

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Інститут прикладного системного аналізу  
Кафедра математичних методів системного аналізу**

До захисту допущено  
Завідувач кафедри  
\_\_\_\_\_ О.Л. ТИМОЩУК  
«07» 06 2021 р.

## **Дипломна робота**

**на здобуття ступеня бакалавра  
за освітньо-професійною програмою «Системний аналіз і управління»  
спеціальності 124 "Системний аналіз"  
на тему: «Стратегічні ходи: зобов'язання, загрози, обіцяння»**

Виконала :

Студентка IV курсу, групи КА-74  
Семіконь Ярослава Володимирівна \_\_\_\_\_

Керівник:

доцент кафедри ММСА  
канд. фіз.- мат. наук Леся Валеріївна Барановська \_\_\_\_\_

Консультант з економічного розділу:

доцент кафедри ТПЕ  
к.е.н., доцент Надія Василівна Роціна \_\_\_\_\_

Консультант з нормоконтролю:

доцент кафедри ММСА  
к.т.н., доцент Анатолій Єпіфанович Коваленко \_\_\_\_\_

Рецензент:

доцент кафедри СП,  
к.т.н., доцент Харченко Костянтин Васильович \_\_\_\_\_

Засвідчую, що у цій дипломній роботі  
немає запозичень з праць інших  
авторів без відповідних посилань.  
Студентка \_\_\_\_\_

Київ-2021

**Національний технічний університет України**  
**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

**Інститут прикладного системного аналізу**  
**Кафедра математичних методів системного аналізу**

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 124 "Системний аналіз"

Освітньо-професійна програма «Системний аналіз і управління»

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри  
\_\_\_\_\_ Оксана ТИМОЩУК  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ**

**на дипломну роботу студенту**

**Семіконь Ярославі Володимирівні**

1. Тема роботи «Стратегічні ходи: зобов'язання, загрози, обіцяння», керівник роботи канд. фіз.- мат. наук Леся Валеріївна Барановська, затверджені наказом по університету від «26» травня 2021 р. № 1344-с
2. Термін подання студентом роботи 07.06.2021 р.
3. Вихідні дані до роботи: Експертно визначені виграші обох гравців задачі “Студент - вчитель”, реальні дані отримані з Instagram Stories.
4. Зміст роботи: розробка програми і аналіз вирішення проблеми студента та вчителя у повсякденному житті.
5. Перелік ілюстративного матеріалу: презентація.
6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Економічний	Рощина Н.В., доцент кафедри ТПЕ		

7. Дата видачі завдання: 23.02.2021р.

## Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Формування тематики (напрямку) дослідження	03.09.2020 - 30.09.2020	виконано
2	Аналіз актуальності задач стосовно тематики досліджень	01.10.2020 - 30.10.2020	виконано
3	Аналіз відомих результатів стосовно тематики дослідження	01.11.2021 - 30.11.2020	виконано
4	Формування задач дослідження	01.12.2021 - 31.12.2021	виконано
5	Уточнення теми дипломної роботи	25.02.2021	виконано
6	Збір статистичних попередніх даних	01.03.2021 - 30.03.2021	виконано
7	Розробка програмного продукту для виконання обчислювальних експериментів	01.03.2021 - 30.04.2021	виконано
8	Виконання обчислювальних експериментів, аналіз та оформлення результатів	01.05.2021 - 20.05.2021	виконано
9	Оформлення пояснювальної записки у цілому	21.05.2021 - 31.05.2021	виконано
10	Підготовка презентації для захисту	28.05.2021 - 01.06.2021	виконано

Студент

Ярослава СЕМІКОНЬ

Керівник

Леся БАРАНОВСЬКА

## РЕФЕРАТ

Дипломна робота: 100 ст., 15 табл., 17 рис., 2 дод. та 19 джерел.

### ПОВЕДІНКОВА ЕКОНОМІКА, СТРАТЕГІЧНІ ХОДИ, ЗОБОВ'ЯЗАННЯ, ЗАГРОЗИ І ОБІЦЯННЯ

Тема: Стратегічні ходи: зобов'язання, загрози, обіцянки

В роботі розглянуто проблему досягнення кращого виграшу в іграх та життєвих ситуаціях з використанням різних типів стратегічних ходів.

Об'єкт дослідження: Життєві та повсякденні ситуації у відносинах людей, фактори проблеми прийняття рішень особистостей.

Предмет дослідження: Стратегічні ходи в іграх та ситуаціях, що збільшують виграші в кінцевих результатах.

Мета дослідження: Дослідити існуючі методи стратегічних ходів. Порівняти теоретичне знаходження найкращої стратегії та стратегії реальних людей.

В роботі наведено результати знаходження оптимальної стратегії для обох гравців та використані реальні дані для їх порівняння з теоретичними даними.

Для аналізу використані реальні дані, отримані з особистого джерела опитування друзів та знайомих.

## ABSTRACT

Bachelor thesis: 100p., 15 tabl., 17 fig., 2 appendices, 19 sources.

### BEHAVIORAL ECONOMY, STRATEGIC MOVEMENTS, OBLIGATION, THREATS AND PROMISES

The theme: Strategic moves: commitments, threats, promises

The paper considers the problem of achieving the best winnings in games and real situations using different types of strategic moves.

Object of research: Life and everyday situations in human relations, factors of the problem of decision-making of individuals.

Subject of research: Strategic moves in games and situations that increase winnings in the end results.

The purpose of research is to investigate existing methods of strategic moves. Compare the theoretical finding of the best strategy and the strategy of real people.

The paper presents the results of finding the optimal strategy for both players and it is used real data to compare them with theoretical data.

Real data obtained from a personal source of a survey of friends and acquaintances were used for the analysis.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b>	<b>8</b>
<b>РОЗДІЛ 1 ТЕОРІЯ ІГОР. СТРАТЕГІЧНІ ХОДИ</b>	<b>9</b>
1.1 Теорія ігор та рівновага Неша	11
1.2 Стратегічні ходи	16
1.2.1 Класифікація стратегічних ходів	17
1.2.2 Достовірність ходів	20
1.2.3 Зобов'язання	22
1.2.4 Загрози та обіцяння	28
Висновки до розділу	31
<b>РОЗДІЛ 2 ВИЯВЛЕННЯ ОСНОВНИХ МЕТОДІВ ПОВЕДІНКОВОЇ ЕКОНОМІКИ</b>	<b>33</b>
2.1 Поведінкова економіка	33
2.2 Відомі методи поведінкової економіки	36
2.3 Приклади використання методів поведінкової економіки в повсякденному житті	42
Висновки до розділу	44
<b>РОЗДІЛ 3 ПРОГРАМА ЗНАХОДЖЕННЯ РІВНОВАГИ НЕША ДЛЯ ЗАДАЧІ “СТУДЕНТ-ВЧИТЕЛЬ”</b>	<b>46</b>
3.1 Формулювання вимог до задачі	46
3.2 Вибір програмної середи для реалізації	47
3.3 Вихідні дані та результати роботи програми	48
3.4 Приклади роботи програми	50
3.5 Опис реальних даних	52
Висновки до розділу	55
<b>РОЗДІЛ 4 ФУНКЦІОНАЛЬНО-ВАРТІСНИЙ АНАЛІЗ ПРОГРАМНОГО ПРОДУКТУ</b>	<b>57</b>
4.1 Постановка задачі проектування	58
4.2 Обґрунтування функцій програмного продукту	58
4.3 Обґрунтування системи параметрів ПП	61
4.4 Аналіз експертного оцінювання параметрів	64
4.5 Аналіз рівня якості варіантів реалізації функцій	68
4.6 Економічний аналіз варіантів розробки ПП	70
4.7 Вибір кращого варіанту ПП техніко-економічного рівня	76

	7
Висновки до розділу	78
<b>ВИСНОВКИ</b>	<b>79</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b>	<b>80</b>
<b>ДОДАТОК А СЛАЙДИ ПРЕЗЕНТАЦІЇ</b>	<b>83</b>
<b>ДОДАТОК Б ЛІСТИНГ ПРОГРАМИ</b>	<b>91</b>

## ВСТУП

На сьогодні, у розвиненому двадцять першому столітті, кожна особистість йде та досягає своїх цілей своїм шляхом. Але в тому чи іншому випадку в ці періоди людині в будь-якій ситуації необхідно приймати рішення. Рішення можуть різнитися як від малих типу купити певний пристрій для повсякденного використання та значних наприклад вкластися у розвиток себе або своєї компанії.

Теорія ігор - це математичний метод, який вивчає оптимальні стратегії в іграх. Усі люди зазвичай грають в ігри, настільні, спортивні і звісно життєві такі як стосунки та навіть бізнес. Вибір певної стратегії, що дає можливість отримати найбільшу користь з будь чого, розуміння планів суперника та передбачення його ходів, або використання їх у свою користь - усе це математично підкріплено та більша частина ситуацій пояснюється такою наукою як теорія ігор.

Бізнес - це економічна діяльність власників підприємств з метою отримання прибутку. Ще раніше підприємці притримувались класичної теорії економіки, яка стверджувала, що людина економічна є раціональною, та приймає рішення виключно з користю для себе враховуючи всі фактори або варіанти прийняття рішень. Але виявилось, що люди інколи роблять нестандартні рішення, що не передбачено описаною вченими економічною моделлю людини. Поведінкова економіка - це наука, що використовуючи психологію вивчає рішення людей. Тому на зараз існує багато досліджень, результати яких і допомагають зрозуміти поведінку особистостей.

Тому в цій дипломній роботі буде проаналізовано приклади використання стратегічних ходів в іграх і в життєвих ситуаціях, а також виведені підходів поведінкової економіки.

## РОЗДІЛ 1 ТЕОРІЯ ІГОР. СТРАТЕГІЧНІ ХОДИ

Актуальність теми: людина - це основа всієї діяльності у житті, а також особа, що до сих пір розвиває світ та створює щось нове. Є можливість розуміти кожен її крок, коли вона раціонально мислить, але є періоди коли наявні певні обставини, про які невідомо, що впливають на прийняття рішень.

Зараз, у 2021 році, багато людей у світі вже півтора року мають зовсім інший підхід до життя. З того часу як був спалах Корона вірус - вірус, що мав смертельні наслідки, керівники країн оголосили про жорсткий карантин та його умови:

1. закриття усіх ресторанів та закладів обслуговування, всіх розважальних центрів;
2. дозволена робота продуктових магазинів, але з умовами, що в магазині можуть знаходитись тільки певна кількість осіб (залежно від його розміру);
3. всюди дистанція між людьми повинна бути не менш півтора метра;
4. заборонили громадський транспорт.

Багато хто працював в закладах, які були зачинені позбулися роботи, власники невеликих або не зовсім відомих підприємств з обслуговування втратили величезну частину прибутку, або зіткнулись з більш серйозною ситуацією - банкрутства та зачинення своїх бізнесів.

Підприємства, що мали можливість перенести свою роботу в онлайн режим, звісно змогли уникнути скрутних періодів. Як результат вже рік людство пристосовується та переносить усе в дистанційний режим. Як результат маємо багато інтернет магазинів, швидкі доставки їжі, продуктів, продовольчих товарів. Підприємства що працюють онлайн удосконалюють

роботу в такому режимі - оновлюють техніку, розробляють стратегії щодо робочого процесу і таке інше. Компанії створюють розважальні заходи онлайн: різні корпоративи та ігри.

Більше того, онлайн режим - це означає використання людиною смартфона, комп'ютера, планшета та іншим. Ще років п'ять назад діти, та молодь двадцяти років сиділи в телефонах 35 - 40% свого дня, якщо кажучи про дорослих, то вони були прихильниками живого спілкування та відсоток використання смартфонів серед них був приблизно 30%. На відміну від сьогодення коли діти майже усюди і постійно в телефонах спілкуючись в соціальних мережах, публікуючи різні фотографії, спостерігаючи за знайомими та друзями і звісно роблячи покупки онлайн. Людей віком 35-55 років на зараз також можна побачити сидячи в громадських місцях (метро, парки, торгові розважальні центри, заклади харчування і т. д.) з телефоном в руках.

На початок 2021 року (рис. 1.1) зафіксовано 4,66 мільярда інтернет користувачів, що на 7,3 відсотків більше порівняно з минулим роком. Але користувачів соціальних мереж було виявлено вже 4,2 мільярда, що на 13 відсотків більше з минулого року.

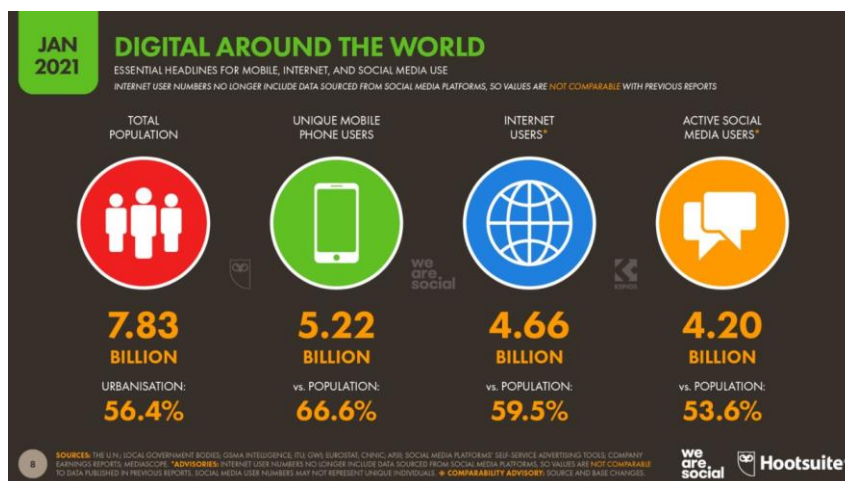


Рисунок 1.1 - Кількість людей, що використовують смартфони, інтернет та соцмережі [9]

Тому на сьогодні ми можемо помітити, що впливати на рішення людей стало набагато простіше, адже все “перейджає” в онлайн режим.

Але як мати контроль клієнтів або переконувати робити те, що потрібно для здобуття прибутку? В якому вигляді надавати інформацію клієнтам, щоб вони захотіли брати продукти або сервіс? Коли потрібно надавати інформацію? Відповіді на ці питання можна відшукати в багатьох науках, що вивчають поведінку людей в різних аспектах. Але в цій бакалаврській роботі було розглянуто дві науки: поведінкова економіка та теорія ігор.

### 1.1 Теорія ігор та рівновага Неша

Велика заслуга в розвитку теорії ігор належить Нобелівському комітету з економіки, який призначив дві Нобелівські премії з теорії ігор: в 1994 році - Джону Харсані, Джону Нешу і Райнхард Зелтену і в 2005 році - Роберту Ауману і Томасу Шеллінгу. Сільвія Назар - американський економіст, письменник та журналіст, відома як автор бестселлеру “Прекрасний розум: життя математичного генія та лауреата Нобелівської премії Джона Неша” (переклад з англ. “A Beautiful Mind: The Life of Mathematical Genius and Nobel Laureate John Nash”) [22]. Найвідоміший фільм, що був знятий по книжці наведеній вище, має багато нагород та дуже добре знайомить глядача з біографією відомого математика, що був обдарований, чужим та хворим.

Рівновага Неша, названа на честь лауреата Нобелівської премії економіста Джона Неша, є рішенням гри, в якій беруть участь два або

більше гравців, які хочуть для себе найкращого результату і повинні враховувати дії інших.

Ще в 50-их роках він написав статтю, яка зовсім змінила економічну теорію. Його важлива, але дуже проста ідея полягає в тому, що кожна гра має поняття балансу або рівноваги. Іншими словами, є такі стратегії для кожного гравця, що жоден гравець не може поліпшити свої результати, самостійно змінюючи свою стратегію. Це означає, що це найкраща стратегія яка має назву рівновага Неша.

“Дилема в’язнів” - дуже відомий приклад, що надається на курсі коли вивчають теорію ігор. І цікава ситуація для розуміння рівноваги Неша.

Одного дня поліція здійснила два арешти, на перший погляд не пов'язаних між собою. Вони арештували людину за ім'ям Клаус піймавши на гарячому на торгівлі наркотиками. В той же день поліція схопила людину з ім'ям Аларік також на гарячому, але на продажі наркотиків. Їх роздільно привезли у відділок. Їм передали, що в їхньому випадку, вони тримають по 2 роки позбавлення волі за торгівлю наркотиків, але кажуть їм це також окремо. Окружному прокурору дали можливість поспілкуватися і з одним і з другим, спочатку здавалось, що це звичайна справа, але згодом з'явилися підозри, що вони скоїли набагато гірший злочин - озброєне пограбування місяць тому. Але в нього немає ніяких доказів, тому він вирішив укласти угоди з кожним з них, мотивуючи їх дати показання один проти одного. Прокурор каже Клаусу “Тобі дадуть 2 роки за ґратами стовідсотково. Але якщо ти зізнаєшся, але інший - ні, що ви скоїли злочин, тобі дадуть 1 рік ув'язнення, а іншому 10 років. До речі, ми сьогодні і Аларіка спіймали. Тобто якщо ти зізнаєшся тобі скоротять твій строк з двох до одного року, а Аларіку доведеться просидіти за ґратами набагато більше особливо якщо він заперечує і відмовляються співпрацювати. Але ця ситуація може працювати і в іншу сторону. Якщо Аларік зізнається, а ти ні, тоді він отримує один рік в'язниці, а ти всі 10 за те, що не хотів співпрацювати з

нами. Але якщо ви обоє кажете правду, що скоїли злочин, то отримаєте всього по три роки за ґратами” [1].

Цей сценарій називається дилемою в’язнів і найоптимальніший варіант для обох з них все заперечувати та отримати по 2 роки ув’язнення. Однак враховуючи, що вони не родичі, не партнери у злочини і вони ніяк не пов’язані, вони скоріш за все не виберуть цей оптимальний варіант. Тому складемо таблицю виграшів (табл. 1.1) Клауса та Аларіка:

Таблиця 1.1 - Таблиця виграшів Клауса та Аларіка

		Аларік	
		Зізнатися	Заперечувати
Клаус	Зізнатися	3,3	1,10
	Заперечувати	10,1	2,2

В таблиці цифри позначені зеленим кольором - роки ув’язнення, чорним кольором роки ув’язнення Клауса. Ця таблиця коротко описує діалог написаний вище прокурора та Клауса. Рівновага Неша визначається наступним чином: Зі сторони Клауса, якщо Аларік вибере стратегію зізнаватись, тоді Клаусу необхідно визначити, чи йому також зізнаватись і отримати 3 роки, або заперечувати і отримувати 10 років. Очевидно він вибере стратегію зізнаватись. Зірочкою позначено краща стратегію Клауса, якщо Аларік буде зізнаватись. Нижче бачимо таблицю 1.2 виграшів наступного етапу знаходження рівноваги Неша.

