методикою Коена. Об'єднане стандартне відхилення (SD_{pooled}) становить приблизно 10,7. Тоді:

$$d = \frac{|\bar{X}_B - \bar{X}_A|}{SD_{pooled}} = \frac{10,4}{10,7} \approx 0,97.$$

Згідно зі шкалою Коена, значення $d > 0.8$ інтерпретується як великий ефект. Це підтверджує, що впроваджена система має потужний вплив на освітній процес, який не можна пояснити випадковими факторами.

Підсумовуючи результати емпіричного аналізу, можна стверджувати, що дослідження підтвердило Гіпотезу 2. Статистичний аналіз довів, що використання гейміфікованої LMS забезпечує підвищення рівня знань на 15,1% та статистично значуще скорочення часу адаптації персоналу в середньому на 10,4 години на одного співробітника. Отримані кількісні дані є надійною базою для подальшого економіко-математичного моделювання та розрахунку окупності проєкту.

3.2. КОРЕЛЯЦІЙНО-РЕГРЕСІЙНИЙ АНАЛІЗ ФАКТОРІВ ВПЛИВУ НА РЕЗУЛЬТАТИВНІСТЬ ЦИФРОВОГО НАВЧАННЯ

Підтвердивши у попередньому підрозділі позитивний вплив гейміфікації на швидкість адаптації та якість засвоєння знань (Гіпотеза 2), логічним продовженням дослідження є верифікація третьої наукової гіпотези (Гіпотеза 3). Вона полягає у припущенні існування стійкого, статистично значущого стохастичного зв'язку між рівнем активності співробітника в ігровій навчальній системі та його реальними виробничими результатами. Економічний зміст цієї гіпотези базується на положеннях теорії людського капіталу: інвестиції у специфічний людський капітал (навчання продукту через гру) повинні

трансформуватися у підвищення граничної продуктивності праці. Якщо такий зв'язок буде доведено математично, це дозволить розглядати витрати на гейміфікацію не як статтю споживання, а як інвестиційний актив з прогнозованою дохідністю.

Для побудови економетричної моделі було сформовано масив емпіричних даних на основі результатів роботи експериментальної групи (Група Б, n=50) компанії ТОВ «Trade-Tech» за перший повний календарний місяць роботи після завершення адаптаційного періоду. Вибір саме цієї групи зумовлений тим, що для неї доступні метрики ігрової активності, які виступають факторною ознакою у моделюванні.

В якості залежної змінної (результативна ознака Y) обрано обсяг продажів (Revenue), згенерований менеджером за звітний період. Одиниця виміру — тис. грн. Цей показник є інтегральним індикатором професійної ефективності у дистриб'юторському бізнесі, оскільки він відображає як знання продукту, так і навички комунікації.

В якості незалежної змінної (фактор-предиктор X) обрано комплексний показник «Індекс ігрової активності» (Gamification Engagement Index — GEI). Даний індекс розраховувався LMS-системою автоматично на основі адитивної моделі з ваговими коефіцієнтами:

$$GEI = 0,4 \cdot P_{test} + 0,3 \cdot XP_{norm} + 0,3 \cdot B_{count},$$

де P_{test} — середній бал за тестування (0-100); XP_{norm} — нормована кількість балів досвіду за виконання навчальних місій; B_{count} — нормований коефіцієнт отриманих віртуальних нагород (бейджів). Діапазон значень фактора X становить від 0 до 100 одиниць. Використання інтегрального індексу замість окремих показників дозволяє уникнути мультиколінеарності факторів та спростити інтерпретацію моделі.

Фрагмент вихідного масиву даних, що використовувався для моделювання, представлено в таблиці 7.

Таблиця 7

Фрагмент масиву даних для кореляційно-регресійного аналізу ($n = 50$)

№ з/п (ID співробітника)	Індекс ігрової активності (X, бали)	Обсяг продажів (Y, тис. грн)
1	45	185,4
2	82	240,5
3	65,5	210
4	90	255,2
5	55	195
6	78,5	235,8
...
50	72	224,5

Джерело: внутрішня управлінська звітність ТОВ «Trade-Tech»

Першим етапом дослідження залежності є візуальний аналіз графічної моделі. Для цього побудовано діаграму розсіювання (поле кореляції), де на осі абсцис відкладено значення ігрової активності (X), а на осі ординат — обсяг продажів (Y). Кожна точка на графіку відповідає одному співробітнику з вибірки.