Таблиця 1.2, аркуш 14 - Таблиця виграшів, краща стратегія Клауса, коли Аларік зізнається

	Аларік		
		Зізнатися	Заперечувати
Клаус	Зізнатися	* 3,3	1,10
	Заперечувати	10,1	2,2

Якщо Аларік буде заперечувати, тоді Клаусу також краще зізнаватись і отримати 1 рік за ґратами, а Аларік цілих 10. Нижче таблиця, в котрій чорною зіркою позначена краща стратегія Клауса, якщо Аларік буде заперечувати. Нижче бачимо таблицю 1.3 виграшів наступного етапу знаходження рівноваги Неша.

Таблиця 1.3 - Таблиця виграшів, краща стратегія Клауса, коли Аларік заперечує

	Аларік		
		Зізнатися	Заперечувати
Клаус	Зізнатися	*3,3	*1,10
	Заперечувати	10,1	2,2

Таким чином Клаусу в будь-якому випадку краще зізнаватись.

Тепер розглянемо зі сторони Аларіка. Якщо Клаус буде зізнаватись, тоді Аларіку необхідно вибрати отримати 3 роки ув'язнення чи 10, очевидно він також вибере 3 роки. Тому нижче в таблиці зеленою зіркою

позначено кращий хід Аларіка, якщо Клаус буде зізнаватись. Нижче бачимо таблицю 1.4 виграшів наступного етапу знаходження рівноваги Неша.

Таблиця 1.4 - Таблиця виграшів, краща стратегія Аларіка, коли Клаус заперечує

		Аларік	
		Зізнатися	Заперечувати
Клаус	Зізнатися	*3,3*	*1,10
	Заперечувати	10,1	2,2

І останній випадок, якщо Клаус буде заперечувати, тоді перед Аларіком стоїть вибір один рік за ґратами чи да, і його оптимальний хід тут вже буде також зізнаватись. Нижче в таблиці аналогічно стоїть зелена зірочка с оптимальним ходом Аларіка в даному випадку. Нижче бачимо таблицю 1.5 виграшів наступного етапу знаходження рівноваги Неша.

Таблиця 1.5 - Таблиця виграшів, краща стратегія Аларіка, коли Клаус зізнається

		Аларік	
		Зізнатися	Заперечувати
Клаус	Зізнатися	*3,3*	*1,10
	Заперечувати	10,1*	2,2

З таблиці видно, що стратегія обидвом зізнаватися - є рівновагою Неша, бо в будь-якому випадку для один одного було обрано найліпші виходи з симульованих ситуацій.

## 1.2 Стратегічні ходи

Всі можливі ігри — це варіанти ходів, послідовність, якщо така є, та результати виграшів в сукупності всіх комбінацій варіантів ходів, що наявні в гравців. В кожній грі є свої правила та свої нюанси та гравець зазвичай щоб отримати найбільше очок має продумувати ходи, розраховувати, що може трапитись якщо він зробить один з доступних йому варіантів, спробувати інший та маніпулювати. Що значить маніпулювати, це коли гравець робить деякі дії можливо не в користь собі, але це тільки спочатку, щоб відвести інших гравців від основної своєї стратегії і мати можливість здійснити задумане та отримати максимальний виграш з можливих. Та основні інструменти маніпуляції - це стратегічні ходи.

Стратегічні ходи можуть і навіть це їх мета створити двоетапну гру, тобто в першому етапі йде стратегічний хід або маніпуляція, що в подальшій грі - другому етапі мати певні наслідки та, або зміну задуманих стратегій у суперника. На першому етапі ми можемо робити досить різні дії, але якщо виокремити або згрупувати їх отримаємо три категорії: обіцяння, зобов'язання та загрози. Мета усіх трьох — змінити гру у свою користь та в фіналі мати кращий результат. Яку з трьох обрати — залежить від мети звісно, наприклад зробити так, щоб другий гравець втратив ігрові бали, чи на декілька ходів не міг нічого зробити, але залежить від гри. Що найголовніше в маніпуляції так це переконати суперника в тому, що ви

маєте намір виконати хід оскільки оголосив спочатку. Інакше кажучи вірогідність стратегічного ходу може бути як реальною так і уявною. Для того, щоб інший гравець повірив у вашу маніпуляцію потрібно виконати декілька додаткових дій на першому етапі гри.

Щоб зробити максимально простіше пояснення перейдемо на всім відомі приклади з дитинства. Наприклад, батьки часто використовують обіцяння та загрози для контролю дітей: «ти не отримаєш солодке поки не з'їси суп», «якщо ти закінчиш навчальний рік без оцінок вісім, ми купимо тобі нову комп'ютерну гру» і т. д. Безумовно, багато дітей не купляються на ці обіцянки та загрози, тому що розуміють, що вони не правдивий та можуть просто пообіцяти не робити більше так (що теж не цілком чесно кажучи це), таким чином уникнути покарання за погану поведінку. Більше того обіцянки можуть люди самі собі у ситуації коли наприклад дуже сильно переїв поганої їжі і на момент коли людині дуже погано, вона обіцяє собі, що ніколи не буде таке їсти, що насправді в 95 відсотках через час просто забувається. Всі ці хитрості або інакше кажучи інструменти: обіцяння, зобов'язання та загрози, є стратегічним ходом, мета якого змінити план дії іншого гравця, або навіть самого себе в подальшій грі, на другому етапі. На жаль, якщо вони будуть не вірогідні, навряд чи буде досягнуто поставленої мети.

Однак, щоб дати супернику безсумнівну маніпуляцію, тобто щоб він купився на стратегічний хід у першому етапі, треба буде дуже постаратись, бо зробити так це як балансувати на тонкій мотузці.

### 1.2.1 Класифікація стратегічних ходів

По-перше, для використання стратегічних ходів треба розуміти чи залежить гра від порядку виконання ходів, а це у свою чергу має мати (в собі) дві складові: хід повинен бути під спостереженням іншим гравцем та він повинен бути незворотнім.

Наведемо приклад стратегічної взаємодії між двома гравцями X та Y та гравець X ходить першим. Якщо дія гравця не спостерігається іншим, то послідовність ходів ніяк не буде впливати на ходи. Тобто, ситуація наступна: є два гравці, що приймають участь в аукціоні, перший гравець ставить онлайн свою ціну на річ у дванадцять годин, а інший гравець також онлайн ставить свою ціну о восьмій годині вечора та результати будуть оголошені на наступний день. Та що саме цікаве, що другий гравець не бачить який хід робить перший, тому якщо підійти зі стратегічної точки зору, у прикладі описаного вище ходи здійснилися послідовно, але через те, що вони були не під спостереженням один іншого, це виявляється було б теж саме б, якщо ходи були зроблені одночасно.

Якщо говорити про незворотність ходу, то це також цікаво. Та ж сама ситуація з аукціоном, перший гравець зробить певну дію, що провокує суперника на відповідну, а потім змінює свій хід вже на користь собі. Другий гравець в свою чергу повинен помітити цю провокацію та протидіяти їй, відповідно до цього станеться так що перший гравець в стратегічному аналізі не зробить хід на першому етапі. Тому фактори як спостереження та незворотність грають велику роль у використанні стратегічних ходів та обов'язково на їх достовірність.

Всього є два типи стратегічних ходів, це безумовні та умовні стратегічні ходи. Почнемо з безумовних стратегічних ходів на прикладі, якщо гравець X на першому етапі робить заяву про те, що він буде робити дію A в цій грі. Таким чином які б не були дії інших гравців, хід гравця X буде не змінним, тобто можна сказати, (якщо заява достовірна) що він виконав хід першим. Такий стратегічний хід називається зобов'язанням.

Якщо гра побудована так, що гравець  $X$  ходить першим, тоді це зобов'язання не має значення. Але, якщо в грі ходи виконуються одночасно, тоді заява першого гравця (за умови її правдивості) може змінити результати гри. Коротше кажучи, зобов'язання - це перевага у використанні першого ходу, якщо воно наявне.

В грі «сад біля дому» [1], в якій потрібно щоб гроші були зібрані мінімум з двох або більше людей на висадження клумби біля дому. В грі є три Дівчини Олена, Керолайн та Боні і роблять ходи послідовно і відповідно. Методом зворотних міркувань показує нам, що Олена б краще зробила так, щоб вона не вкладала свої гроші і це зробили Керолайн та Боні. Однак Боні не може зробити свій хід поки не буде зрозуміло що інші дівчата мають наміри зробити, але якщо використати стратегічний хід на першому етапі, що вона, Боні, нещодавно вклала всі свої гроші в ремонт своєї квартири, тому на біля будинковий сад в неї не вийде здати гроші. В такому випадку Боні візьме на себе зобов'язання не вкладати гроші незалежно від того, що зроблять Олена та Керолайн. Тобто Боні змінює гру ще на першому етапі так що перший хід залишається за Бонею.

Умовні стратегічні ходи. З назви виду стратегічного ходу вже зрозуміло, що буде йти річ про ходи за умовами. Наприклад гравець  $X$  на першому етапі говорить, що «якщо ти походиш  $A1$ , то я виконаю дію  $A2$ , якщо ти походиш  $B1$ , я виконаю дію  $B2$ ...» Тобто залежно від ходу гравця  $Y$  (другий гравець в грі) буде залежати й хід гравця  $X$ . Такий тип ходів називається правилом відповіді. Така стратегія на першому етапі гри говорить за те, що який би хід не зробив гравець  $X$ , хід гравця  $Y$  буде вже відомий. Більше того, щоб таке оголошення першого гравця було не порожніми словами, йому необхідно зробити перший хід, у тому сенсі, про яке йде річ вище, правдивим, відповідно до оголошення на першому етапі. На разі вже зрозуміло що таке зобов'язання та де його можна використовувати, але є ще два види стратегічних ходів - це загроза та

обіцяння. Коли гравець каже «Якщо ваша дія в залежності від обставин не задовольняє мої очікування, я відповім так що вам це заподіє шкоди» - це загроза. «Якщо ваша дія в залежності від обставин задовольнить мої очікування, я відповім так, що вам це принесе тільки користь» - це оголошення вважається обіцянням. Шкода або користь визначається відповідно до правил та виграшів в грі.

### 1.2.2 Достовірність ходів

Використання стратегічних ходів на першому етапі має більший вплив та результат, якщо вони правдиві, тобто суперник не буде мати сумніви в тому, що перший гравець зробить так, як оголосив. Тобто достовірність ходів на першому етапі є дуже важливою частиною в досягненні поставленої мети. Гравець X отримує більше очок, якщо його суперник робить дії, що відповідають його сподіванням. На жаль, відповідні дії першого гравця можуть вплинути й на нього самого. Якщо взяти до уваги відмову від запропонованих умов та дій оголошених на першому етапі гравець номер два, тоді виграші гравця X можуть змінитися в гіршу сторону. Візьмемо ситуацію з дитиною та його батьками, коли малеча не хоче їсти першу страву, батьки використовують загрозу-обіцяння, що «якщо не з'їси перше, солодке не отримаєш». На перший погляд звучить як просто загроза, але щоб зробити цей хід достовірним, батьки у разі виконання всіх бажань повинні дати дитині солодке, тобто загроза переходить в обіцяння «якщо ти з'їси першу страву, ти отримаєш солодке». Таким чином, загроза «якщо не з'їси перше, солодке не отримаєш» має автоматичне продовження, або скоріш більше м'який стратегічний хід у

вигляді обіцяння - «якщо ти з'їси першу страву, ти отримаєш солодке». Однак якщо дитя не з'їсть першу страву, батькам буде тяжко дивитись на засмучене дитятко, що завдає шкоду при відмові від загрози-обіцяння батьків. Безумовно, також якщо батьки пообіцяли своїм школярам, що вони куплять якусь дорогу річ, та діти виконають їх бажання, це також може завдати шкоди батькам тому, що їм потрібно буде витратити гроші, але бачити своїх дітей щасливими звісно може посилити щастя від успіхів своїх школярів в навчанні.

Також важливий фактор, що впливає з ефективності стратегічних ходів: якщо при виконанні гравцем  $Y$  побажання гравця  $X$ , що на першому етапі оголосив загрозу, його виграш буде рости, тоді гравцю  $Y$  на має сенсу виконувати його побажання, оскільки для першого гравця цей хід є найвигідніший з усіх і він його може використати в будь-якому випадку. Тобто це означає, що загроза не виконує ту маніпуляцію, бо виявляється не ефективною. Знову ж таки на прикладі з дитиною та дорослою людиною, якщо людина отримує задоволення від того, що дитина засмучується та плаче, і дитина це розуміє, як результат вона може подумати «навіщо їсти першу страву, якщо я все одно не отримаю десерт?». Отже, загроза в тому чи іншому випадку, повинна завдавати шкоди обом гравцям, інакше вона не буде ефективною та маніпуляція буде розкрита, що може призвести ще більшої шкоди гравцю, що оголосив загрозу.

Смію запевнити, що зі стратегічних ходів у вигляді обіцяння необхідно, щоб воно було ефективне та правдиве. Якщо батьки такі, що обожають балувати своїх дітей, та використовувати обіцяння з винагородою у вигляді нового девайсу, або іншого предмету просто так не пройде. Коли дитина розуміє, що батьки їй купують все що вона захоче, тоді такими обіцянками у дитини не з'явиться мотивація щось зробити, батьки не можуть переконати її зробити так як вони хочуть. Як результат за цих міркувань можна виокремити правило, якого слід дотримуватись - для дуже

ефективного обіцяння необхідно робити винагороду досить дорогою та значною, щоб інший гравець не мав думок про отримання її за просто так.

Теж стосується й зобов'язань (безумовних ходів) - третього типу стратегічного ходу, щоб взяти максимальної вигоди з такої маніпуляції, потрібно оголосити зобов'язання без можливих поступок. Якщо два гравці мають переговори на продажу-купівлю автомобілю, то знаючи покупцю, що у продавця є можливість скинути ціну на автівку, може планувати для своєї користі торгуватись, але мета продавця звісно ж цього не допустить, тому і використовую зобов'язання в жорсткій формі, в сенсі не відступної позиції по ціні авто.

Але звісно, не можливо не приділити увагу спокуси не виконання обіцяння, зобов'язання або загрози. Звідси й високий рівень проблеми переконання в достовірності стратегічного ходу. Тому логічно було б виконати певні дії для забезпечення правдивості, щоб суперник розумів, що ні за яких умов ви не відступите від сказаного. І як результат відмова від свободи дій на другому етапі гри може бути стратегічно вигідним рішенням. Відомо про два основних шляхи забезпечення достовірності стратегічного ходу:

1) відмовитись від можливих дій при наступних ходах, щоб навіть бажання використати їх не було;

2) зменшити свої виграші від таких ходів, щоб оголошена дія дійсно був найкращим варіантом.

### 1.2.3 Зобов'язання

Розглянемо гру двох автомобілістів, які мають їхати один на одного та в них є такі варіанти ходів: їхати прямо, повернути вліво, повернути вправо. Якщо б гра була з послідовним виконанням дій, то гра б була не цікава і було б очевидно, що той хто перший отримує більше очок. Адже коли перший гравець обирає наприклад «їхати прямо», тоді другому гравцю нічого не залишається як обрати варіант повернути наліво чи направо і навпаки. Але якщо ходи зробити обов'язково одночасними, тоді в такому випадку можна вже використовувати маніпуляції або наші стратегічні ходи. Швидкість прийняття рішень в цій грі займає не останнє місце для впливу на виграші. Якщо перший гравець встигне зробити стратегічний хід, тобто створити двоетапну гру, таким чином він може отримати перевагу таку, якби він ходив перший.

Розглянемо цю гру більш детально та рисунок 1.2 нижче ілюструє гру в дереві рішень [1]. У нас є гравець Деймон та Стефан. Нехай зобов'язання може узяти Деймон, тоді на першому кроці йому потрібно обрати чи буде він використовувати зобов'язання. Якщо так, тоді він звісно ж вибере стратегію з найбільшим виграшом та це «їхати прямо». Це означає, що він відмовляється, що залишає Стефану виконати дію «повернути», адже якщо обрати інший варіант, обидва гравця отримають мінімальний виграш. Коли на першому етапі Деймон зробить вибір не в користь використання зобов'язання, в результаті отримаємо таблицю гри з двома варіантами здобуття рівноваги Неша, в яких для обох кращий результат це коли гравець їде прямо, а його суперник повертає.

		Стефан	
		Повернути	Їхати прямо
Деймон	Повернути	0, 0	-1, 1
	Їхати прямо	1, -1	-2, -2

		Стефан	
		Повернути	Їхати прямо
Деймон	Їхати прямо	1, -1	-2, -2

Рисунок 1.2 - Таблиці вигравшів за умов, що Деймон бере та не бере зобов'язання [1]

Для того, щоб Деймон мав максимальну користь з зобов'язання йому потрібно зробити його достовірним. Правдивість досягається двома правилами: незворотністю та спостереженням. Таким чином Деймону потрібно виконати певні дії на першому етапі, щоб переконати суперника в тому, що в нього буде лише один вихід - і це «їхати прямо». Наприклад прив'язати руки до люку машини так, щоб інший гравець міг це бачити, що фізично він не зможе повернути руль, також можна зняти і викинути руль з машини, що також дозволить Стефану зрозуміти, що Деймон буде їхати тільки прямо. Цими діями Деймон позбавляється свободи вибору на другому етапі гри. Але що найголовніше в цих діях, то це спостереження іншим гравцем, адже якщо Стефан виконає зав'яже собі очі, щоб не бачити, що які стратегічні ходи може зробити Деймон, аварія буде неминуча.

Якщо використовувати іншу більш реальну стратегію, тоді можна було б скористатися методом зменшення вигравшів в наступних іграх. Уявимо, що такі ігри влаштовують раз на тиждень і постійний гравець Деймон заслужив собі репутацію гравця, що завжди обирає «їхати прямо», тоді для нього таблиця вигравшів буде трохи змінена. Деймон отримає набагато менше очок коли він вибере «повернути», ніж тоді, коли в нього

репутації не було. Адже, дією повернути від нашкодить своїй репутації, і ніхто вже не вірити в його безкомпромісність і повернеться таблиця виграшів до попереднього стану. Далі наведено рисунок 1.3 на якому є таблиці виграшів за умов. що Деймон змінює свої виграші маючи репутацію.