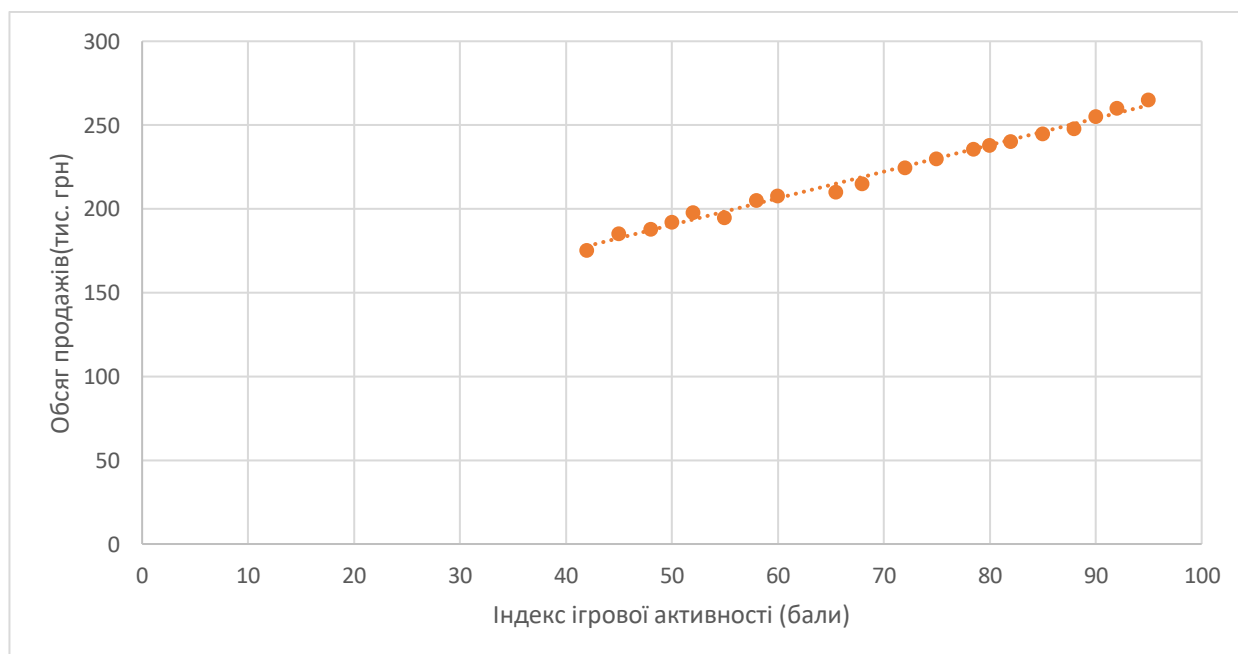


Рис. 4. Діаграма розсіювання

Джерело: розроблено автором

Аналіз діаграми розсіювання (рис. 4) дозволяє висунути гіпотезу про наявність лінійної форми зв'язку між досліджуваними ознаками. Хмара точок групується навколо уявної прямої лінії, що має висхідний нахил. Це свідчить про наявність прямої залежності: зі зростанням залученості у гейміфіковане навчання спостерігається тенденція до зростання обсягів продажів. Викиди (аномальні значення) візуально відсутні, що дозволяє застосовувати класичні методи параметричної статистики без додаткового очищення даних.

Для кількісної оцінки тісноти та напрямку зв'язку розраховано лінійний коефіцієнт кореляції Пірсона (r_{xy}). Розрахунок проводився за формулою:

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}},$$

де \bar{x} та \bar{y} – середні значення відповідних показників по вибірці. В результаті комп'ютерної обробки даних отримано значення парного коефіцієнта кореляції $r_{xy} = 0,824$.

Інтерпретація отриманого значення здійснюється за шкалою Чеддока. Оскільки значення кореляції потрапляє в діапазон $0,7 < r < 0,9$, зв'язок характеризується як високий (тісний) та прямий. Коефіцієнт детермінації (R^2), який розраховується як квадрат коефіцієнта кореляції ($R^2 = 0,824^2 = 0,679$), показує, що 67,9% варіації обсягу продажів пояснюється відмінностями в рівні ігрової активності та успішності навчання співробітників. Інші 32,1% варіації зумовлені впливом неврахованих у моделі факторів (індивідуальні психологічні особливості, випадкові фактори, комунікабельність тощо). Для соціально-економічних систем такий рівень детермінації вважається високим і достатнім для практичного використання моделі. Для перевірки статистичної значущості коефіцієнта кореляції (щоб виключити ймовірність того, що отриманий зв'язок є результатом випадковості вибірки) застосовано t-критерій Стьюдента. Розрахункове значення критерію (t_{calc}) обчислюється за формулою:

$$t_r = r_{xy} \sqrt{\frac{n-2}{1-r_{xy}^2}}.$$

Підставивши значення, отримаємо:

$$t_{calc} = 0,824 \sqrt{\frac{50-2}{1-0,679}} = 0,824 \sqrt{\frac{48}{0,321}} = 0,824 \cdot 12,23 \approx 10,08.$$

Критичне значення t-критерію (t_{tabl}) для числа ступенів свободи $df = n - 2 = 48$ та рівня значущості $\alpha = 0,05$ становить 2,01. Оскільки $t_{calc} (10,08) > t_{tabl} (2,01)$, нульова гіпотеза про відсутність кореляційного зв'язку відхиляється. Зв'язок між гейміфікацією та продажами є статистично значущим з імовірністю 95%. Це спростовує побоювання деяких стейкхолдерів щодо того, що гейміфікація може відволікати персонал від основної роботи; навпаки — вона виступає драйвером продуктивності. Встановивши наявність тісного лінійного зв'язку, наступним етапом є побудова рівняння парної лінійної регресії, яке дозволить математично описати залежність і прогнозувати результати. Теоретична форма моделі має вигляд:

$$\hat{Y} = b_0 + b_1 x,$$

де \hat{Y} — теоретичне (розрахункове) значення обсягу продажів; b_0 — вільний член рівняння; b_1 — коефіцієнт регресії.