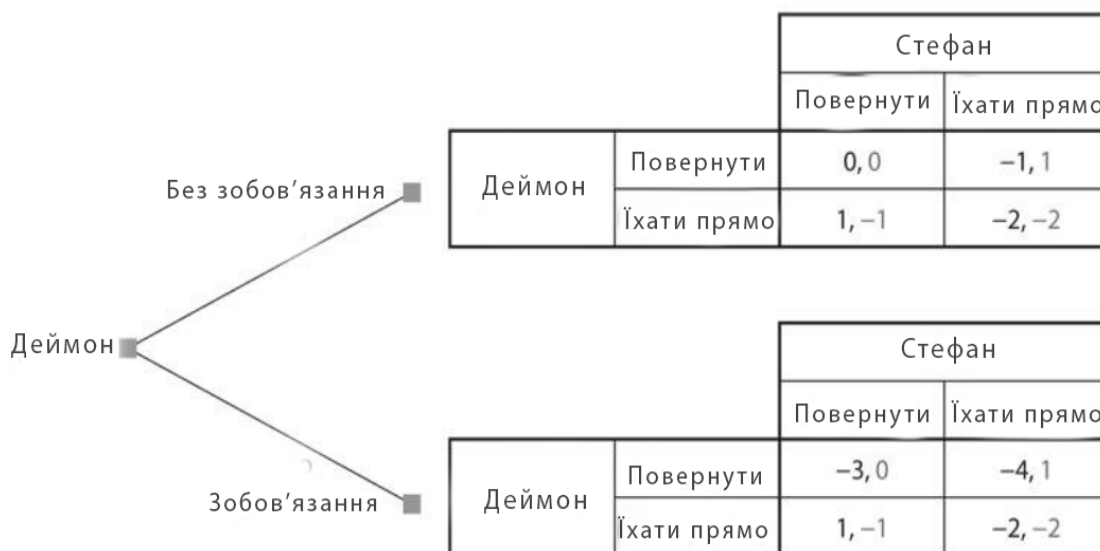


Рисунок 1.3 - Таблиці виграшів за умов, що Деймон змінює свої виграші маючи репутацію [1]

Більше того, Деймону необхідно буде брати зобов'язання, маючи таку репутацію, бо з нею він хоча б може розраховувати на максимальний виграш 1. Стефану зі свого боку розуміючи його репутацію і як сильно він її цінує, не залишиться інших варіантів ходів, ніж як повернути. Якщо ж постійний гравець цього не зробить, то гра для нього може обернутися проти нього самого.

Але що якщо зобов'язання хоче взяти і суперник? Цей випадок можливий та навіть реальний. У грі є можливість у всіх гравців використовувати стратегічні ходи у вигляді зобов'язань, але яке буде значення цих маніпуляцій, якщо наприклад у грі описаний вище обидва гравця виконують такі дії що обидва залишаються без можливості обирати

що робити на другому етапі. Швидкість оголошення своїх ходів на першому етапі і визначить, в чю користь буде налаштована гра. Безумовно хтось може використати зобов'язання першим, але в іншого гравця є можливість зірвати його плани позбавивши його забезпечення достовірності ходу, наприклад зав'язавши очі.

Наступна гра або скоріш реальна ситуація, але дозволяє досягнення мети способом використання стратегічних ходів. У школі вчитель може використовувати два варіанти поведінки с школярами: бути вимогливим та навпаки лояльним. Зі сторони учнів, є також дві великі категорії: ті, хто виконують домашні завдання вчасно, та ті, хто постійно запізнюються. Звісно, вчителям приємніше дотримуватись лояльності, а учням байдики бити і робити все в останні хвилини. Тому можемо скласти таблицю виграшів, що наведена на рисунку 1.4 для вчителів та учнів:

		Студент	
		Вчасно	Не вчасно
Вчитель	Лояльність	4, 3	2, 4
	Вимогливий	3, 2	1, 1

Рисунок 1.4 - Таблиця виграшів Вчителя та студента [1]

Тобто бачимо, що стратегій Лояльність та Запізнення більше дотримуватись будуть учні, Очевидно, що діти краще погуляють якомога більше і здадуть роботи невчасно без наслідків, тому виграші будуть 2,4 з відповідністю вчитель, учні. Стратегія лояльність та вчасно буде домінуючою для вчителя. Зрозуміло, кожна людина б не хотіла виглядати в очах інших людей, як монстр, що дуже багато вимагає від когось, а з іншого боку учні які з не вимогливим вчителем виконують домашнє завдання вчасно отримують задоволення або самоповага буде сильною від того, що

зробив роботу сам, а не тому, що будуть якісь покарання у вигляді поганих оцінок. Як висновок, виграші які будуть 4,3 згідно минулої відповідності. Однак краще все ж таки отримати гарні результати від своїх учнів, змотивувавши їх жорсткістю, щоб школярі виконали завдання вчасно переважає для вчителя стратегію жорсткість і запізнення, що складають виграші як 3,2 та 1,1 відповідно. З останньої стратегії ніхто не отримує хороші результати, адже вчитель отримує роботу не вчасно, а учень отримує свої наслідки типу додаткове завдання, чи незадовільну оцінку і таке інше, залежить від рішення вчителя.

Якщо кажучи про стратегічні ходи, що може використати вчитель - це зобов'язання дотримання лояльного методу, якщо школярі здадуть роботи вчасно. Логічно, що вчитель не може отримати максимальний виграш в 4 очки, бо будучи лояльним вчителем, учні стовідсотково, основна частина їх, не здасть свої завдання вчасно. Тому з зобов'язанням бути вимогливим, учні вирішили виконувати усе вчасно. але якщо не будуть вестись на зобов'язання вчителя і запізняться з виконанням робіт, у вчителя можуть з'явитися сумніви та спокуса пробачити запізнення. Звідси й розуміння проблематичності стратегічних ходів.

Для того, щоб вчитель мав достовірне зобов'язання, він повинен охоплювати все, що повинен представляти перший крок. По-перше, це потрібно зробити, перш ніж інші гравці, в нашому випадку, студенти вступають у дію. Викладач повинен встановити основні правила контролю строків перед тим, як студенти візьмуть завдання. По-друге, участь повинна спостерігатися - студенти повинні знати правила, яких слід дотримуватися. Останній момент, і, мабуть, найважливіший момент: він повинен має бути незворотним. Студенти повинні усвідомлювати, що в жодному разі вчитель не змінить свою думку і не стане лояльним. Вчителі, які не визначили усі рамки та правила виконання робіт, дають шанс учням шукати якісь лазівки,

а також вигадувати виправдання, вибачаючись за таку ситуацію і кажучи, що "ця ситуація більше ніколи не повториться".

#### 1.2.4 Загрози та обіцяння

Інші стратегічні ходи - загрози та обіцяння. Такі ходи як правило є правилом відповіді: ваша майбутня дія буде залежати від дії іншого гравця, але ви маєте в будь-якому випадку виконати згідно з вашим правилом. Важливим елементом цього процесу є позбавлення себе можливих дій в майбутньому, які б ви використали, якщо б мали свободу дій. Тому вихідне твердження про призначення повинно бути достовірним. Тобто мета таких стратегічних ходів - це зміна очікувань та дій суперника. Для повного розуміння: загроза - це правило відповіді, яке може завдати шкоди іншим гравцям, якщо вони не виконують хід відповідно до ваших бажань. Обіцяння - це також правило відповіді, яке забезпечить винагороду суперникам, якщо їх дії будуть такими ж як і ваші очікування. Кожен з них має або утримувати іншого гравця від певних ходів, або примушувати до дій, що йдуть вам на користь.

Для ілюстрації розглянемо приклад загрози-обіцяння війни двох брендів речей у ціноутворенні: Nike та Adidas [8]. Ці дві компанії вже давно конкурують між собою, їх продукція - це спортивні речі та взуття. Обидві провідні компанії зацікавлені у створенні однакової ціни на продукт, наприклад візьмемо бігові кросівки, ціна яких буде 100 доларів, прибуток з них складатиме 80 тисяч доларів. Якщо якась одна компанія знизить ціну, прибуток в неї буде набагато більше, ніж у конкурента. Звідси випливає, що для кожної компанії є спокуса знизити ціну так, щоб клієнти не покупали

кросівки у конкурента. І якщо вони обидві це зроблять, як рівновага Неша, тоді як результат продукт буде продаватися за нижчою ціною - 60 доларів, і звісно прибутку буде менше - 48 тисяч доларів. Це і є їх дилема в'язнів, тому обидві компанії залишаються грубо кажучи ні з чим, якщо не витримують і захочуть схитрити знизивши ціни в очікуванні заробити більше прибутку. Надалі наведено рисунок 1.6 таблиці виграшів двох компаній.

Таблиця 1.6 - Таблиця виграшів компаній Adidas і Nike

	Adidas		
Nike		однакові ціни	зменшити
	однакові ціни	2,2	1,3
	зменшити	3,1	1,1

Просте зобов'язання однієї з компаній не знижувати ціну недостатньо: інша просто використовує це з користю для себе та на шкоду першої компанії. Якщо компанія Adidas використовує загрозу у вигляді “Ми знизимо ціну, якщо це зробите ви” або ж обіцяння у вигляді “Ми залишимо ціну, на якій зупинились разом, тобто 100 доларів за одну пару кросівок, якщо так робите ви”. Проте в реальності встановлення цін робиться одночасно, в тому сенсі, що ці одна компанія не бачить і не знає яку ціну вони затверджують. Вихід з такої ситуації - це встановити ціну яку було оговорено, але із зноскою, що пояснює умови зміни ціни: “Продукт може бути купленим за ціною нижче встановленою, якщо нижча ціна наявна у конкурентів”. Тому коли вже буде відома ціна на продукт іншої компанії і вони виявляться меншою, тому що конкуренти не змогли втриматись від спокуси отримати вищий прибуток, тоді обидві компанії не отримають бажаного прибутку.

Загроза та обіцяння, кожен з цих відповідей може або утримати інших гравців від дій, які вони стали б робити (стримування), або схилити їх до дій, які вони не зробили б в іншому випадку (примушення). Тобто загрози, обіцяння і зобов'язання спершу одне й те саме, але варто враховувати вище описані типи загроз: примушення та стримування. Якщо гаманцевий грабіжник загрожує ножом, якщо його вимоги не будуть виконані, то це примушуюча загроза. Коли під час холодної війни Сполучені Штати Америки погрожували застосувати ядерну зброю у разі, якщо Радянський Союз нападе на будь-яку з країн НАТО, це була стримуюча загроза. У всіх випадках загроз можна виокремити одну загальне правило: обидві сторони понесуть збитків, якщо загрози потрібно буде втілити в реальність. Грабіжник, у разі якщо поліція його схопить, понесе не тільки за крадіжку, але й за покалічення людини, або гірше - вбивство. США понесуть багато втрат, в той час як краще б було спробувати налагодити контакт з країнами Європи.

Обіцяння теж має таку властивість аналогічно загрозі. Примусове обіцяння направлено на те, щоб домогтися від когось сприятливих для вас дій. Як приклад візьмемо суддівську справу, прокурор, якому потрібен був свідок, щоб зміцнити свої позиції на суді, пообіцяв дати одному з звинувачуваних більш легке покарання, якщо він погодиться дати показання проти інших обвинувачених у тій же справі. Тобто примусове обіцяння допомагає перешкодити комусь вчинити дії, що суперечать вашим бажанням. Однак як і з загрозами такі типи обіцянь мають наслідки, коли інший гравець пішов на уступки гравцю, що пообіцяв винагороду, може так же легко відмовитись надавати винагороду. Як в суді, коли партер по злочину пообіцяв нагородити, якщо інший буде мовчати і не розкривати всі карти. І потім, якщо суд визнав невинним їх, партнер, який дав обіцянку, може не дотримуватись слова і вбити його, на випадок якихось

фальсифікацій або знову відкриття справи за знайденими доказами, але вже без свідка.

### Постановка задачі

В даній роботі необхідно виконати такий план дій:

- Розглянути можливі стратегічні ходи
- Розглянути умови використання стратегічних ходів
- Розглянути методи поведінкової економіки, її приклади
- Зібрати та підготувати дані для подальшого аналізу
- Написати програмний продукт для знаходження рівноваги Неша
- Застосування стратегічних ходів та методів поведінкової економіки для досягнення більшого виграшу

### Висновки до розділу

У підсумок можна стверджувати, що теорія ігор грає дуже велику роль у житті кожної людини і хто розуміє основні принципи та вміє використовувати її має можливість тримати контроль майже в усіх ситуаціях в повсякденні. В цьому розділі розглядаються приклади стратегічних ходів в іграх, а саме “Дилема в’язнів”; в ситуації з садом біля будинку, на який потрібно зібрати гроші з жителів цього дому; в грі, головне правило яке - це їхати один одному на зустріч.

Також зобов’язання, обіцяння та загрозу можна зустріти в життєвих ситуаціях ще з дитинства, коли батьки використовують основний принцип

маніпуляції або, в теорії ігор це стратегічний хід. Кожна ситуація має свої додаткові дії, що сприяють покращенню кінцевих результатів. При коректному використанні їх у гравців є можливість відійти від стратегії, що розраховується за допомогою знаходження рівноваги Неша, та отримати максимальні виграші. Основні правила - це стратегічний хід повинен бути під спостереженням та має бути достовірним. Без цих правил гравці, на жаль, можуть зробити собі тільки гірше.

Тому тільки доцільне розуміння аспектів стратегічних ходів представлених в цьому розділі дають найбільшу вигоду у будь-якої ситуації.

## РОЗДІЛ 2 ВИЯВЛЕННЯ ОСНОВНИХ МЕТОДІВ ПОВЕДІНКОВОЇ ЕКОНОМІКИ

### 2.1 Поведінкова економіка

Традиційна економічна наука побудована на ідеях про таких особистостей: думки про те, як вони роблять свій вибір, служать основою для основної економічної теорії та формальні економічні моделі. Економісти роблять вибір, оптимізуючи: вони вибирають найкращий можливий вибір дій на основі наявної інформації, їх переваги і їх розрахунки витрат і користі. Вони раціональні, діють у власних інтересах і є прекрасними “калькуляторами”, в сенсі все чітко та правильно рахують. Таким чином, соціальна поведінка (в найзагальнішому сенсі) - це те, що ми бачимо, сприймаємо і вивчаємо в суспільстві, - це скупчення поведінки цих людей, що ховаються під масками.

Тривалий час традиційне економічне мислення вважалося нормою, воно представляло найкращі приклади поведінки людей. Але з часом воно застаріло - виникло багато незрозумілих аномалій, але швидко вони були “списані” з досліджень. Коли ранні представники поведінкової економіки почали виявляти ці явища, традиційні економісти не сприймали цих ідей серйозно.

Коли були представлені більш сильні докази, що вони відмовлялися сприймати серйозно такі випадки, пояснюючи це стандартними виправданнями. Незважаючи на те, що нові результати моделювали поведінку людини більше точно, традиційні вчені відмовлялися включати ці знання в набір інструментів економічної теорії. Зі сторони людини економічної це ірраціонально. Чому б нам не хотіти краще зрозуміти індивідуальну поведінку, якщо головна мета - зробити це?

Головна мета поведінкової економіки полягає не в тому, щоб повністю змінити розуміння сучасної економіки, ані руйнувати традиційний економічний спосіб мислення. Її основною метою є наблизити економічну теорію до реального світу, висвітлити ідею, що нам слід використовувати гіпотетичні моделі, які більше схожі на реальних людей, ніж на людей економічних.

### Основоположники. Перша Нобелівська Премія

Адам Сміт та Давід Рікардо були найяскравішими шотландським та англійськими вченим відповідно та найбільше запам'ятались усім як представниками класичної політекономічної економіки. Вони мають багато написаних та цікавих трудів по філософії та економіці. А. Сміт зміг з'єднати майже всі аспекти економічних досліджень в одній книжці, що стала найпопулярніша у світі [4]. Основа всіх економічних явищ, які розглядав шотландський вчений була трудова теорія вартості. В цій праці можливо знайти навіть дві концепції вартості. Він вважає, що складова всієї вартості продукту/товару це різновид усіх типів продуктивної праці. Але в праці Сміта наявні твердження, що описують проблему вартості, вже потім вона отримала назву «теорії трьох факторів».

Тобто, коли Сміт працював над своїм дослідженням він вивів два твердження вартості. Перше можна використовувати на перших ступенях розвитку виробництва, що полягає в визначенні ціни товару відповідно до величини або кількості зробленої роботи. Вартість — це монетизована або матеріалізована робота, що вираховується як середній необхідний для цього рівня розвитку продуктивних сил.

Друге твердження вже більш наближене до реальних практик, ще одна назва її - «трьох факторна» концепція, що говорить про декілька складових вартості: це робоча сила, земельна рента та прибуток.

«Наприклад, — каже Сміт, - в ціні хліба одна частина йде на оплату ренти землевласника, друга — на заробітну плату та третя це прибуток фермера». Вона вже використовується в умовах капіталістичного виробництва, бо капітал, земля та прибуток власне і створює вартість/ціну товару [4].

Тому зазвичай весь продукт не завжди може належати людині, що його зробила. Він, як правило, повинен частину віддавати й власнику капіталу, що його взяв на роботу. Тому кількість роботи витраченої на продукт не може бути єдиною складовою для визначення вартості.

Класики політичної економіки використовують певні системи загальних передумов. Головна з них була концепція людини економічної та економічної свободи. Особистість була проаналізована з точки зору економічної діяльності, де єдиний стимул в неї був розбагатіти та мати прибуток.

В неокласичній економіці майже завжди не приділяли багато уваги іншим аспектам в моделі прийняття рішення, крім раціональності та основної мети отримати якомога більшу вигоду. Психологія, що не менш важлива в цій науці раніше вважали недоречною, що всі впливові, випадкові фактори ніщо перед економічними стимулами. Люди, що вивчають цю науку, досліджують емоційні прийняття рішень, враховуючи випадковостями, що на відміну від класичної економіки — науці про раціональність. Але Річард Талер, на зараз американський економіст, отримавши Нобелівську премію з економіки у 2017 році «за внесок у поведінкову економіку», ще тоді брав до уваги психологію до моделі прийняття рішень та зробив поведінкову економіку своєю професією [11]. На справді, частина робіт з'явилася ще декілька раніше, але тільки в кінці двадцятого століття вчені прийшли до висновку, що щоб подивитись на реальні ситуації з людьми з економічної точки зору, їм потрібно було спробувати використати класичної психологію з класичною економічною теорією.

Першим, насправді, поведінковим економістом серед лауреатів з економіки в 1978 став Герберт Саймон за дослідження прийняття рішень в бізнес організаціях [10]. Моріс Але, Верон Сміт, Роберт Шиллер, Жан Тіроль, Джордж Акерлоф та інші — це ще декілька людей, що отримали Нобелівську премію після самого Талера в сімнадцятому році та внесли не великий вклад в цю частину науки [10].

## 2.2 Відомі методи поведінкової економіки

### Відраза від втрати та ефект володіння

Наведемо дуже гарний приклад з чашкою. Дослідження було проведено Талером у 1990 році [6]. Невелика кількість студентів університету США, у розмірі приблизно 100 людей були поділені на 2 частини. Одній половині роздали чашки вартістю в 4 доларів з офіційною емблемою університету, а другій нічого. Власникам чашок оголосили, що на тепер це буде їх сувеніром з університету, тобто тільки їх. Потім проводилися якісь чи то опитування чи просто студенти спілкувались. На кінець експерименту, маючи всіх студентів разом запитав у всіх скільки на їх думку коштує ця чашка. З боку людини економічної ціна на них повинна була бути майже однаковою, але результати були зовсім інші. Парадокс був в тому, що частина студентів, що не мала цих сувенірів оголосили середню ціну в 5 доларів, тоді як інша частина в середньому мала ціну в 12 доларів показано на рисунку 2.2.



Рисунок 2.2 - Вартість чашок враховуючи ефект володіння [6]

Чому саме так? Страх втратити те, що вже маєш, став причиною виникнення величезних протиріч в оцінці вартості університетських чашок, отриманих першою половиною студентів абсолютно безкоштовно.

Аргумент Галера в цьому випадку ґрунтується на теорії перспектив та її уявленні про те, що люди не схильні до втрат. Відмовитись від чогось (продати чашку за 12 доларів) можна трактувати як втрати, а оскільки втрати відчуються удвічі більше, ніж набуття. Ми, усі в таких ситуаціях цінуємо свої речі більше, коли відмовляємось від них, порівняно з тим, коли ми їх набуваємо. Нижче наведено рисунок 2.1, на якому зображено графік того як людина сприймає втрату та набуття чого-небудь.

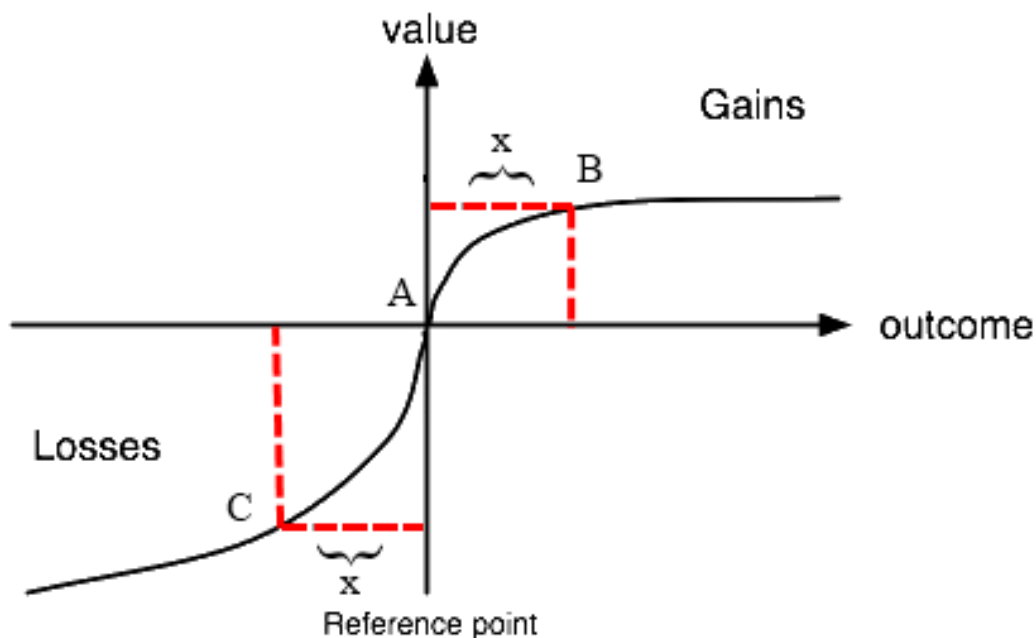


Рисунок 2.1 - Графік на скільки більше впливає на людину втрата, ніж набуття будь-чого [7]

Графік [7] добре візуалізує як людина сильно переносить втрату та набуття одної й тої самої речі. Площа під графіком в третій чверті набагато більше, ніж в другій, незважаючи на те, що величина для втрат та набуття однакова, однак вплив дуже різниться.

### Неминучі витрати

Розглянемо просту ситуацію що людина купила два квитки на бейсбольний матч [16]. Зі сторони людини економічної, покупка - чи такий факт як витрата грошей - не повинна впливати на те, чи підете ви на матч. Однак, в цій ситуації людина буде діяти інакше. Якщо ми отримуємо квитки від знайомого або не важливо від кого, але безкоштовно, і з якихось причин не має можливості відвідати матч, ми залишимося вдома без докорів сумління, але якщо білети були куплені вами, ми майже завжди знайдемо бажання поїхати, якщо воно десь і загубилось, - інакше отримаємо "Нічого

за наші гроші”, тобто для нас це буде втрата своїх же грошей. І найголовніше, що люди насправді намагаються робити це уникати втрат.

### Розумовий розрахунок

Раціональна модель людини стверджує, що вона має чіткі та стабільні бажання; вона купує саме те, що їй насправді потрібно. З кожної покупки вони отримують користь від придбання еквівалентно до їх оцінки вартості речі. Проте для реальних людей крім оптимальних покупок існують також "вигідні пропозиції", які можуть створити користь для придбання та користь від купівлі. Це стосується різниці між ціною, за яку купуємо продукт, і ціною, яку зазвичай очікують заплатити.

У світі людини економічної також нерационально створювати ментальні гаманці («грошовий розподіл на різні сфери») з різних категорій (їжа, розваги тощо), адже люди просто купують те, що їм потрібно. Що знову ж таки не є реальністю для звичайних людей. “Категоріювання” - життєздатна стратегія для організації та оцінки економічної активності та подолання когнітивних обмежень. Розумові гаманці можуть допомогти регулювати те, що ми купуємо та що деяких ситуаціях можуть також змінити наші загальні поведінкові звички.

Наразі, вже живучи у 21 столітті, ми маємо багато нових технологій та звісно є багато програм на різні девайси для моніторингу або організації своїх грошових операціях. Наприклад мобільна програма “Monefy” [17], приклад використання можна побачити на рисунку 2.3, може допомогти розбити всі ваші витрати на категорії, що дозволить вам аналізувати, який “грошовий гаманець” якої категорії більше всього забирає грошей. Таким чином можна виявити слабкі місця та в майбутньому уникати витрат в тій категорії.



Рисунок 2.3 - Візуалізація програми “Monefy” [17]

Як було описано вище, у нашому розумі гроші поділяються на категорії, так працює і за такими грошима, що дісталися дуже легко, або дісталися вам від когось та результат вашої плідної роботи, тобто витратили свої сили та час. Якщо у випадку нещодавно виграних грошей люди, як правило, більше азартні та бажають отримати ще (тобто, зазвичай, люди, які не схильні до ризику, стають тими, хто його прагне). Нещодавно зароблені гроші в основному потрапляють у новий "гаманець" у свідомості людини що вважаються як отримані просто так. Такими грошима часто розпоряджаються нерационально, тобто людина отримала певну кількість грошей без нічого, тоді в неї з'являється спокуса витратити їх на те, що сам би собі не купив, або не спробував. На відміну від моделі економічної людини, гроші були б відкладені та збережені, цінувалися б так, як і всі інші, що вона отримала.

На зараз вже відомо, для нас втрата речей чи грошей буде мати більш емоційне забарвлення в гіршу сторону, ніж якщо ми б придбали або отримали ту саму річ. Розглянемо приклад, який показує ще нюанси класичної економічної теорії. Людині запропонували взяти участь у двох експериментах, в яких він буде грати в лотереї [18]. Розглянемо умови

першого з них - на старті гравцю дали 50 доларів та сказали вибрати певний варіант:

- Варіант А. Виграти 50 доларів з ймовірністю 1 (тобто 100 % отримати гроші)
- Варіант Б. Виграти 100 доларів з ймовірністю 0,5 (тобто або виграти 100 доларів, або нічого не отримати, спробувати свої сили на виграш в 100 доларів та нічого не втративши)

Після того як людина вибрала дію, одразу йде в грати в іншу лотерею. На старті другої гри гравцю дають 150 доларів і також дають обрати один з варіантів:

- Варіант А. Втратити 50 доларів з ймовірністю 1 (тобто 100 відсотків програти 50 доларів)
- Варіант Б. Втратити 100 доларів з ймовірністю 0,5 (тобто або втратити 100 доларів, або нічого не втратити)

Цей експеримент неодноразово перевірявся в реальних ситуаціях та результати ледве відрізнялися один від інших. Проаналізуємо з боку реальної особистості, в першому експерименті він обрав першу опцію, з думками, що ліпше стовідсотково отримати хоч якісь гроші, ніж йти на ризик і нічого не отримати. У другому експерименті ж людина схиляється до другого варіанту, бо стоячи перед вибором точно втратити гроші чи спробувати зробити ще більше грошей, людина краще піде на ризик. Пояснення одне — страх втрати набутих грошей. А тепер аналіз зі сторони класичної економічної теорії або раціональності. В першому випадку маючи 50 доларів на руках (що дали гравцеві) дали обрати з доступних варіантів дію: вона отримує 50 доларів, в підсумку після лотереї в неї виходить 100 доларів. Якщо вона обирає пункт В, тоді вона залишається або з 50 доларами або 150. В другому експерименті, на руках в гравця вже 150 доларів, (минула гра анулюється) якщо дотримуються опції А, людина залишається зі 100 доларами. Якщо варіант В, тоді залишок грошей буде

становити або 50 або 150 доларів. Аналізуючи ці дві гри, можемо помітити, що незалежно від кількості грошей, варіанти А та варіанти В ідентичні самі по собі, тому для раціональної моделі людини це було б очевидно. Однак експеримент був проведений на реальних людях та результати маємо зовсім інші [19].

У першому випадку люди майже завжди (85%) вирішують не ризикувати, тоді як у другому вони воліють ризикувати (70%). Такі люди не люблять ризикувати, коли йде мова про виграш, і майже завжди вирішують взяти без ризикову суму, але в ситуації можливої втрати вони готові піти на ризик. Справа не в сенсі самого виграшу, а у змінах, пов'язаних з ним, оскільки людям важче втратити, ніж отримати [19].

### 2.3 Приклади використання методів поведінкової економіки в повсякденному житті

Підприємства можуть зазнати впливу через поведінку споживачів, яку їм важко передбачити. Багато теорій, моделей та досліджень давно намагаються передбачити рішення споживачів до придбання товарів чи послуг на основі їх переваг. З метою класифікації різних типів споживачів на сегменти ринку. Мабуть, найбільш недооціненою концепцією в цьому відношенні був ефект наділення та його наслідки для бізнесу.

Оскільки споживачі, швидше за все, цінують речі, якими вони володіють, більше, ніж тими, що тільки набувають, якщо вони не володіли ними, підприємства використовують ефект володіння у своїх маркетингових стратегіях, щоб заманити клієнтів. Наприклад, пропозиція користувачам підписатися на 7-денну безкоштовну пробну версію додатку.

Це може дати їм відчуття володіння продуктом, після чого, можливо, бажання зберегти свій обліковий запис для цього додатку. Почуття власності в цьому випадку спонукало б споживача зберегти послугу, якої б не було, якби йому / їй довелося придбати послугу, не маючи її раніше.

Також багато інтернет-магазинів пропонують своїм клієнтам різноманітні купони і промокодом на знижку, проте, зважаючи на те, що купон - це разова, а не постійна, можливість придбати той чи інший товар за зниженою ціною, мови про ефект володіння бути не може. Така можливість з'являється інколи, її використовують, і надалі ніхто ніколи про це не згадує.

Найпростішим варіантом застосування цього ефекту володіння в інтернет-маркетингу є надання клієнту постійної картки зі знижкою на певну групу товарів. В даному випадку варто помітити, що клієнт отримує "постійну" знижку, оскільки усвідомлення покупцем, що в нього є право використовувати знижку, коли йому забажається, створює якусь ілюзію того, що вона є його власністю. Цікаво те, що думки людини і віра в ілюзію володіння якимось продуктом має більшу цінність, ніж розуміти як воно є насправді.

Інші хитрості компаній на сьогодні: Netflix та IQOS - це два бізнеса, які дуже популярні і відомі у нас в Україні [14]. Що ж за маніпуляції вони вигадали? Відповідь - нічого нового, просто використали ефект володіння та привабили дуже багато клієнтів цим ходом. Netflix - це послуга постійного, онлайн передавання, яка пропонує широкий спектр нагороджених телевізійних шоу, фільмів, аніме, документальних фільмів тощо на тисячах підключених до Інтернету мереж девайсів: телевізори, ноутбуки, планшети, комп'ютери. Нетфлікс працює за підпискою, що оплачується кожен місяць її власником. І так як часто люди просто вагаються купити підписку на місяць чи ні, бо вона є не зовсім дешевою, компанія запропонувала новим користувачам 3 місяці безкоштовного

використання їх сервісу, але зареєструвавшись на прив'язавши банківську карту до аккаунту. Нетфлікс також дає можливість відписатись від їх послуг також безкоштовно і незалежно від часу, тобто можна навіть в останній день підписки. Таким чином, дозволяючи своїм клієнтам створити собі ілюзію того, що вони володіли цим сервісом просто так. Однак після закінчення терміну багато хто вже звикає до набутої речі зовсім задарма та засмучуються усвідомлюючи, що потрібно або відписатися, щоб гроші не списувались, або продовжувати платити та насолоджуватись придбаним сервісом.

Аналогічне створила й компанія IQOS. IQOS - перша і єдина система нагрівання тютюну, авторизована в США як продукт з модифікованим ризиком (Modified Risk Tobacco Product) і має право просуватися як продукт зі зниженим впливом на організм [14]. Аналогічно компанії Нетфлікс вони створили таку програму підтримки нових користувачів цього девайсу, що також дозволяє клієнту заволодіти їх продуктом на користуватися протягом певного періоду. Вони пропонують повнолітнім курцям, які нещодавно купили IQOS, приєднатися до програми QONSULTANCE, в рамках якої вони дають всю необхідну інформацію по використанню продукції протягом десяти днів для максимально комфортного переходу на IQOS. Тобто створили і надали розуміння максимального комфорту для нового потенційного покупця.

## Висновки до розділу

Економіка дає нам зрозуміти, що усе може бути передбачено враховуючи й поведінку людей, що вони є раціональними створіннями, роблять вірне рішення аналізуючи всі варіанти, та має за мету досягти

великих прибутків. До поки не почали помічати багато аномалій в дослідженнях, звісно спочатку ніхто не звертав уваги на це та скидав це на виключення. Однак відомий вчений економіст Річард Талер не “відкрив очі” на ці відхилення від основних результатів. Виявилось психологія також грає важливу роль в житті людини, навіть якщо в неї мети одна, але під впливом емоцій та певних переконань може робити зовсім не раціональні речі.

Тому наука поведінкова економіка намагається вивчати поведінку та ставлення людей для того, щоб створити модель реальної особистості. Якщо повністю проаналізувати запропоновані парадигми прийняття рішень, можливо не тільки зрозуміти як буде людина буде вести себе, в сенсі прийняття рішень, але й повернути це в свою користь на прикладі компаній Нетфлікс та IQOS.

Більше того, ніхто не забуває і про конкурентів схожих бізнесів. На них вряд чи можливо вплинути ефектом володіння, або неминучими втратами, тому тут вже потрібно перевести всю увагу с поведінкової економіки на теорію ігор. Вона тут вже може пояснити як зробити так, щоб конкурент виконав дії щодо свого підприємства, що збігаються з твоїми бажаннями, або ж навпаки як стримати його зробити не вигідні ходи для вашого бізнесу і таке інше.

## РОЗДІЛ 3 ПРОГРАМА ЗНАХОДЖЕННЯ РІВНОВАГИ НЕША ДЛЯ ЗАДАЧІ “СТУДЕНТ-ВЧИТЕЛЬ”

В третьому розділі бакалаврської дипломної роботи розглядається практичне застосування знаходження рівноваги Неша у заданих задачах та аналіз отриманих результатів. Також в роботі використовуються реальні дані отриманні від своїх колег та друзів.

### 3.1 Формулювання вимог до задачі

Для даної задачі необхідно виявити одну чи більше стратегій, в якій ні один з учасників не може збільшити свій виграш, змінивши свою стратегію, якщо інші гравці свої стратегії *не* змінюють.

Вхідні дані для програми - це виграші гравців в задачі. Вихідні дані програми - це стратегія або набір стратегій, які можуть дотримуватись гравці.

Одразу після виявлення рівноваги Неша необхідно проаналізувати отримані результати з реальними результатами опитування людей.

Тому структура системи вирішення і аналіз результатів буде складатися з таких ступенів:

1. Збір реальних даних;
2. Аналіз цих даних;
3. Визначення виграшів гравців;
4. Знаходження рівноваги Неша;
5. Аналіз результатів;

## 6. Порівняння отриманих результатів.

### 3.2 Вибір програмної середи для реалізації

Основним програмним середовищем розробки даної роботи була - IntelliJ IDEA. Кожен компонент IntelliJ IDEA створений для того, щоб максимально підвищити продуктивність розробки. Розумний редактор коду в поєднанні з ергономічним дизайном роблять розробку не тільки ефективною, а ще й приємною. Незважаючи на те, що IntelliJ IDEA - в першу чергу IDE для Java, вона розуміє і надає інтелектуальну допомогу при написанні коду на SQL, JPQL, HTML, JavaScript і багатьох інших мовах і дозволяє редагувати код, написаний не на Java, всередині строкових літералів Java - коду [23]. Саме тому це середовище було обрано для розробки на мові програмування - Java.

Що таке IntelliJ IDEA?

- Підтримка синтаксису. Підсвічування ключових слів, автопідстановка, підсвічування помилок;
- Навігація. Перейти до оголошення, пошук використань, пошук по текстовому рядку, файлу або назвою і т.д.;
- Аналіз. Ієрархія класів та викликів, а також властивості і дії класу.
- Рефакторинг. Перейменування класів, властивостей і дій;
- Візуалізація форм. Відображенню розробнику поточного дизайну певної форми;
- Метапрограмування. Можливість на льоту генерувати код на основі метакода;
- Отладчик. Можливість ставити breakpoint'и (в тому числі і з умовами), налагоджувати імперативну логіку, дивитися watches;

- Language Injection. Навігація, рефакторинг, автопідстановка і підсвічування синтаксису IsFusion при використанні в інших мовах - Java і JasperReports XML.

Тому вибір середовищ тривав недовго та в результаті користувалися дуже потужним безкоштовним інтегрованим середовищем розробки, що є кращим за багатьма параметрами IDE конкурентів.

### 3.3 Вихідні дані та результати роботи програми

Наразі маємо поставлену задачу студента та вчителя і їх методи або ставлення до навчання. Тобто маємо життєву ситуацію у школі або університеті, задача підходить до обох закладів. У вчителів є два варіанти викладання свого предмету:

- бути лояльним та добрим вчителем;
- бути вимогливим та приймати жорсткі міри за невиконання поставлених домашніх завдань.