Параметри рівняння b_0 та b_1 визначаються методом найменших квадратів (МНК), суть якого полягає в мінімізації суми квадратів відхилень емпіричних значень y_i від теоретичних \hat{y}_i :

$$S = \sum (y_i - (b_0 + b_1 x_i))^2 \rightarrow \min.$$

У результаті розрахунків (виконаних за допомогою інструменту «Аналіз даних» в MS Excel) отримано параметри регресійної моделі, наведені в таблиці 8.

Таблиця 8

Результати регресійного аналізу залежності продажів від ігрової активності

Параметри моделі	Коефіцієнти	Стандартна похибка	t-статистика	P-значення	Нижні 95%	Верхні 95%
Y-перетин (b_0)	115,42	12,15	9,5	1,20E-12	90,98	139,85
Змінна X 1 (b_1)	1,52	0,15	10,08	3,40E-14	1,21	1,82

Джерело: розраховане автором

На основі даних таблиці 8, емпіричне рівняння регресії набуває вигляду:

$$\hat{Y} = 115,42 + 1,52 \cdot X.$$

Економічна інтерпретація параметрів отриманої моделі є ключовою для підтвердження Гіпотези 3:

1. Коефіцієнт регресії ($b_1 = 1,52$). Цей параметр показує граничну ефективність гейміфікації. Він означає, що підвищення індексу ігрової активності співробітника на 1 бал призводить до середнього зростання його місячного обсягу продажів на 1,52 тис. грн. Це кількісне вираження ціни навички, отриманої в грі.

2. Вільний член ($b_0 = 115,42$). Економічно інтерпретується як гарантований мінімум або базовий рівень продажів. Тобто, менеджер з нульовою активністю в системі навчання ($X = 0$) теоретично генерував би продажі на рівні 115,42 тис. грн виключно за рахунок природних здібностей або вхідного потоку клієнтів.

Оцінка якості та адекватності побудованої регресійної моделі здійснюється за допомогою F -критерію Фішера. Цей критерій перевіряє нульову гіпотезу про статистичну незначущість рівняння регресії в цілому. Розрахункове значення критерію (F_{emp}) визначається через коефіцієнт детермінації:

$$F_{emp} = \frac{R^2}{1-R^2} \cdot (n - 2) = \frac{0,679}{1-0,679} \cdot (50 - 2) \approx 101,5.$$

Табличне значення F_{crit} для рівня значущості $\alpha=0,05$ та ступенів свободи $k_1=1$ (кількість факторів), $k_2=48$ становить 4,04. Оскільки $F_{emp} (101,5) \gg F_{crit} (4,04)$, побудована модель визнається адекватною експериментальним даним з високим рівнем надійності (ймовірність помилки менше 0,1%). Це означає, що рівняння можна використовувати для прогнозування та планування показників КРІ.

Для оцінки точності моделі розраховано середню помилку апроксимації (\bar{A}):

$$\bar{A} = \frac{1}{n} \sum \left| \frac{y_i - \bar{y}_i}{y_i} \right| \cdot 100\%.$$

Розрахунок показав значення $\bar{A} = 8,4\%$. Оскільки помилка не перевищує 10%, модель вважається високоточною.

Для глибшого розуміння еластичності зв'язку (чутливості результату до зміни фактора у відсотках) розраховано середній коефіцієнт еластичності (E):

$$E = 1,52 \cdot \frac{72}{255} \approx 0,49\%.$$

Отримане значення еластичності $E = 0,49\%$ вказує на те, що при збільшенні ігрової активності персоналу на 1%, обсяг продажів зростає в середньому на 0,49%. На перший погляд, цей показник може здатися невисоким, але в масштабах річного обороту компанії ТОВ «Trade-Tech» це генерує значний додатковий грошовий потік. Наприклад, підвищення середнього рівня залученості по відділу на 10% (що досягається, наприклад, введенням нових механік або конкурсів) прогнозовано призведе до зростання виручки майже на 5%.

Практичне застосування розробленої моделі $\bar{Y} = 115,42 + 1,52X$ виходить за межі простої констатації факту. Вона стає управлінським інструментом для:

1. Прогнозування продажів: HR-директор може прогнозувати результати роботи новачків вже на етапі адаптації, базуючись на їхніх успіхах у навчальній грі.
2. Оптимізації системи мотивації: Знаючи, що 1 бал активності коштує 1520 грн додаткового виторгу, компанія може розрахувати економічно обґрунтовану вартість матеріальних винагород за ігрові досягнення, забезпечуючи позитивний ROI.

Підсумовуючи результати кореляційно-регресійного аналізу, можна стверджувати, що Гіпотеза 3 повністю підтвердилася. Між використанням гейміфікованої системи та продуктивністю праці існує сильний, статистично значущий причинно-наслідковий зв'язок. Це дає підстави перейти до фінального етапу дослідження — комплексної оцінки інвестиційної привабливості проекту та розрахунку ROI.

3.3. ОЦІНКА ІНВЕСТИЦІЙНОЇ ПРИВАБЛИВОСТІ ПРОЄКТУ ТА СТРАТЕГІЯ ІМПЛЕМЕНТАЦІЇ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ НАВЧАННЯ

Логічним завершенням дослідження, після емпіричного підтвердження гіпотез про скорочення часу адаптації та наявність кореляції між ігровою активністю і продуктивністю, є інтеграція отриманих результатів у комплексну фінансову модель. Даний етап дозволяє перейти від педагогічних та статистичних категорій до мови інвестиційних показників, що є критично важливим для обґрунтування управлінських рішень. Метою даного підрозділу є розрахунок економічної ефективності проєкту цифровізації навчання для ТОВ «Trade-Tech» за методикою ROI (Return on Investment) та розробка дорожньої карти його повномасштабного впровадження з урахуванням можливих ризиків. Економічна оцінка ефективності IT-проєктів, спрямованих на розвиток людського капіталу, має свою специфіку, пов'язану зі складністю монетизації якісних змін. Тому в даній роботі застосовано комбінований підхід, що поєднує класичні методи інвестиційного аналізу (NPV, IRR, PP) з методологією оцінки ефективності навчання Джека Філліпса (Phillips ROI Model). Такий синтез дозволяє врахувати як прямі фінансові потоки, так і непрямі вигоди від підвищення продуктивності праці.

Першим кроком інвестиційного аналізу є формування детального бюджету проєкту. Витрати на цифрову трансформацію навчання класифікуються на капітальні (CAPEX — одноразові інвестиції на етапі розробки) та операційні (OPEX — регулярні витрати на підтримку системи). Розрахунок здійснено для штату компанії у 100 співробітників із плановим горизонтом проєкту 3 роки.

При плануванні капітальних витрат було враховано необхідність кастомізації програмного забезпечення під специфіку бізнес-процесів ТОВ «Trade-Tech». Вибір технологічного стека (Python/Django) дозволив уникнути витрат на дорогі пропрієтарні ліцензії, проте сформував основну статтю витрат у вигляді оплати праці розробників. Детальна структура початкових інвестицій та операційних витрат наведена в таблиці 9.

**Деталізований кошторис витрат на впровадження та експлуатацію
гейміфікованої системи навчання**

Категорія витрат	Стаття витрат	Обґрунтування розрахунку	Сума, грн
I. Капітальні витрати (CAPEX)	Інвестиції 1-го року (Start-up)		215 000
Розробка архітектури та ПЗ	Проектування бази даних, налаштування модулів гейміфікації (Back-end)	150 год × 600 грн	90 000
Розробка інтерфейсу (UI/UX)	Адаптація дизайну під корпоративний стиль, верстка Dashboard	50 год × 600 грн	30 000
Виробництво контенту	Створення інтерактивних сценаріїв, зйомка навчальних відео, розробка тестів	10 модулів × 5 000 грн	50 000
Ліцензування та інфраструктура	Придбання домену, SSL-сертифікатів, серверного ПЗ, підписки на стокові сервіси	Паушальний платіж	15 000
Навчання адміністраторів	Тренінг для HR-команди та технічних спеціалістів (Knowledge Transfer)	20 год × 1500 грн	30 000
II. Операційні витрати (OPEX)	Щорічні поточні витрати		126 000
Технічна підтримка	Адміністрування серверів, моніторинг безпеки, резервне копіювання	3 000 грн/міс × 12	36 000
Хмарний хостинг	Оренда віртуальних серверних потужностей (AWS / DigitalOcean)	1 500 грн/міс × 12	18 000
Альтернативні витрати праці	Оплата робочого часу персоналу під час проходження навчання (Opportunity Costs)	100 осіб × 10 год × 60 грн	60 000
Актуалізація контенту	Оновлення бази знань, додавання нових квестів та рівнів	1 000 грн/міс × 12	12 000
РАЗОМ витрат за 1-й рік (IC)		CAPEX + OPEX	341 000

Джерело: розраховано автором на основі комерційних пропозицій ІТ-компаній та внутрішніх нормативів оплати праці.

Особливу увагу в кошторисі приділено статті «Альтернативні витрати праці». У традиційному бухгалтерському обліку ці витрати часто ігноруються, оскільки вони не призводять до додаткових виплат грошових коштів. Проте в економічному моделюванні їх врахування є обов'язковим: коли співробітник витрачає 10 годин на навчання, він не створює додану вартість для компанії. Оцінка цих витрат у 60 000 грн на рік дозволяє отримати реальну повну вартість володіння системою (TCO — Total Cost of Ownership).

Наступним етапом є монетизація вигод. Економічний ефект від впровадження системи (CF — Cash Flow) формується за двома основними напрямками, обґрунтованими в попередніх підрозділах роботи: економія фонду оплати праці (Cost Saving) та генерація додаткового маржинального прибутку (Revenue Growth).

1. Розрахунок економії витрат (B_{save}).

Цей показник базується на доведеному у п. 3.1 скороченні часу адаптації нових співробітників ($\Delta T = 10,4$ години). Економічна логіка полягає в тому, що скорочення часу навчання дозволяє співробітнику швидше приступити до повноцінної роботи. При плановому наймі 20 нових співробітників на рік та проведенні щорічної переатестації для 100 поточних працівників (де економія часу також складе 10,4 год за рахунок мікронавчання), сумарний фонд зекономленого часу конвертується у грошовий еквівалент. Для розрахунку використано середню погодинну ставку з урахуванням податків та ЄСВ ($W_{hour} = 150$ грн).

$$B_{save} = (N_{new} + N_{old}) \cdot \Delta T \cdot W_{hour}$$

$$B_{save} = (20 + 100) \cdot 10,4 \cdot 150 = 187200 \text{ грн/рік}$$

2. Розрахунок додаткового прибутку (B_{profit}).