У студента також є два варіанти поведінки:

- Здавати роботи вчасно;
- Здавати роботи з запізненням.

Вхідні дані визначаємо експертно, аналізуючи всі можливі стратегії.

Всього є чотири стратегії: “лояльний вчитель/здавати вчасно” (Лоял./Вч.), “лояльний вчитель/здавати з запізненням” (Лоял./Зап.), “вимогливий вчитель/здавати вчасно” (Вим./Вч.) та остання - “вимогливий вчитель/здавати з запізненням” (Вим./Зап.). Для викладача стратегія бути лояльним домінує стратегію бути вимогливим, адже мати репутацію кращого вчителям краще, ніж того, на заняття лекції ходити немає настрою.

Більше того, для вчителя вигідно, щоб учні здавали роботи вчасно, тому стратегія “бути лояльним, здавати роботи вчасно” буде найкращою з усіх можливих. як результат ця стратегія має найвищий виграш для викладача - 4. Мати репутацію гарного викладача та мати найбільшу відвідуваність є більш важливим аспектом, ніж запізнення та здача робіт, тому стратегія “Вим./Вч.”, тому виграш буде - 2. Кращий варіант з запізненням, але будучи лояльним має виграш - 3. Та найгірший результат для обох гравців - це стратегія “Вим./Зап.”, що має виграші 1 що для вчителя, що для студента.

Зі сторони студента найкращий варіант з одного боку це стратегія “Лоял./Зап.” - тому що маючи не суворого вчителя, учень може собі дозволити виконати домашнє завдання навіть перед кінець строку виконання, або навіть трішки запізнитися. Але якщо подивитися з іншого боку у лояльного вчителя може і не бути взагалі строків виконання робіт, тому навіть без них, виконуючи та здаючи роботу, в учня підвищується самооцінка, він пишається тим, що виконав завдання, також ними пишаються й батьки, що може вплинути на можливі подарунки. Тому на мою думку стратегія “Лоял./Вч.” - є найвигіднішою, тому її виграш становить навіть більше ніж домінуюча стратегія у вчителя - 5. Інша стратегія також гарна, але гірша за “Лоял./Вч.”- стратегія “Лоял./Зап.”, виграш який є 4. Та остання стратегія це “Вим./Вч.” - стратегія, що студенти повинні закінчити свої домашні завдання вказаний строк, що інколи може скорегувати свободу підлітка після занять за виконанням певного реферату або тесту. Як результат можемо поставити цій стратегії виграш 3. Тому нижче наведено рисунок 3.1 таблиці виграшів даної задачі.

		Студент	
		Вчасно	Запізнення
Вчитель	Лояльний	4,5	3,4
	Вимогливий	2,3	1,1

Рисунок 3.1 - Таблиця виграшів задачі “Студент - вчитель”

В кожній комірці є дві цифри, що відповідають вчитель, студент відповідно. Наприклад стратегія “Лояльний, Вчасно” має дві цифри 4,5 це означає, що якщо використовується дана стратегія, то вчитель виграє 4, а учень отримує 5. Тому вхідні дані такої задачі будуть виграші з таблиці вище (рисунок 3.1).

Задача програми - знайти рівновагу Неша, тому результат розрахунків - це виявлення кращої стратегії для обох гравців. В даній задачі присутні такі стратегії учня та викладача : “In time”, “Late”, “Loyal” та “Demanding”. В результаті ми можемо отримати 4 варіанти відповідей : “In time, Loyal”, “In time, Demanding”, “Late, Loyal”, “Late, Demanding”. Ці дані будуть відобразитися біля самої таблиці виграшів у вікні.

### 3.4 Приклади роботи програми

На початку ми бачимо нове вікно, в якому вже у вигляді таблиці виграшів розписана наша задача, тобто показано з якої сторони в нас “Teacher” - зліва збоку, та “Student” відповідно справа зверху. Зі сторони вчителя маємо дві стратегії в стовпчик : “Loyal” та “Demanding”. Зі сторони студента маємо його стратегії розташовані в рядок: “In time” і “Late”. На

перетині цих стратегій маємо не заповнену таблицю виграшів, що дає можливість перевірити роботу програми, тобто знаходження рівноваги Неша при введенні різних виграшів. Та нижче на рисунку 3.2 можемо побачити кнопку “Equilibrium” - що запускає алгоритм знаходження рівноваги Неша. Інша кнопка - “Reset” дозволяє скинути введені дані у таблицю виграшів.

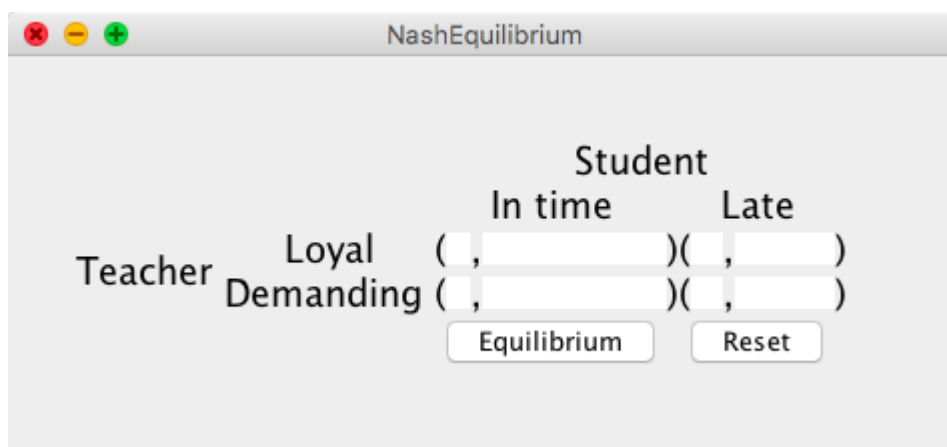


Рисунок 3.2 - Початкове вікно програми

Наступний крок - це введення наших виграшів у необхідні клітинки і після натискання на кнопку “Equilibrium” для знаходження рівноваги Неша можна побачити на рисунку 3.3.

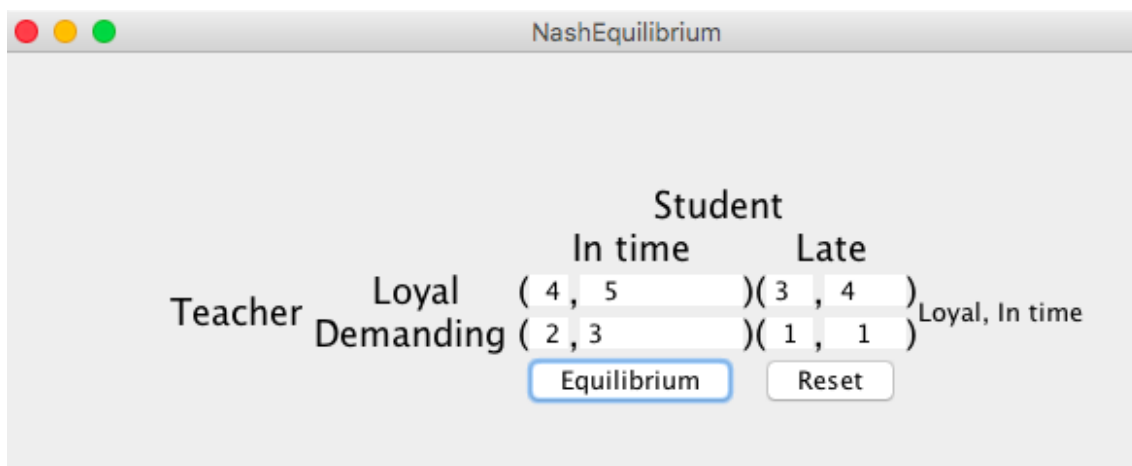


Рисунок 3.3 - Вивід результатів роботи програми

Висновки роботи програми це краща стратегія для обох гравців - “Loyal, In time”, тобто коли вчитель лояльний та студенти здають роботи вчасно.

### 3.5 Опис реальних даних

Проблема студента і викладача дуже поширена, з нею стикаються майже всі люди у світі та інколи двічі в сенсі того, що спочатку особа є учнем, студентом та через деякий час стає вчителем. Тому на основі того, що це звичайна практика для людей, було вирішено зібрати дані з знайомих та друзів у соціальній мережі Instagram. Він базується на обміні фотографіями, дозволяє користувачам робити фотографії, застосовувати до них фільтри, а також поширювати їх через свій сервіс і низку інших соціальних мереж [20]. У серпні 2016 року Instagram запустила Instagram Stories — функцію, яка дозволяє користувачам робити фотографії, додавати на них ефекти й шари та додавати їх до своєї історії Instagram. Зображення, завантажені в історію користувача, зникають через 24 години [21]. З 2016 і до сьогодні кількість функції Stories росла, більше того вони ще й розвивались додаючи різні фішки до них. Серед цих функцій також з'явилися наліпки з двома варіантами кнопок. Зазвичай їх використовують разом з будь-яким запитанням та на самих кнопках пишуть “Так” і “Ні”. Наприклад “Чи знаєте ви, що сьогодні буде дощ?” - запитання до своїх підписників, хто дивиться Instagram Stories цієї людини, та нижче запитання ставлять ці дві кнопки. Цікавий факт, що коли підписник натискає якусь відповідь, то вона записується і тільки власнику аккаунту видно хто та що натиснув, підписника можуть бачити тільки відсоток натискання на “Так” та “Ні”.

Тому використовуючи таку можливість, було зібрано дані стосовно даної задачі. Перше запитання, що було викладено у Instagram Stories було таке - Що вибере студент:

- Варіант А: Виконувати домашнє завдання вчасно і чітко виконувати поставлену задачу;
- Варіант Б: Здавати домашнє завдання із запізненням (гуляти до останнього і не встигати в термін).

Нижче наведено рисунок 3.4 на якому проілюстровано перше опитування.

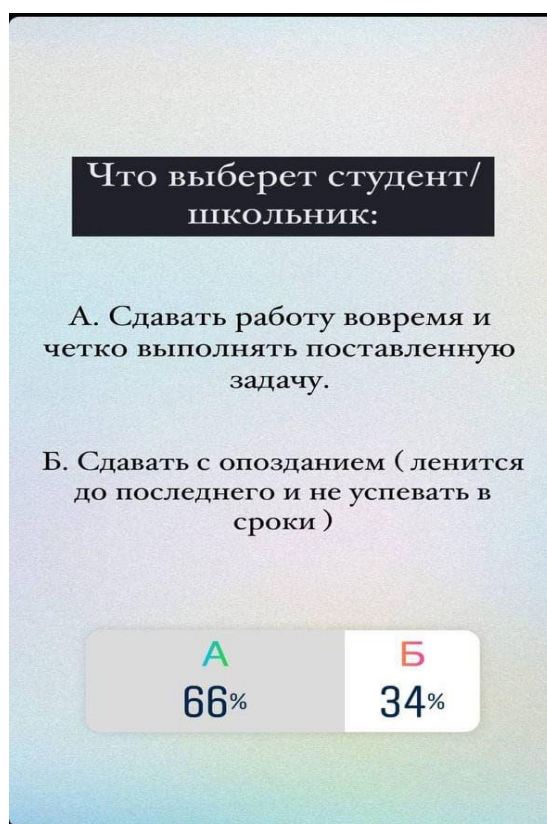


Рисунок 3.4 - Скріншот з Instagram Stories про опитування студентів щодо здавання робіт

Як бачимо на скріншоті, маємо результати опитування, де варіант А має значну перевагу. Тобто ми бачимо, що студенти або учні більш схильні здавати роботи вчасно, ніж зустрічати складності з невстиганням в строки,

або мати погані оцінки. Як висновок маємо відношення 66% за варіант здавати роботи вчасно та 34% відповідно затримувати роботи.

Інше опитування було проведено теж в Instagram Stories, і також з сторони студентів для того, щоб дізнатися їх ставлення до методів викладачів. Друге запитання було наступне - “Що краще в студенти?” та варіанти відповідей:

- Варіант А: Лояльний вчитель, що не ставить дедлайнів (кінцевих строків) та не задає багато домашніх завдань та ще й не дає додаткових робіт;
- Варіант Б: Вимогливий вчитель, що дає корисний матеріал, але багато роботи на дім, робить жорсткі умови виконання робіт, такі як дедлайни так додаткові завдання у випадку невиконання робіт вчасно і таке інше.

Вже на наступному рисунку 3.5, сторінка 55, ми бачимо іншу відсоткову відповідність щодо вибору якому вчителю віддають перевагу: лояльному чи вимогливому. У результаті маємо 68% обирають лояльного вчителя та 32% відповідно вимогливого.

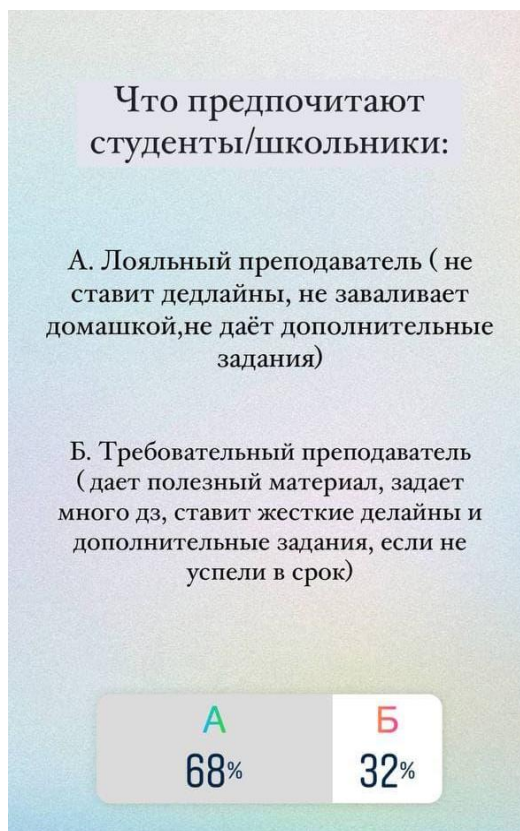


Рисунок 3.5 - Скріншот з Instagram Stories про опитування студентів щодо вчителів

### Висновки до розділу

Як ми можемо помітити, програма із знаходженням стійкої рівноваги, яка дає можливість гравцям вигідно грати, бо будь-яке відходження від такої стратегії може погіршити їх становище, дає результат стратегії “Лояльність, Вчасно”, що підтверджується використання на практиці. Результати опитувань реальних людей щодо даної проблеми студента та вчителя мають аналогічне заключення - на зараз студенти обирають стратегію виконувати роботи вчасно, щоб уникнути поганих наслідків у випадку вимогливого вчителя або збільшити самооцінку та знання маючи лояльного вчителя. Та бути на заняттях або лекціях з приємним та розуміючим вчителем, ніж з тим, що потребує дуже багато уваги до його

предмету. Тому у висновку можемо стверджувати, що використання теорії ігор в сучасному та життєвих ситуаціях можна та навіть необхідно, бо маємо стовідсоткову збіжність у результатах вирішення проблем.

## РОЗДІЛ 4 ФУНКЦІОНАЛЬНО-ВАРТІСНИЙ АНАЛІЗ ПРОГРАМНОГО ПРОДУКТУ

У даному розділі проводиться оцінка основних характеристик програмного продукту, розробленого для вирішення задач проблем студента та вчителя роблячи висновки за допомогою знаходження рівноваги Неша.

Нижче наведено аналіз різних варіантів реалізації модулю з метою вибору оптимальної, з огляду при цьому як на економічні фактори, так і на характеристики продукту, що впливають на продуктивність роботи і на його сумісність з апаратним забезпеченням. Для цього було використано апарат функціонально-вартісного аналізу.

Функціонально-вартісний аналіз (ФВА) – це технологія, яка дозволяє оцінити реальну вартість продукту або послуги незалежно від організаційної структури компанії. ФВА проводиться з метою виявлення резервів зниження витрат за рахунок ефективніших варіантів виробництва, кращого співвідношення між споживчою вартістю виробу та витратами на його виготовлення. Для проведення аналізу використовується економічна, технічна та конструкторська інформація.

Алгоритм функціонально-вартісного аналізу включає в себе визначення послідовності етапів розробки продукту, визначення повних витрат (річних) та кількості робочих часів, визначення джерел витрат та кінцевий розрахунок вартості програмного продукту.

#### 4.1 Постановка задачі проектування

У роботі застосовується метод ФВА для проведення техніко-економічного аналізу розробки знаходження найкращої стратегії для гравців. Оскільки рішення стосовно проектування та реалізації компонентів, що розробляється, впливають на всю систему, кожна окрема підсистема має її задовольняти. Тому фактичний аналіз представляє собою аналіз функцій програмного продукту, призначеного для збору, обробки та проведення аналізу даних по Корона вірусу.

Технічні вимоги до програмного продукту є наступні:

- функціонування на персональних комп'ютерах із стандартним набором компонентів;
- зручність та зрозумілість для користувача;
- швидкість обробки даних та доступ до інформації в реальному часі;
- можливість зручного масштабування та обслуговування;
- мінімальні витрати на впровадження програмного продукту.

#### 4.2 Обґрунтування функцій програмного продукту

Головна функція  $F_0$  – розробка програмного продукту, який вирішує задачу студента та вчителя рівновагою Неша та будує його результати. Беручи за основу цю функцію, можна виділити наступні:

$F_1$  – вибір мови програмування;

$F_2$  – вибір інтерфейсу;

$F_3$  – вибір середовища розробки.

Кожна з цих функцій має декілька варіантів реалізації:

Функція  $F_1$ :

а) Java;

б) C++.

Функція  $F_2$ :

а) Окреме вікно;

б) Консоль.

Функція  $F_3$ :

а) IntelliJ IDEA;

б) Visual Studio.

Варіанти реалізації основних функцій наведені у морфологічній карті системи (рис. 4.1).

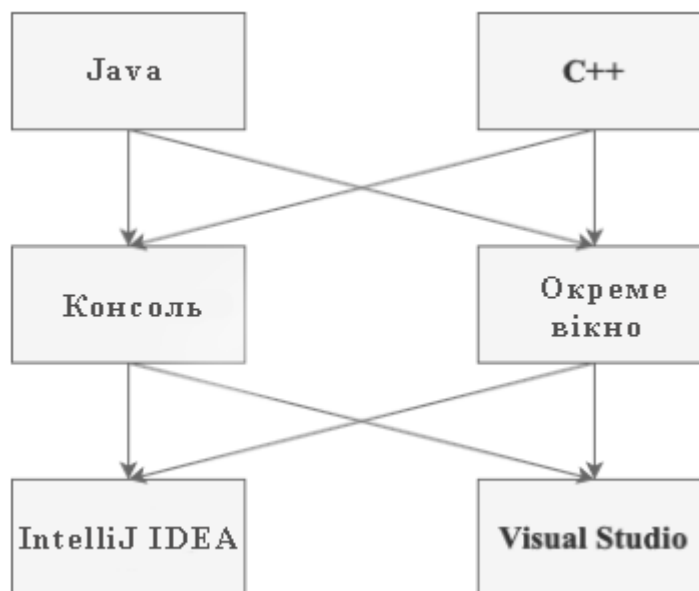


Рисунок 4.1 – Морфологічна карта

Морфологічна карта відображає множину всіх можливих варіанти основних функцій. На основі цієї карти будемо позитивно-негативну матрицю варіантів основних функцій (таб. 4.2).