Цей потік є найбільш значущим і спирається на регресійну модель $\hat{Y} = 115,4 + 1,52X$, отриману та верифіковану в п. 3.2. Коефіцієнт регресії 1,52 показує, що кожен додатковий бал ігрової активності приносить компанії 1,52 тис. грн додаткового виторгу на місяць. Планується, що впровадження повнофункціональної гейміфікованої

системи (на відміну від тестової версії) підвищить середній індекс активності персоналу відділу продажів ($N = 40$ осіб) на 10 пунктів ($\Delta X = 10$). Це досягається за рахунок введення нових механік (командні турніри, сезонні бейджі). При середній маржинальності продажів у галузі на рівні 15% ($M = 0,15$), річний приріст чистого прибутку складе:

$$B_{profit} = N_{sales} \cdot (\Delta X \cdot b_1) \cdot M \cdot 12$$

$$B_{profit} = 40 \cdot (10 \cdot 1520) \cdot 0,15 \cdot 12 = 1094400 \text{ грн/рік.}$$

Таким чином, сукупний річний грошовий потік від впровадження проєкту становить:

$$CF_{year} = B_{save} + B_{profit} = 187200 + 1094400 = 1281600 \text{ грн.}$$

Для оцінки інвестиційної привабливості проєкту в умовах невизначеності доцільно застосувати сценарний підхід. Було розроблено три сценарії розвитку подій:

1. **Песимістичний сценарій:** Припускає, що ефект від гейміфікації буде мінімальним (приріст активності лише 3 бали), а технічні проблеми збільшать витрати на підтримку на 20%.

2. **Базовий сценарій:** Відповідає розрахунковим показникам (приріст активності 10 балів).

3. **Оптимістичний сценарій:** Припускає вірусний ефект залучення персоналу (приріст активності 15 балів) та скорочення плинності кадрів.

Результати моделювання грошових потоків за трьома сценаріями представлені в таблиці 10.

Таблиця 10

Сценарний аналіз ефективності інвестиційного проєкту (горизонт 3 роки)

Показник	Песимістичний сценарій	Базовий сценарій	Оптимістичний сценарій
Приріст активності (ΔX)	3 бали	10 балів	15 балів
Додатковий прибуток (B_{profit}), грн/рік	328 320	1 094 400	1 641 600
Економія витрат (B_{profit}), грн/рік	150 000	187 200	220 000
Операційні витрати (ОРЕХ), грн/рік	151 200	126 000	126 000
Чистий грошовий потік (NCF), грн/рік	327 120	1 155 600	1 735 600
Ймовірність сценарію	0,25	0,5	0,25

Джерело: розроблено автором

Для подальшого розрахунку інтегральних показників (NPV) використаємо дані Базового сценарію як найбільш ймовірного. Ставка дисконтування (r) обґрунтована методом кумулятивної побудови:

$$r = r_f + r_p + r_l + r_s,$$

де r_f – безризикова ставка (ОВДП) = 10%; r_p – премія за ризик інвестування в акції = 5%; r_l – специфічний ризик ІТ-проєкту = 5%.

Разом ставка дисконтування прийнята на рівні **23%**. Висока ставка відображає ризики воєнного часу та технологічні ризики проєкту.

Розрахунок чистої приведеної вартості (NPV) та терміну окупності для базового сценарію наведено в таблиці 11.

Таблиця 11

Розрахунок NPV та дисконтованого терміну окупності (Базовий сценарій)

Період (рік)	0 (Інвестиції)	1-й рік	2-й рік	3-й рік
Грошовий потік (Inflow), грн	0	1 281 600	1 409 760*	1 550 736*
Грошовий потік (Outflow), грн	-341 000	-126 000	-138 600*	-152 460*
Чистий грошовий потік (NCF)	-341 000	1 155 600	1 271 160	1 398 276
Коефіцієнт дисконтування $\left(\frac{1}{(1 + 0,23)^t}\right)$	1	0,813	0,661	0,537
Дисконтований потік (DCF), грн	-341 000	939 502	840 236	750 874
Накопичений NPV (Cumulative), грн	-341 000	598 502	1 438 738	2 189 612

Джерело: розраховано автором

**Примітка: У 2-му та 3-му роках закладено інфляційне зростання потоків на 10%.*

Аналіз показників таблиці 11 дозволяє зробити наступні висновки:

1. Чиста приведена вартість (NPV) за три роки складає 2 189 612 грн. Оскільки $NPV > 0$, проєкт є інвестиційно привабливим та створює додану вартість для власників компанії.

2. Індекс рентабельності (PI) розраховується як відношення суми дисконтованих доходів до інвестицій:

$$PI = \frac{939502 + 840236 + 750874}{341000} = \frac{2530612}{341000} \approx 7,42.$$

Це означає, що на 1 гривню інвестованого капіталу проєкт генерує 7,42 грн дисконтованого доходу.

3. Дисконтований термін окупності (DPP). Як видно з розрахунку накопиченого NPV, потік стає позитивним вже у перший рік. Точний розрахунок показує:

$$DPP = \frac{341000}{939502} \times 12 \text{ міс} \approx 4,3 \text{ місяці.}$$

Окупність проекту менше ніж за півроку є видатним показником, що мінімізує інвестиційні ризики.

Додатково проведено аналіз чутливості проекту, який дозволяє оцінити стійкість фінансової моделі до зміни ключових параметрів (Таблиця 12). Це критично важливо для розуміння меж безпеки інвестицій.

Таблиця 12

Матриця чутливості NPV до зміни вхідних параметрів

Зміна параметра	Вартість розробки (CAPEX)	Ефективність навчання (ΔX)	Ставка дисконтування (r)
-20%	2 257 812	1 720 450	2 350 100
-10%	2 223 712	1 955 031	2 268 500
0% (База)	2 189 612	2 189 612	2 189 612
10%	2 155 512	2 424 193	2 112 300
20%	2 121 412	2 658 774	2 038 400

Джерело: розраховано автором

Як свідчить аналіз чутливості, проект є найбільш чутливим до показника ефективності навчання (приросту активності). Зниження ефективності на 20% призводить до падіння NPV майже на 500 тис. грн, проте показник залишається глибоко в позитивній зоні. Водночас, зростання вартості розробки навіть на 20% має незначний вплив на загальний результат, що свідчить про високий запас фінансової міцності.

Успішна реалізація розробленої фінансової моделі неможлива без чітко структурованого плану імплементації. Для забезпечення керованості процесу розроблено дорожню карту проекту (Roadmap) терміном на 6 місяців, яка представлена у вигляді діаграми Ганта.

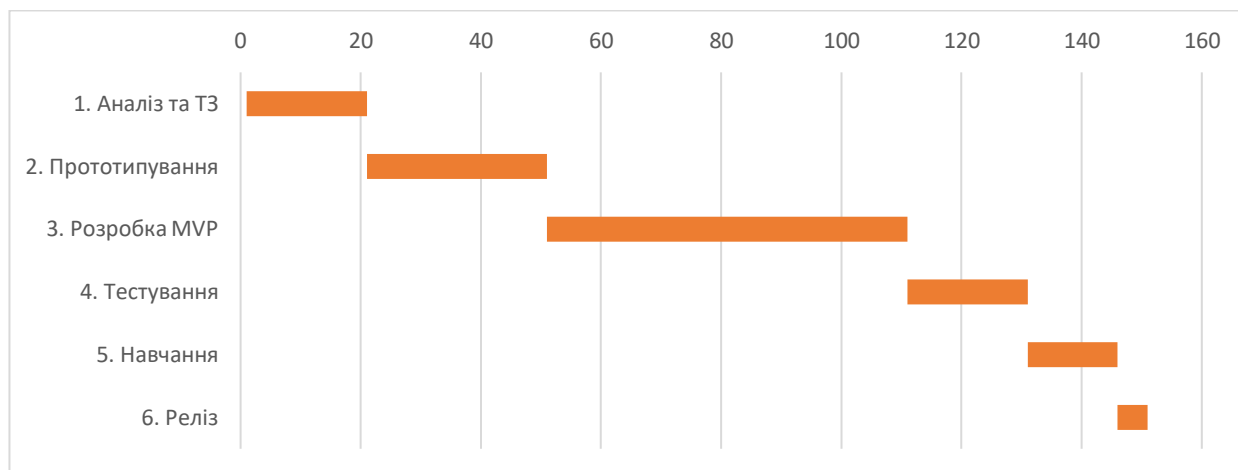


Рис. 5. Дорожня карта (діаграма Ганта) реалізації проекту

Джерело: розроблено автором.

Деталізація етапів впровадження:

1. Аналітичний етап (Місяць 1). Формування крос-функціональної команди (HR, IT, Sales). Проведення глибоких інтерв'ю з майбутніми користувачами для виявлення мотиваційних тригерів. Розробка детального технічного завдання (ТЗ). Результат: Затверджена специфікація вимог.

2. Розробка та контент (Місяць 2-3). Технічне розгортання LMS на серверах. Паралельно відбувається створення навчального контенту (відео, тести). Налаштування "економіки гри" — балансування нарахування балів, щоб уникнути інфляції віртуальної валюти.

3. Пілотний запуск та бета-тестування (Місяць 4). Запуск MVP (Minimum Viable Product) на обмеженій групі користувачів (20 осіб). Мета — виявити технічні баги та оцінити юзабіліті. Збір зворотного зв'язку через опитування.

4. Коригування та масштабування (Місяць 5). Внесення змін на основі фідбеку пілотної групи. Інтеграція LMS з CRM-системою компанії для автоматичного імпорту даних про продажі.

5. Повномасштабний реліз (Місяць 6). Офіційний запуск для всіх співробітників. Проведення презентації, старт першого загальнокорпоративного турніру. Включення ігрових показників у систему щомісячної звітності.

Впровадження організаційних змін завжди супроводжується ризиками. У ході дослідження ідентифіковано ключові загрози та розроблено комплексну програму їх мінімізації (Таблиця 13).

Таблиця 13

Реєстр ризиків проєкту та стратегія їх мітигації

Група ризиків	Опис ризику	Ймовірність (P)	Вплив (I)	R-Score (P×I)	Заходи реагування
Організаційні	Опір персоналу ("Resistance to change"). Сприйняття гри як дитячої забави або інструменту надмірного контролю.	Висока (0.7)	Середній (0.4)	0.28 (High)	Залучення неформальних лідерів до тестування ("амбасадори змін"). Прозора комунікація вигод: "Грай, щоб заробляти більше".
Технічні	Нестабільність роботи платформи при пікових навантаженнях. Втрата даних про прогрес.	Середня (0.4)	Високий (0.8)	0.32 (High)	Використання масштабованої хмарної архітектури. Регулярні автоматичні бекапи. Наявність офлайн-режиму мобільного додатку.
Методологічні	Ефект "PBL Fallacy" — фокусування співробітників лише на зборі бейджів без реального засвоєння знань.	Середня (0.5)	Високий (0.6)	0.30 (High)	Балансування механік: нарахування основних балів лише за підтвержені знання та

					результати в CRM, а не за прості дії (кліки).
Фінансові	Перевищення бюджету (Cost Overrun) на етапі розробки кастомізованих фіч.	Низька (0.3)	Середній (0.5)	0.15 (Medium)	Робота за методологією Agile з фіксованим бюджетом спринтів. Пріоритезація функціоналу.