Таблиця 4.2 - Позитивно-негативна матриця

Функції	Варіанти реалізації	Переваги	Недоліки
$F_1$	<i>A</i>	Швидка розробка програми, доступність бібліотек, кросплатформеність	Низька швидкість роботи, особливо, якщо потрібно обробляти велику кількість даних
	<i>B</i>	Код швидко виконується	Іде багато часу на розробку програми
$F_2$	<i>A</i>	Швидкість і мінімальний час затрачений на розробку	Не є user-friendly
	<i>B</i>	Гарне відображення програми	Додатковий час на інсталяцію та вивчення
$F_3$	<i>A</i>	Підтримується багатьма мовами програмування, легко запускається на будь-якому сервері	Відсутня можливість роботи без інтернету
	<i>B</i>	Багато інструментів, безпечна	Підтримує одночасно лише одну мову програмування

Робимо висновок, що при розробці програмного продукту деякі варіанти реалізації функцій варто відкинути, тому що вони не відповідають поставленим перед програмним продуктом задачам. Ці варіанти відзначені у морфологічній карті.

Функція  $F_1$ :

Перевагу віддаємо швидкості вивчення, простоті використання та наявності стандартних бібліотек для обчислення. Для спрощення роботи по написанню коду варіант Б має бути відкинтий.

Функція  $F_2$ :

Обидва варіанти можна використовувати в розробці.

Функція  $F_3$ :

Віддаємо перевагу варіанту А в разі вибору мови програмування Java.

Таким чином, будемо розглядати такі варіанти реалізації ПП:

$$F_1 \text{ а} - F_2 \text{ а} - F_3 \text{ а}$$

$$F_1 \text{ а} - F_2 \text{ б} - F_3 \text{ а}$$

Для оцінювання якості розглянутих функцій обрана система параметрів, описана нижче.

### 4.3 Обґрунтування системи параметрів ПП

На основі даних, розглянутих вище, визначаються основні параметри вибору, які будуть використані для розрахунку коефіцієнта технічного рівня.

Для того, щоб охарактеризувати програмний продукт, будемо використовувати наступні параметри:

- X1 – швидкодія мови програмування;
- X2 – об’єм пам’яті для обчислень та збереження даних;
- X3 – час відтворення окремого вікна;
- X4 – потенційний об’єм програмного коду.

Гірші, середні і кращі значення параметрів вибираються на основі вимог замовника й умов, що характеризують експлуатацію ПП як показано у таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 - Основні параметри ПП

Назва Параметра	Умовні позначе ння	Одиниці виміру	Значення параметра		
			гірші	середні	кращі
Швидкодія мови програмування	X1	оп/мс	10000	14000	19000
Об’єм пам’яті	X2	Мб	420	128	64
Час попереднього вивчення функцій реалізації	X3	мс	4	3	2
Потенційний об’єм програмного коду	X4	кількість рядків коду	4000	2500	1000

За даними таблиці 4.3 будуються графічні характеристики параметрів – рис. 4.2 – рис. 4.5.

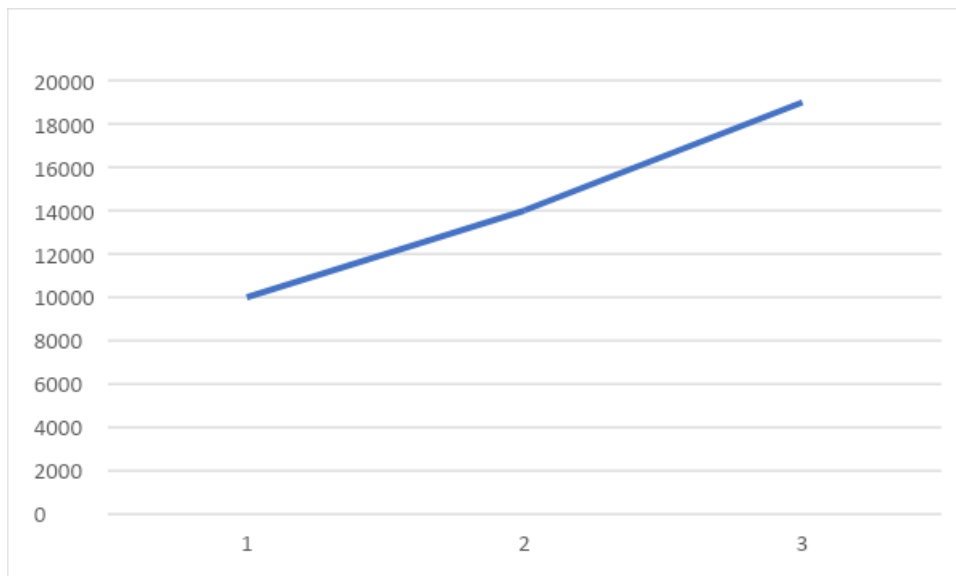


Рисунок 4.2 – X1, швидкодія мови програмування

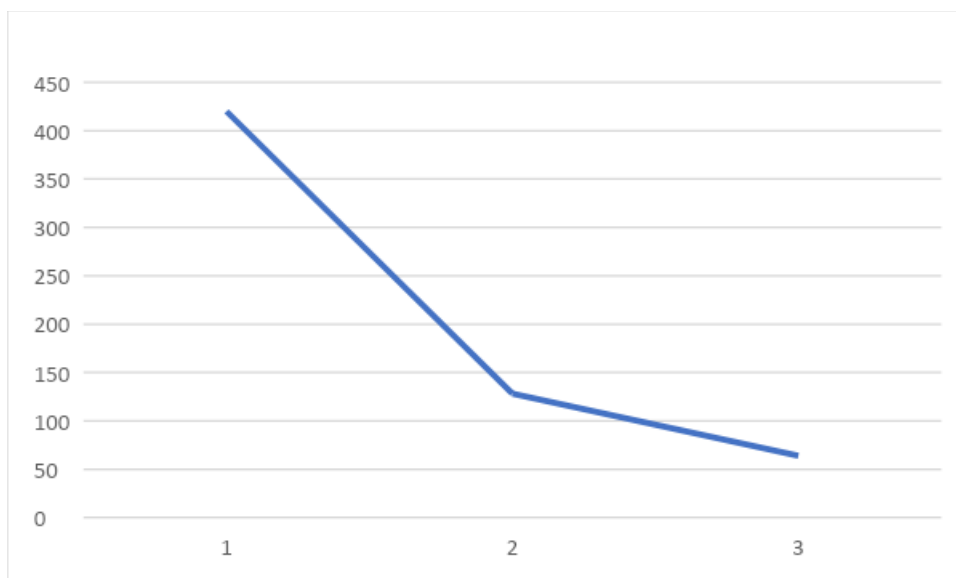


Рисунок 4.3 – X2, об'єм пам'яті

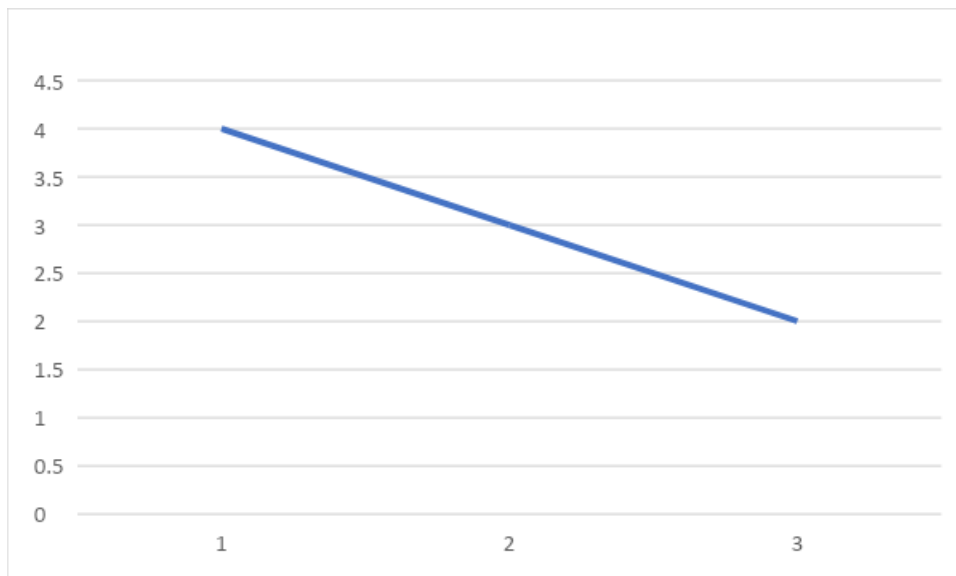


Рисунок 4.4 – X3, час попереднього вивчення функцій реалізації

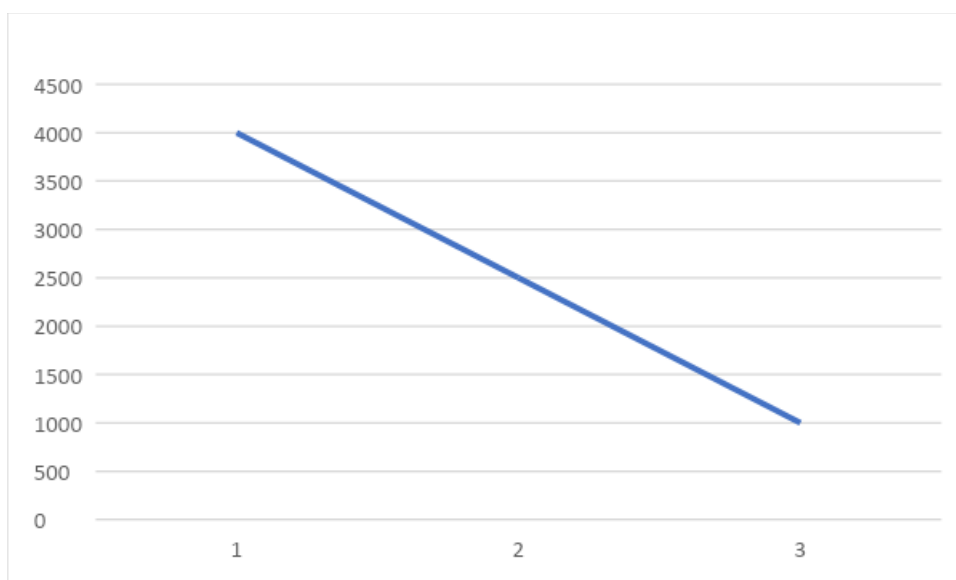


Рисунок 4.5 – X4, потенційний об'єм програмного коду

#### 4.4 Аналіз експертного оцінювання параметрів

Після детального обговорення й аналізу кожний експерт оцінює ступінь важливості кожного параметру для конкретно поставленої цілі –

розробка програмного продукту, який дає найбільш точні результати при знаходженні параметрів моделей адаптивного прогнозування і обчислення прогнозних значень.

Значимість кожного параметра визначається методом попарного порівняння. Оцінку проводить експертна комісія із 7 людей. Визначення коефіцієнтів значущості передбачає:

- визначення рівня значимості параметра шляхом присвоєння різних рангів;
- перевірку придатності експертних оцінок для подальшого використання;
- визначення оцінки попарного пріоритету параметрів;
- обробку результатів та визначення коефіцієнту значимості.

Результати експертного ранжування наведені у таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 - Результати ранжування параметрів

Позначення параметра	Назва параметра	Одиниці виміру	Ранг параметра за оцінкою експерта							Сума рангів $R_i$	Відхилення $\Delta_i$	$\Delta_i^2$
			1	2	3	4	5	6	7			
X1	Швидкодія мови програмування	Оп/мс	4	5	2	5	3	4	5	28	3,5	12,25
X4	Потенційний об'єм програмного коду	Кількість рядків коду	3	5	4	3	5	4	4	28	3,5	12,25
	Разом		14	14	14	14	14	14	14	98	0	211

Для перевірки степені достовірності експертних оцінок, визначимо наступні параметри:

а) сума рангів кожного з параметрів і загальна сума рангів:

$$R_i = \sum_{j=1}^N r_{ij} R_{ij} = \frac{Nn(n+1)}{2} = 98, \#(4.1)$$

де  $N$  – число експертів,  
 $n$  – кількість параметрів;  
 б) середня сума рангів:

$$T = \frac{1}{n} R_{ij} = 24,5 \#(4.2)$$

в) відхилення суми рангів кожного параметра від середньої суми рангів:

$$\Delta_i = R_i - T. \#(4.3)$$

Сума відхилень по всім параметрам повинна дорівнювати 0;

г) загальна сума квадратів відхилення:

$$S = \sum_{i=1}^N \Delta_i^2 = 211. \#(4.4)$$

Порахуємо коефіцієнт узгодженості:

$$W = \frac{12S}{N^2(n^3 - n)} = \frac{12 \cdot 211}{7^2(4^3 - 4)} = 0,86 > W_k = 0,67. \#(4.5)$$

Ранжування можна вважати достовірним, тому що знайдений коефіцієнт узгодженості перевищує нормативний, котрий дорівнює 0,67.

Скориставшись результатами ранжирування, проведемо попарне порівняння всіх параметрів і результати заносимо у таблицю 4.5.

Таблиця 4.5 - Попарне порівняння параметрів

Параметри	Експерти							Кінцева оцінка	Числове значення
	1	2	3	4	5	6	7		
X1 і X2	>	>	<	<	>	>	>	>	1,5
X1 і X3	<	>	<	=	<	<	>	<	0,5
X1 і X4	>	>	<	=	<	=	>	>	1,5
X2 і X3	<	<	<	<	<	<	<	<	0,5
X2 і X4	<	<	<	<	<	<	<	<	0,5
X3 і X4	>	<	>	>	<	>	<	>	1,5

Числове значення, що визначає ступінь переваги  $i$ -го параметра над  $j$ -тим,  $a_{ij}$  визначається по формулі:

$$a_{ij} = \{1.5 \text{ при } X_i > X_j \quad 1.0 \text{ при } X_i = X_j \quad 0.5 \text{ при } X_i < X_j \} \quad \#(5.6)$$

З отриманих числових оцінок переваги складемо матрицю  $A = \| a_{ij} \|$ .

Для кожного параметра зробимо розрахунок вагомості  $K_{ei}$  за наступними формулами:

$$K_{bi} = \frac{b_i}{\sum_{i=1}^n b_i} \quad \#(4.7)$$

$$b_i = \sum_{i=1}^N a_{ij} \quad \#(4.8)$$

Відносні оцінки розраховуються декілька разів доти, поки наступні значення не будуть незначно відрізнятися від попередніх (менше 2%). На другому і наступних кроках відносні оцінки розраховуються за наступними формулами:

$$K_{Bi} = \frac{b'_i}{\sum_{i=1}^n b'_i}, \#(4.9)$$

$$b'_i = \sum_{i=1}^N a_{ij} b_j \#(4.10)$$

Як видно з таблиці 4.6, різниця значень коефіцієнтів вагомості не перевищує 2%, тому більшої кількості ітерацій не потрібно.

Таблиця 4.6 - Розрахунок вагомості параметрів

Параметрих <sub>i</sub>	Параметрих <sub>j</sub>				Перша ітер.		Друга ітер.		Третя ітер	
	X1	X2	X3	X4	$b_i$	$K_{Bi}$	$b_i^1$	$K_{Bi}^1$	$b_i^2$	$K_{Bi}^2$
X1	1,0	1,5	0,5	1,5	4,5	0,36	17,75	0,25	73,38	0,25
X2	0,5	1,0	1,5	0,5	3,5	0,28	15,75	0,22	65,63	0,23
X3	1,5	1,5	1,0	1,5	5,5	0,44	22,75	0,33	93,6	0,32
X4	0,5	1,5	0,5	1,0	3,5	0,28	13,75	0,2	57,63	0,2
Всього:					12,5	1	70	1	290,25	1

#### 4.5 Аналіз рівня якості варіантів реалізації функцій

Визначаємо рівень якості кожного варіанту виконання основних функцій окремо.

Абсолютні значення параметрів  $X_2$  (Об'єм пам'яті),  $X_3$  (час попереднього вивчення функцій реалізації) та  $X_4$  (потенційний об'єм програмного коду) відповідають технічним вимогам умов функціонування даного ПП.

Абсолютне значення параметра  $X_1$  (швидкість роботи мови програмування) обрано не найгіршим.

Коефіцієнт технічного рівня для кожного варіанта реалізації ПП розраховується так (таблиця 5.7):

$$K_K(j) = \sum_{i=1}^n K_{ei,j} B_{i,j}, \#(4.11)$$

де  $n$  – кількість параметрів;

$K_{ei}$  – коефіцієнт вагомості  $i$ -го параметра;

$B_i$  – оцінка  $i$ -го параметра в балах.

Таблиця 4.7 - Розрахунок показників рівня якості варіантів реалізації основних функцій ПП

Основні функції	Варіант реалізації функції	Параметри	Абсолютне значення параметра	Бальна оцінка параметра	Коефіцієнт вагомості параметра	Коефіцієнт рівня якості
F1	A	X1	10000	6	0,25	1,26
F2	A	X2	64	5	0,23	1,05
	Б	X2	128	2	0,32	0,55
F3	A	X3	1000	8	0,2	1,4

За даними з таблиці 4.7 за формулою:

$$K_K = K_{\text{ТУ}}[F_{1k}] + K_{\text{ТУ}}[F_{2k}] + \dots + K_{\text{ТУ}}[F_{zk}], \#(4.12)$$

визначаємо рівень якості кожного з варіантів:

$$K_{K1} = 1,26 + 1,05 + 1,4 = 3,71,$$

$$K_{K2} = 1,26 + 0,55 + 1,4 = 3,21.$$

Як видно з розрахунків, кращим є перший варіант, для якого коефіцієнт технічного рівня має найбільше значення.

#### 4.6 Економічний аналіз варіантів розробки ПП

Для визначення вартості розробки ПП спочатку проведемо розрахунок трудомісткості.

Всі варіанти включають в себе два окремих завдання:

1. Розробка проекту програмного продукту;
2. Розробка програмної оболонки;

Завдання 1 за ступенем новизни відноситься до групи А, завдання 2 – до групи Б. За складністю алгоритми, які використовуються в завданні 1 належать до групи 1; а в завданні 2 – до групи 3.

Для реалізації завдання 1 використовується довідкова інформація, а завдання 2 використовує інформацію у вигляді даних.

Проведемо розрахунок норм часу на розробку та програмування для кожного з завдань.