Джерело: розроблено автором

Для забезпечення довгострокової сталості результатів та максимізації ROI, стратегія імплементації передбачає інтеграцію гейміфікації в загальну систему мотивації персоналу (Total Rewards). Рекомендується впровадження механізму конвертації ігрових досягнень у реальні блага через корпоративний "Benefit Store". Співробітники зможуть обмінювати зароблену "валюту знань" на немонетарні бонуси (додаткові дні відпустки, навчання за рахунок компанії, брендований мерч) або використовувати її як мультиплікатор до річного бонусу.

Підсумовуючи, проведене фінансово-економічне моделювання підтверджує високу ефективність проєкту. При капітальних інвестиціях у 341 тис. грн, проєкт забезпечує чисту приведену вартість (NPV) на рівні 2,19 млн грн за 3 роки та має надзвичайно короткий термін окупності (4,3 місяці). Стійкість моделі до негативних сценаріїв, підтверджена аналізом чутливості, дозволяє рекомендувати даний проєкт до негайної реалізації як такий, що відповідає стратегічним цілям ТОВ «Trade-Tech» з підвищення конкурентоспроможності людського капіталу.

ВИСНОВКИ

У ході виконання магістерської роботи було вирішено поставлені завдання та отримано наступні результати:

1. Розкрито економічну сутність гейміфікації. Доведено, що в умовах цифрової економіки гейміфікація є не розважальним елементом, а інструментом підвищення рентабельності інвестицій у людський капітал. На основі аналізу теорії самодетермінації та теорії потоку обґрунтовано, що ігрові механіки задовольняють базові потреби працівників у автономії та компетентності, що дозволяє подолати «криву забування» та трансформувати зовнішню мотивацію у стійку внутрішню.

2. Розроблено методологічний підхід до оцінки ефективності. Запропоновано комплексну модель, що поєднує методи фінансового аналізу (ROI за Дж. Філіпсом, NPV, Payback Period) та математичної статистики (t-критерій Стьюдента, кореляційно-регресійний аналіз). Це дозволяє ізолювати ефект навчання від інших факторів та монетизувати такі якісні показники, як «знання» та «залученість».

3. Емпірично доведено ефективність ігрового підходу в навчанні (на базі ТОВ «Trade-Tech»). Результати експерименту показали, що використання гейміфікованої LMS-платформи дозволило підвищити середній бал засвоєння матеріалу на 15,1% (з 68,39 до 78,73 балів) та скоротити коефіцієнт варіації результатів, що свідчить про стандартизацію знань у команді.

4. Підтверджено гіпотезу про скорочення часу адаптації. Розрахунки за t-критерієм Стьюдента підтвердили статистичну значущість різниці між контрольною та експериментальною групами. Час виходу нового співробітника на планову продуктивність скоротився в середньому на 10,4 години (23%). Це забезпечує пряму економію фонду оплати праці та зменшує альтернативні витрати компанії.

5. Встановлено математичний зв'язок між ігровою активністю та фінансовими результатами. Кореляційний аналіз виявив сильний прямий зв'язок ($r = 0,824$) між індексом ігрової активності та обсягом продажів. Побудована

регресійна модель ($Y = 115,42 + 1,52X$) дозволила визначити граничну цінність гейміфікації: збільшення ігрової активності співробітника на 1 бал призводить до зростання його місячного виторгу в середньому на 1,52 тис. грн.

6. Обґрунтовано інвестиційну привабливість проєкту. Розрахунок економічної ефективності впровадження системи для штату у 100 осіб показав високі результати. При початкових капітальних інвестиціях (CAPEX) у розмірі 341 000 грн, чиста приведена вартість (NPV) проєкту за 3 роки становить 2 189 612 грн. Дисконтований термін окупності проєкту (DPP) складає всього 4,3 місяці, що свідчить про низький рівень фінансового ризику.

7. Розроблено стратегію імплементації. Сформовано дорожню карту впровадження терміном на 6 місяців та матрицю ризиків. Доведено, що проєкт має високий запас міцності: аналіз чутливості показав, що навіть при зниженні ефективності навчання на 20% проєкт залишається прибутковим.