Загальна трудомісткість обчислюється як

$$T_0 = T_P \cdot K_{\Pi} \cdot K_{СК} \cdot K_M \cdot K_{СТ} \cdot K_{СТ.М}, \#(4.13)$$

де  $T_P$  – трудомісткість розробки ПП;  
 $K_{\Pi}$  – поправочний коефіцієнт;  
 $K_{СК}$  – коефіцієнт на складність вхідної інформації;  
 $K_M$  – коефіцієнт рівня мови програмування;  
 $K_{СТ}$  – коефіцієнт використання стандартних модулів і прикладних програм;  
 $K_{СТ.М}$  – коефіцієнт стандартного математичного забезпечення

Для першого завдання, виходячи із норм часу для завдань розрахункового характеру ступеню новизни А та групи складності алгоритму 1, трудомісткість дорівнює:  $T_P = 90$  людино-днів. Поправочний коефіцієнт, який враховує вид нормативно-довідкової інформації для першого завдання:  $K_{\Pi} = 1.7$ . Поправочний коефіцієнт, який враховує складність контролю вхідної та вихідної інформації для всіх семи завдань рівний 1:  $K_{СК} = 1$ . Оскільки при розробці першого завдання використовуються стандартні модулі, врахуємо це за допомогою коефіцієнта  $K_{СТ} = 0.8$ . Тоді загальна трудомісткість програмування першого завдання дорівнює:

$$T_1 = 90 \cdot 1.7 \cdot 0.8 = 122.4 \text{ людино-днів.}$$

Проведемо аналогічні розрахунки для подальших завдань.

Для другого завдання (використовується алгоритм третьої групи складності, степінь новизни Б), тобто  $T_P = 27$  людино-днів,  $K_{\Pi} = 0.9$ ,  $K_{СК} = 1$ ,  $K_{СТ} = 0.8$ :

$$T_2 = 27 \cdot 0.9 \cdot 0.8 = 19.44 \text{ людино-днів.}$$

Складаємо трудомісткість відповідних завдань для кожного з обраних варіантів реалізації програми, щоб отримати їх трудомісткість:

$$T_I = (122.4 + 19.44 + 4.8 + 19.44) \cdot 8 = 1328,64 \text{ людино-годин.}$$

$$T_{II} = (122.4 + 19.44 + 6.91 + 19.44) \cdot 8 = 1345.52 \text{ людино-годин.}$$

Найбільш високу трудомісткість має варіант II.

В розробці беруть участь два програмісти з окладом 10000 грн., один аналітик в області даних з окладом 12500. Визначаємо середню зарплату за годину за формулою:

$$CЧ = \frac{M}{T_m \cdot t} \text{ грн., \#(4.14)}$$

де  $M$  – місячний оклад працівників;

$T_m$  – кількість робочих днів тиждень;

$t$  – кількість робочих годин в день.

$$CЧ = \frac{10000 + 10000 + 12500}{3 \cdot 21 \cdot 8} = 64,48 \text{ грн. \#(4.15)}$$

Тоді, розраховуємо заробітну плату за формулою:

$$CЗП = C_ч \cdot T_i \cdot КД, \#(4.16)$$

де  $C_ч$  – величина погодинної оплати праці програміста;

$T_i$  – трудомісткість відповідного завдання;

$K_d$  – норматив, який враховує додаткову заробітну плату.

Зарплата розробників за варіантами становить:

$$\text{I. } C_{зп} = 64.48 \cdot 1328.64 \cdot 1.2 = 102811,43 \text{ грн.}$$

$$\text{II. } C_{зп} = 64.48 \cdot 1345.52 \cdot 1.2 = 104117,62 \text{ грн.}$$

Відрахування на єдиний соціальний внесок становить 22%:

$$\text{I. } C_{вд} = C_{зп} \cdot 0.22 = 102811,43 \cdot 0.22 = 22618,51 \text{ грн.}$$

$$\text{II. } C_{вд} = C_{зп} \cdot 0.22 = 104117,62 \cdot 0.22 = 22905,88 \text{ грн.}$$

Тепер визначимо витрати на оплату однієї машино-години. ( $C_m$ )

Так як одна ЕОМ обслуговує одного програміста з окладом 10000 грн., з коефіцієнтом зайнятості 0,2 то для однієї машини отримаємо:

$$C_{г} = 12 \cdot M \cdot K_3 = 12 \cdot 10000 \cdot 0,2 = 24000 \text{ грн.}$$

З урахуванням додаткової заробітної плати:

$$C_{зп} = C_{г} \cdot (1 + K_3) = 24000 \cdot (1 + 0.2) = 28800 \text{ грн.}$$

Відрахування на соціальний внесок:

$$C_{вд} = C_{зп} \cdot 0.22 = 28800 \cdot 0,22 = 6336 \text{ грн.}$$

Амортизаційні відрахування розраховуємо при амортизації 25% та вартості ЕОМ – 20000 грн.

$$C_A = K_{TM} \cdot K_A \cdot C_{ПР} = 1.15 \cdot 0.25 \cdot 20000 = 5750 \text{ грн.},$$

де  $K_{TM}$  – коефіцієнт, який враховує витрати на транспортування та монтаж приладу у користувача;

$K_A$  – річна норма амортизації;

$C_{ПР}$  – договірна ціна приладу.

Витрати на ремонт та профілактику розраховуємо як:

$$C_P = K_{TM} \cdot C_{ПР} \cdot K_P = 1.15 \cdot 20000 \cdot 0.05 = 1150 \text{ грн.},$$

де  $K_P$  – відсоток витрат на поточні ремонти.

Ефективний годинний фонд часу ПК за рік розраховуємо за формулою:

$$\begin{aligned} T_{\text{ЕФ}} &= (D_K - D_B - D_C - D_P) \cdot t_3 \cdot K_B = (365 - 104 - 12 - 16) \cdot 8 \cdot 0.9 = \\ &= 856.7 \text{ годин,} \end{aligned}$$

де  $D_K$  – календарна кількість днів у році;

$D_B, D_C$  – відповідно кількість вихідних та святкових днів;

$D_P$  – кількість днів планових ремонтів устаткування;

$t$  – кількість робочих годин в день;

$K_B$  – коефіцієнт використання приладу у часі протягом зміни.

Витрати на оплату електроенергії розраховуємо за формулою:

$$C_{\text{ЕЛ}} = T_{\text{ЕФ}} \cdot N_{\text{С}} \cdot K_{\text{З}} \cdot C_{\text{ЕН}} = 856.7 \cdot 0,3 \cdot 0,2 \cdot 3,52 = 180.9 \text{ грн.},$$

де  $N_{\text{С}}$  – середньо-споживча потужність приладу;  
 $K_{\text{З}}$  – коефіцієнтом зайнятості приладу;  
 $C_{\text{ЕН}}$  – тариф за 1 КВт-годин електроенергії.

Накладні витрати розраховуємо за формулою:

$$C_{\text{Н}} = C_{\text{ПР}} \cdot 0.67 = 20000 \cdot 0,67 = 13400 \text{ грн.}$$

Тоді, річні експлуатаційні витрати будуть:

$$C_{\text{ЕКС}} = C_{\text{ЗП}} + C_{\text{ВІД}} + C_{\text{А}} + C_{\text{Р}} + C_{\text{ЕЛ}} + C_{\text{Н}}, \#(4.17)$$

$$C_{\text{ЕКС}} = 28800 + 6336 + 10589,76 + 5750 + 1150 + 2496,27 + 13400 = 57932,27 \text{ грн.}$$

Собівартість однієї машино-години ЕОМ дорівнюватиме:

$$C_{\text{М-Г}} = C_{\text{ЕКС}} / T_{\text{ЕФ}} = 57932,27 / 1677.6 = 34,53 \text{ грн/год.}$$

Оскільки в даному випадку всі роботи, які пов'язані з розробкою програмного продукту ведуться на ЕОМ, витрати на оплату машинного часу, в залежності від обраного варіанта реалізації, складає:

$$C_{\text{М}} = C_{\text{М-Г}} \cdot T, \#(4.18)$$

$$\text{I. } C_M = 34,53 \cdot 1328,64 = 45881,69 \text{ грн.}$$

$$\text{II. } C_M = 34,53 \cdot 1345,52 = 46464,61 \text{ грн.}$$

Накладні витрати складають 67% від заробітної плати:

$$C_H = C_{ЗП} \cdot 0,67, \#(5.19)$$

$$\text{I. } C_H = 102811,43 \cdot 0,67 = 68883,66 \text{ грн.}$$

$$\text{II. } C_H = 104117,62 \cdot 0,67 = 69758,80 \text{ грн.}$$

Отже, вартість розробки ПП за варіантами становить:

$$C_{ПП} = C_{ЗП} + C_{ВІД} + C_M + C_H, \#(4.20)$$

$$\text{I. } C_{ПП} = 102811,43 + 22618,51 + 45881,69 + 68883,66 = 240195,29 \text{ грн.}$$

$$\text{II. } C_{ПП} = 104117,62 + 22905,88 + 46464,61 + 69758,80 = 243246,91 \text{ грн.}$$

#### 4.7 Вибір кращого варіанту ПП техніко-економічного рівня

Розрахуємо коефіцієнт техніко-економічного рівня за формулою:

$$K_{\text{TEP}j} = K_{Kj} / C_{\Phi j}, \#(4.21)$$

$$K_{\text{TEP}1} = 4,25/240195,29 = 1,77 \cdot 10^{-5},$$

$$K_{\text{TEP}2} = 3,74/243246,91 = 1,53 \cdot 10^{-5}.$$

Як бачимо, найбільш ефективним є перший варіант реалізації програми з коефіцієнтом техніко-економічного рівня  $K_{\text{TEP}1} = 1,77 \cdot 10^{-5}$ .

Після виконання функціонально-вартісного аналізу програмного комплексу що розробляється, можна зробити висновок, що з альтернатив, що залишилися після першого відбору двох варіантів виконання програмного комплексу оптимальним є перший варіант реалізації програмного продукту. У нього виявився найкращий показник техніко-економічного рівня якості  $K_{\text{TEP}} = 1,77 \cdot 10^{-5}$ .

Цей варіант реалізації програмного продукту має такі параметри:

- мова програмування – Java;
- Використання моделей з великою ємністю
- Використання стандартного інтерфейсу візуалізації, швидкість розробки

Даний варіант виконання програмного комплексу дає користувачу зручний інтерфейс, непоганий функціонал і швидкодію.

## Висновки до розділу

Проведено повний функціонально-вартісний аналіз програмного продукту. Визначено та проведено оцінку основних функцій програмного продукту. Визначено параметри, які характеризують програмний продукт. Проведено експертне оцінювання параметрів та аналіз якості варіантів реалізації функцій.

Проведено економічний аналіз варіантів розробки – трудомісткість, витрати на заробітну плату та інші витрати.

На основі аналізу вибрано варіант реалізації програмного продукту.

## ВИСНОВКИ

У даній бакалаврській дипломній роботі дослідження було присвячено різним типам стратегічних ходів разом з деякими винятками з класичної теорії економіки, що на зараз вивчається окремою великою наукою - поведінковою економікою.

Метою роботи є знаходження рівноваги Неша з попередньо визначеними та проаналізованими виграшами і порівняння з практичними даними.

Практичним результатом роботи слугує програмний продукт, який рахує рівновагу Неша для заданої задачі.

Перший розділ має роз'яснення за три методи стратегічних ходів, що можливо використовувати, якщо суттєво збільшити вигаш є головною метою. Більше того, наведені приклади та умови при яких необхідно їх використовувати, інакше є можливість зробити собі гірше, ніж уникаючи їх застосування.

В другому розділі проведено аналіз та вивчення теми поведінкової економіки, що дозволяє зрозуміти процес прийняття рішень людей під емоціональним впливом або впливом деяких речей на загальний стан особи.

В третьому розділі описано роботу програмного продукту для знаходження такого набору стратегій для обох учасників, що при зміні на якусь свою іншу стратегію, коли супротивник залишається при своєму виборі, не досягне кращого результату. Проведено аналіз теоретичних і практичних даних.

У четвертому розділі проведено функціонально-вартісний аналіз розробленої системи.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Диксит А., Скит С., Рейли-младший Д. Стратегические игры. Доступный учебник по теории игр. Нью-Йорк: Манн, Иванов, Фербер, 2019. 880 с.
2. Barberis N. Richard Thaler and the Rise of Behavioral Economics // The Scandinavian Journal of Economics . 2018. Vol. 120. P.661 -684.
3. Moffatt P. Experimental Economics. Rethinking the Rules // Researchgate. 2009. Norwich. P.1-46.
4. Классическая экономическая теория. URL: <https://www.grandars.ru/student/ekonomicheskaya-teoriya/klassicheskaya-ekonomicheskaya-teoriya.html> (дата звернення: 14.05.2021).
5. Thaler R. Misbehaving: the making of behavioral economics // Corvinus journal of sociology and social policy . 2018. № Vol.9 (1). С.195-201 URL: [https://www.researchgate.net/profile/Virag-Ilyes/publication/326036316\\_Misbehaving\\_The\\_Making\\_of\\_Behavioral\\_Economics\\_by\\_Richard\\_H\\_Thaler/links/5bc7290c458515f7d9bfe960/Misbehaving-The-Making-of-Behavioral-Economics-by-Richard-H-Thaler.pdf?origin=publication\\_detail](https://www.researchgate.net/profile/Virag-Ilyes/publication/326036316_Misbehaving_The_Making_of_Behavioral_Economics_by_Richard_H_Thaler/links/5bc7290c458515f7d9bfe960/Misbehaving-The-Making-of-Behavioral-Economics-by-Richard-H-Thaler.pdf?origin=publication_detail)
6. Психология покупателей — почему Моя кружка за 30 рублей стоит больше, чем Ваша кружка за 30 рублей? URL: <https://lpgenerator.ru/blog/2014/02/26/psihologiya-pokupatelej-pochemu-moya-kruzhka-za-30-rublej-stoit-bolshe-chem-vasha-kruzhka-za-30-rublej/>
7. Cognitive biases: loss aversion. URL: <https://uxdesign.cc/cognitive-biases-loss-aversion-925149360f46>
8. Диксит А. Теория игр. Искусство стратегического мышления в бизнесе и жизни. New York: W.W.Norton&Company, 2008. 810 с.

9. Вся статистика интернета и соцсетей на 2021 год — цифры и тренды в мире и в России. URL: <https://www.web-canape.ru/business/vsya-statistika-interneta-i-socsetej-na-2021-god-cifry-i-trendy-v-mire-i-v-rossii/>
10. Как поведенческая экономика меняет представление о человеке. URL: <https://www.hse.ru/news/edu/211223816.html>
11. Поведенческая экономика Нобелевского лауреата: как это работает в жизни. URL: <https://www.epravda.com.ua/rus/publications/2017/10/13/630098/>
12. Endowment Effect. URL: <https://www.epravda.com.ua/rus/publications/2017/10/13/630098/>
13. Making game theory work for managers. URL: <https://www.mckinsey.com/business-functions/strategy-and-corporate-finance/our-insights/making-game-theory-work-for-managers#>
14. О компании. URL: <https://www.iqos.com.ua/ru>
15. Что такое Netflix? URL: <https://help.netflix.com/ru/node/412>
16. Поведенческая экономика: глупости, которые мы совершаем. URL: <https://www.psychologies.ru/articles/povedencheskaya-ekonomika-gluposti-kotoryie-myi-sovershaem/>
17. Monefy - учет расходов. URL: <https://apps.apple.com/ru/app/monefy-учет-расходов/id1212024409>
18. Поведенческая экономика: за что дали Нобелевскую премию в 2017. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=6OGWDOSQcUA&t=937s>
19. Сегодня экономика считается наукой, изучающей человеческое поведение с помощью в некоторой степени идеалистических моделей. URL: <http://nbjournal.ru/archives/1051>
20. Instagram. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Instagram>
21. About: Instagram. URL: <https://dbpedia.org/page/Instagram>

22. Ігри розуму. URL: [https://znaimo.com.ua/Ігри\\_розуму](https://znaimo.com.ua/Ігри_розуму)

23. Вся мощь IntelliJ IDEA на примере одного языка (в картинках). URL:  
<https://www.jetbrains.com/ru-ru/idea/>

# ДОДАТОК А СЛАЙДИ ПРЕЗЕНТАЦІЇ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Інститут прикладного системного аналізу  
Кафедра математичних методів системного аналізу

## ДИПЛОМНА РОБОТА НА ТЕМУ

### "Стратегічні ходи: зобов'язання, загрози, обіцяння»

**Виконала:** Семіконь Ярослава

Володимирівна, КА-74

**Науковий керівник:** канд. фіз.- мат.  
наук Леся Валеріївна Барановська

## ВСТУП

### Об'єкт дослідження

*Життєві ситуації у відносинах людей;  
Ситуації прийняття рішень особистостей*

### Предмет дослідження

*Стратегічні ходи в іграх та ситуаціях,  
що збільшують виграші в кінцевих  
результатах*

### Мета дослідження

*Дослідити існуючі методи  
стратегічних ходів. Порівняти  
теоретичне знаходження кращої  
стратегії та стратегії реальних людей.*

1. Розглянути можливі стратегічні ходи та умови їх використання

3. Зібрати та підготувати дані для подальшого аналізу

1.

2.

3.

2. Розглянути методи поведінкової економіки (ПЕ) та її використання

## ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

4.

4. Написати програмний продукт для знаходження рівноваги Неша

5.