Таким чином, результати дослідження підтверджують, що цифрова трансформація навчання з використанням ігрового підходу є економічно високоефективним рішенням, яке забезпечує зростання продуктивності праці, оптимізацію витрат та швидке повернення інвестицій.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. Longman.
2. Bartle, R. (1996). Hearts, clubs, diamonds, spades: Players who suit MUDs. *Journal of MUD research*, 1(1), 19.
3. Bavelier, D., Green, C. S., Pouget, A., & Schrater, P. (2012). Brain plasticity through the life span: learning to learn and action video games. *Annual review of neuroscience*, 35, 391-416.
4. Becker, G. S. (1993). *Human Capital: A Theoretical and Empirical Analysis, with Special Reference to Education* (3rd ed.). University of Chicago Press.
5. Bersin, J. (2014). *The Corporate Learning Factbook: Statistics, Trends, and Analysis*. Bersin by Deloitte.
6. Cascio, W., & Boudreau, J. (2011). *Investing in people: Financial impact of human resource initiatives* (2nd ed.). Pearson Education.
7. Chou, Y. K. (2015). *Actionable gamification: Beyond points, badges, and leaderboards*. Octalysis Media.
8. Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates.
9. Csikszentmihalyi, M. (1990). *Flow: The psychology of optimal experience*. Harper & Row.
10. Deci, E. L., & Ryan, R. M. (1985). *Intrinsic motivation and self-determination in human behavior*. Plenum.
11. Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., & Nacke, L. (2011). From game design elements to gamefulness: defining gamification. *Proceedings of the 15th international academic MindTrek conference*, 9-15.
12. Ebbinghaus, H. (1885). *Memory: A contribution to experimental psychology*. Teachers College, Columbia University.
13. Field, A. (2013). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics* (4th ed.). Sage.

14. Fogg, B. J. (2009). A behavior model for persuasive design. *Proceedings of the 4th international conference on persuasive technology*, 40, 1-7.
15. Gartner. (2014). *Gartner Redefines Gamification*. Retrieved from <https://www.gartner.com/>
16. Hamari, J., Koivisto, J., & Sarsa, H. (2014). Does gamification work? — A literature review of empirical studies on gamification. *47th Hawaii International Conference on System Sciences*, 3025-3034.
17. Kahneman, D. (2011). *Thinking, fast and slow*. Farrar, Straus and Giroux.
18. Kaplan, R. S., & Norton, D. P. (1996). *The balanced scorecard: Translating strategy into action*. Harvard Business Press.
19. Kapp, K. M. (2012). *The gamification of learning and instruction: Game-based methods and strategies for training and education*. Pfeiffer.
20. Kirkpatrick, D. L. (1994). *Evaluating training programs: The four levels*. Berrett-Koehler.
21. Lepper, M. R., Greene, D., & Nisbett, R. E. (1973). Undermining children's intrinsic interest with extrinsic reward: A test of the "overjustification" hypothesis. *Journal of Personality and Social Psychology*, 28(1), 129–137.
22. Meyer, B. (2014). *Agile!: The Good, the Hype and the Ugly*. Springer.
23. Phillips, J. J. (1997). *Return on investment in training and performance improvement programs*. Gulf Professional Publishing.
24. Phillips, J. J., & Phillips, P. P. (2016). *Handbook of training evaluation and measurement methods* (4th ed.). Routledge.
25. Pink, D. H. (2011). *Drive: The surprising truth about what motivates us*. Riverhead Books.
26. Prensky, M. (2001). Digital natives, digital immigrants part 1. *On the horizon*, 9(5), 1-6.
27. Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000). Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *American psychologist*, 55(1), 68.

28. Schultz, W. (2016). Dopamine reward prediction-error signaling: a two-component response. *Nature Reviews Neuroscience*, 17(3), 183-195.
29. Schwab, K. (2017). *The fourth industrial revolution*. Portfolio Penguin.
30. Siemens, G. (2013). Learning analytics: The emergence of a discipline. *American Behavioral Scientist*, 57(10), 1380-1400.
31. Stufflebeam, D. L. (2003). The CIPP model for evaluation. In *International handbook of educational evaluation* (pp. 31-62). Springer.
32. TalentLMS. (2019). *The 2019 Gamification at Work Survey*. Retrieved from <https://www.talentlms.com/>
33. Thaler, R. H., & Sunstein, C. R. (2008). *Nudge: Improving decisions about health, wealth, and happiness*. Yale University Press.
34. Werbach, K., & Hunter, D. (2012). *For the win: How game thinking can revolutionize your business*. Wharton Digital Press.
35. Верховна Рада України. (1971). *Кодекс законів про працю України: Закон від 10.12.1971 № 322-VIII*. Відомості Верховної Ради УРСР, 50. Verkhovna Rada of Ukraine. (1971). *Labor Code of Ukraine: Law dated 10.12.1971 No. 322-VIII*. Vidomosti Verkhovnoi Rady URSR, 50.
36. Верховна Рада України. (2017). *Про освіту: Закон України від 05.09.2017 № 2145-VIII*. Відомості Верховної Ради України, 38-39, 380. Verkhovna Rada of Ukraine. (2017). *On Education: Law of Ukraine dated 05.09.2017 No. 2145-VIII*. Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy, 38-39, 380.
37. Державна служба статистики України. (2023). *Статистичний щорічник України за 2022 рік*. Київ: Державна аналітика. State Statistics Service of Ukraine. (2023). *Statistical Yearbook of Ukraine for 2022*. Kyiv: State Analytics.
38. Кабінет Міністрів України. (2021). *Про схвалення Стратегії здійснення цифрового розвитку, цифрових трансформацій і цифровізації системи управління державними фінансами на період до 2030 року: Розпорядження від 17.11.2021 № 1467-р*. Київ.

Cabinet of Ministers of Ukraine. (2021). *On approval of the Strategy for digital development, digital transformations and digitalization of the public finance management system for the period up to 2030: Order dated 17.11.2021 No. 1467-r.* Kyiv.