5. Застосування стратегічних ходів та методи ПЕ, для досягнення більшого виграшу

ЗОБОВ'ЯЗАННЯ

ОБІЦЯННЯ

ЗАГРОЗИ

## СТРАТЕГІЧНІ ХОДИ

*Достовірність*

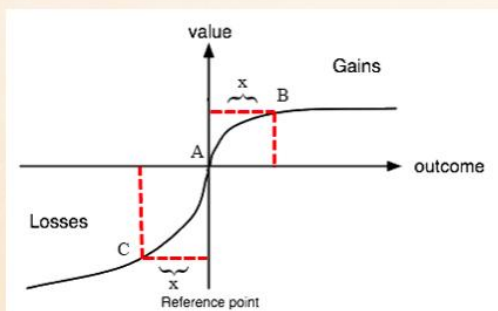


*Спостереження*



## ПОВЕДІНКОВА ЕКОНОМІКА

### Відраза від втрати



*Приклад: Безкоштовні білети vs Куплені білети*

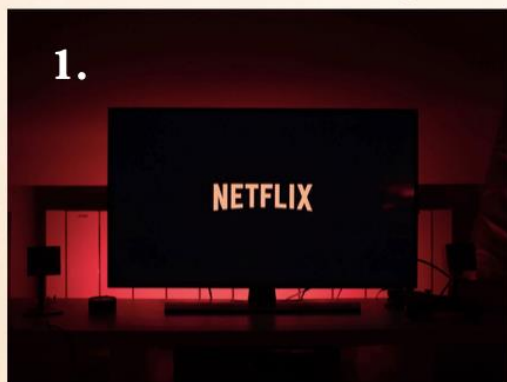
### Розумовий розрахунок



*Категорії грошей: Їжа, розваги, покупка побудової техніки*

## ПОВЕДІНКОВА ЕКОНОМІКА

### Ефект володіння



1. Netflix - онлайн сервіс з перегляду фільмів та серіалів
2. IQOS - альтернативний спосіб споживання тютюну

Таблиця виграшів задачі Споживач - Netflix

Споживач Netflix	Підписатися	Не підписуватись
Застосовувати акцію	4,3	1,4
Не застосовувати акцію	3,1	2,2

Результат знаходження Неша

Стратегія: *Не застосовувати акцію,  
не підписуватись (2,2)*

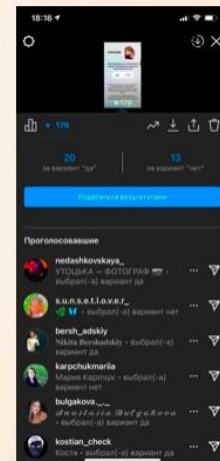
**АЛЕ!**

Netflix обирає стратегію  
*застосовувати акцію*

Спрацьовує ефект володіння

Максимізація виграшу

Дані були отримані з Instagram Stories

**ЗІБРАНІ  
ДАНІ**

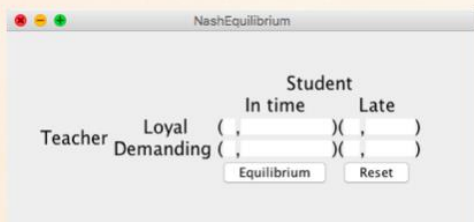
## ОПИС ОБРАНОЇ ЗАДАЧІ

		Студент	
		Вчасно	Запізнення
Вчитель	Лояльний	4,5	3,4
	Вимогливий	2,3	1,1

Експертно створена таблиця вигравшів залучених людей

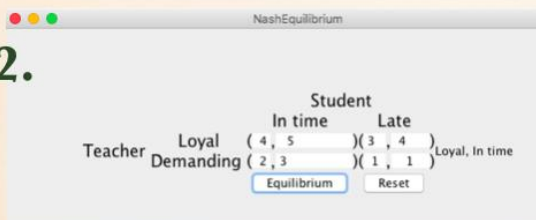
## ПРИКЛАДИ РОБОТИ ПРОГРАМИ

1.



*Програма спеціально розроблялась для обраної проблеми «студент та вчитель»*

2.



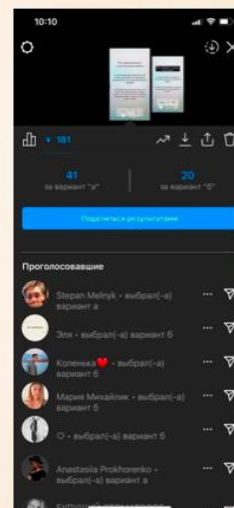
1. Початкове вікно програми
2. Вікно вже з результатом

## ЗІБРАНІ ДАНІ

Дані були отримані з Instagram Stories

Перше запитання, що було викладено у Instagram Stories було «Що обере студент?»

- *Варіант А:* Виконувати домашнє завдання вчасно і чітко виконувати поставлену задачу.
- *Варіант Б:* Здавати домашнє завдання із запізненням ( гуляти до останнього і не встигати в термін).

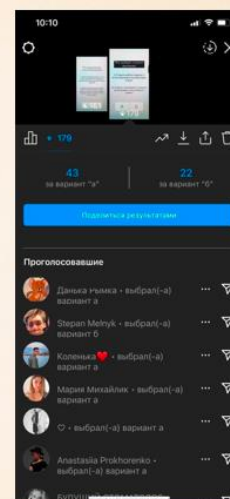


## ЗІБРАНІ ДАНІ

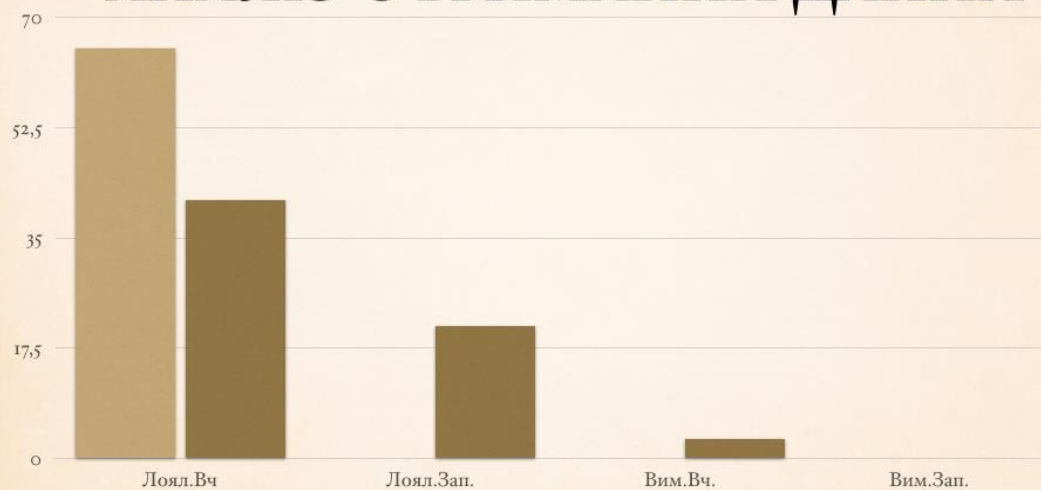
Дані були отримані з Instagram Stories

Друге запитання було наступне - “Що краще оберуть студенти?” та варіанти відповідей:

- *Варіант А:* Лояльний вчитель, що не ставить дедлайнів (кінцевих строків) та не задає багато домашніх завдань та ще й не дає додаткових робіт.
- *Варіант Б:* Вимогливий вчитель, що дає корисний матеріал, але багато роботи на дім, робить жорсткі умови виконання робіт, такі як дедлайни та додаткові завдання у випадку невиконання робіт вчасно і таке інше.



## АНАЛІЗ ОТРИМАНИХ ДАНИХ



## ОКРЕМИЙ ВИПАДОК ЗАДАЧІ

		Студент	
		Вчасно	Не вчасно
Вчитель	Лояльність	4,3	2,4
	Вимогливий	3,2	1,1

*Рівновага Неша -  
стратегія «Лоял./  
Зап.»*

Стратегічний хід від вчителя для отримання кращих вииграшів - зобов'язання дотримання лояльного методу, якщо школярі здадуть роботи вчасно.

## ВИСНОВКИ

- Проведено аналіз існуючих стратегічних ходів та методів ПЕ в життєвих ситуаціях
- Зібрані та проаналізовані реальні дані
- Розроблена програма для знаходження рівноваги Неша

**ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!**

## ДОДАТОК Б ЛІСТИНГ ПРОГРАМИ

```
public class NashEquilibrium {
    public static String calculateNash(double aUL, double bUL, double aDL,
double bDL, double aUR, double bUR, double aDR,
double bDR) {
    String answer = null;
    String aAnswerLeft = null;
    String aAnswerRight = null;
    String bAnswerUp = null;
    String bAnswerDown = null;

    if (aUL > aDL) {
        aAnswerLeft = "Left Up";
    } else if (aUL < aDL) {
        aAnswerLeft = "Left Down";
    } else {
        aAnswerLeft = "Left Up Left Down";
    }
    if (aUR > aDR) {
        aAnswerRight = "Right Up";
    } else if (aUR < aDR) {
        aAnswerRight = "Right Down";
    } else {
        aAnswerRight = "Right Up Right Down";
    }

    if (bUR > bUL) {
        bAnswerUp = "Right Up";
    } else if (bUR < bUL) {
        bAnswerUp = "Left Up";
    } else {
        bAnswerUp = "Left Up Right Up";
    }
    if (bDR > bDL) {
        bAnswerDown = "Right Down";
    } else if (bDR < bDL) {
        bAnswerDown = "Left Down";
    } else {
        bAnswerDown = "Left Down Right Down";
    }
}
```

```

        if (aAnswerLeft.contains("Up") && bAnswerUp.contains("Left")) {
            answer = "Loyal, In time";
        } else if (aAnswerLeft.contains("Down") &&
bAnswerDown.contains("Left")) {
            answer = "Demanding, In time";
        } else if (aAnswerRight.contains("Up") && bAnswerUp.contains("Right"))
{
            answer = "Loyal, Late";
        } else if (aAnswerRight.contains("Down") &&
bAnswerDown.contains("Right")) {
            answer = "Demanding, Late";
        } else {
            answer = "No answer";
        }

        return answer;
    }
}

```

```
import java.awt.*;
```

```
import javax.swing.JFrame;
import javax.swing.JLabel;
import javax.swing.SwingConstants;
```

```
public class window {
```

```

    public static void addLabel(JFrame window, JLabel label, String
displayString, int gridx, int gridy, int gridw,
        int gridh) {
        label = new JLabel(displayString);
        label.setVerticalAlignment(SwingConstants.CENTER);
        label.setHorizontalAlignment(SwingConstants.CENTER);
        label.setFont(new java.awt.Font("Century Gothic", Font.PLAIN, 18));
        GridBagConstraints GridLayout = new GridBagConstraints();
        GridLayout.fill = GridBagConstraints.HORIZONTAL;
        GridLayout.gridx = gridx;
        GridLayout.gridy = gridy;
        GridLayout.gridwidth = gridw;
        GridLayout.gridheight = gridh;
        window.add(label, GridLayout);
    }
}

```

```

    }
}
import java.awt.Color;
import java.awt.GridBagConstraints;
import java.awt.GridBagLayout;
import java.awt.event.ActionEvent;
import java.awt.event.ActionListener;
import java.awt.event.KeyAdapter;
import java.awt.event.KeyEvent;

import javax.swing.JButton;
import javax.swing.JFrame;
import javax.swing.JLabel;
import javax.swing.JTextArea;
import javax.swing.SwingConstants;

public class Main {

    private static void printMass(int[][] m) {

        for(int i = 0; i<m.length;i++){
            for(int j = 0;j<m.length;j++){
                System.out.print(m[i][j]+" ");
            }
            System.out.println("\n ");
        }
    }

    public static void main(String[] args) {

        JFrame.setDefaultLookAndFeelDecorated(true);
        JFrame Window = new JFrame("NashEquilibrium");
        Window.setLayout(new GridBagLayout());
        Window.setBackground(Color.green);

        Window.setDefaultCloseOperation(JFrame.EXIT_ON_CLOSE);
        GridBagConstraints GridLayout = new GridBagConstraints();
        GridLayout.fill = GridBagConstraints.HORIZONTAL;

        JLabel playerA = null;

```

```

window.addLabel(Window, playerA, "Teacher ", 0, 2, 1, 2);
JLabel upLabel = null;
window.addLabel(Window, upLabel, "Loyal", 1, 2, 1, 1);
JLabel downLabel = null;
window.addLabel(Window, downLabel, "Demanding ", 1, 3, 1, 1);
JLabel playerB = null;
window.addLabel(Window, playerB, "Student", 2, 0, 10, 1);
JLabel leftLabel = null;
window.addLabel(Window, leftLabel, "In time ", 2, 1, 5, 1);
JLabel upLeftBraceOpen = null;
window.addLabel(Window, upLeftBraceOpen, "(", 2, 2, 1, 1);

```

```

final JTextArea aUpLeft = new JTextArea(" ");
GridLayout.fill = GridBagConstraints.HORIZONTAL;
GridLayout.gridx = 3;
GridLayout.gridy = 2;
GridLayout.gridwidth = 1;
GridLayout.gridheight = 1;
Window.add(aUpLeft, GridLayout);

```

```

JLabel upLeftComma = null;
window.addLabel(Window, upLeftComma, ",", 4, 2, 1, 1);

```

```

final JTextArea bUpLeft = new JTextArea(" ");
GridLayout.fill = GridBagConstraints.HORIZONTAL;
GridLayout.gridx = 5;
GridLayout.gridy = 2;
GridLayout.gridwidth = 1;
GridLayout.gridheight = 1;
Window.add(bUpLeft, GridLayout);

```

```

JLabel upLeftBraceClose = null;
window.addLabel(Window, upLeftBraceClose, ")", 6, 2, 1, 1);
JLabel downLeftBraceOpen = null;
window.addLabel(Window, downLeftBraceOpen, "(", 2, 3, 1, 1);

```

```

final JTextArea aDownLeft = new JTextArea(" ");
GridLayout.fill = GridBagConstraints.HORIZONTAL;
GridLayout.gridx = 3;
GridLayout.gridy = 3;
GridLayout.gridwidth = 1;

```

```
GridLayout.gridheight = 1;  
Window.add(aDownLeft, GridLayout);
```

```
JLabel downLeftComma = null;  
window.addLabel(Window, downLeftComma, ",", 4, 3, 1, 1);
```

```
final JTextArea bDownLeft = new JTextArea(" ");  
GridLayout.fill = GridBagConstraints.HORIZONTAL;  
GridLayout.gridx = 5;  
GridLayout.gridy = 3;  
GridLayout.gridwidth = 1;  
GridLayout.gridheight = 1;  
Window.add(bDownLeft, GridLayout);
```

```
JLabel downLeftBraceClose = null;  
window.addLabel(Window, downLeftBraceClose, ")", 6, 3, 1, 1);  
JLabel rightLabel = null;  
window.addLabel(Window, rightLabel, "Late ", 7, 1, 5, 1);  
JLabel upRightBraceOpen = null;  
window.addLabel(Window, upRightBraceOpen, "(", 7, 2, 1, 1);
```

```
final JTextArea aUpRight = new JTextArea(" ");  
GridLayout.fill = GridBagConstraints.HORIZONTAL;  
GridLayout.gridx = 8;  
GridLayout.gridy = 2;  
GridLayout.gridwidth = 1;  
GridLayout.gridheight = 1;  
Window.add(aUpRight, GridLayout);
```

```
JLabel upRightComma = null;  
window.addLabel(Window, upRightComma, ",", 9, 2, 1, 1);
```

```
final JTextArea bUpRight = new JTextArea(" ");  
GridLayout.fill = GridBagConstraints.HORIZONTAL;  
GridLayout.gridx = 10;  
GridLayout.gridy = 2;  
GridLayout.gridwidth = 1;  
GridLayout.gridheight = 1;  
Window.add(bUpRight, GridLayout);
```

```
JLabel upRightBraceClose = null;  
window.addLabel(Window, upRightBraceClose, ")", 11, 2, 1, 1);  
JLabel downRightBraceOpen = null;
```

```
window.addLabel(Window, downRightBraceOpen, "(", 7, 3, 1, 1);
```

```
final JTextArea aDownRight = new JTextArea(" ");
GridLayout.fill = GridBagConstraints.HORIZONTAL;
GridLayout.gridx = 8;
GridLayout.gridy = 3;
GridLayout.gridwidth = 1;
GridLayout.gridheight = 1;
Window.add(aDownRight, GridLayout);
```

```
JLabel downRightComma = null;
window.addLabel(Window, downRightComma, ",", 9, 3, 1, 1);
```

```
final JTextArea bDownRight = new JTextArea(" ");
GridLayout.fill = GridBagConstraints.HORIZONTAL;
GridLayout.gridx = 10;
GridLayout.gridy = 3;
GridLayout.gridwidth = 1;
GridLayout.gridheight = 1;
Window.add(bDownRight, GridLayout);
```

```
JLabel downRightBraceClose = null;
window.addLabel(Window, downRightBraceClose, ")", 11, 3, 1, 1);
```

```
JButton Calculate = new JButton("Equilibrium");
GridLayout.fill = GridBagConstraints.HORIZONTAL;
GridLayout.gridx = 2;
GridLayout.gridy = 5;
GridLayout.gridwidth = 4;
GridLayout.gridheight = 1;
Window.add(Calculate, GridLayout);
```

```
JButton Reset = new JButton("Reset");
GridLayout.fill = GridBagConstraints.HORIZONTAL;
GridLayout.gridx = 7;
GridLayout.gridy = 5;
GridLayout.gridwidth = 4;
GridLayout.gridheight = 1;
Window.add(Reset, GridLayout);
```

```
final JLabel Answer = new JLabel(" ");
Answer.setVerticalAlignment(SwingConstants.CENTER);
Answer.setHorizontalAlignment(SwingConstants.CENTER);
```

```

GridLayout.fill = GridBagConstraints.HORIZONTAL;
GridLayout.gridx = 13;
GridLayout.gridy = 2;
GridLayout.gridwidth = 1;
GridLayout.gridheight = 2;
Window.add(Answer, GridLayout);

```

```

aUpLeft.addKeyListener(new KeyAdapter() {
    @Override
    public void keyPressed(KeyEvent e) {
        if (e.getKeyCode() == KeyEvent.VK_TAB) {
            if (e.getModifiers() > 0) {
                aUpLeft.transferFocusBackward();
            } else {
                aUpLeft.transferFocus();
            }
            e.consume();
        }
    }
});

```

```

bUpLeft.addKeyListener(new KeyAdapter() {
    @Override
    public void keyPressed(KeyEvent e) {
        if (e.getKeyCode() == KeyEvent.VK_TAB) {
            if (e.getModifiers() > 0) {
                bUpLeft.transferFocusBackward();
            } else {
                bUpLeft.transferFocus();
            }
            e.consume();
        }
    }
});

```

```

aUpRight.addKeyListener(new KeyAdapter() {
    @Override
    public void keyPressed(KeyEvent e) {
        if (e.getKeyCode() == KeyEvent.VK_TAB) {
            if (e.getModifiers() > 0) {
                aUpRight.transferFocusBackward();
            } else {
                aUpRight.transferFocus();
            }
        }
    }
});

```

```

        }
        e.consume();
    }
}
});

bUpRight.addKeyListener(new KeyAdapter() {
    @Override
    public void keyPressed(KeyEvent e) {
        if (e.getKeyCode() == KeyEvent.VK_TAB) {
            if (e.getModifiers() > 0) {
                bUpRight.transferFocusBackward();
            } else {
                bUpRight.transferFocus();
            }
        }
        e.consume();
    }
});

aDownLeft.addKeyListener(new KeyAdapter() {
    @Override
    public void keyPressed(KeyEvent e) {
        if (e.getKeyCode() == KeyEvent.VK_TAB) {
            if (e.getModifiers() > 0) {
                aDownLeft.transferFocusBackward();
            } else {
                aDownLeft.transferFocus();
            }
        }
        e.consume();
    }
});

bDownLeft.addKeyListener(new KeyAdapter() {
    @Override
    public void keyPressed(KeyEvent e) {
        if (e.getKeyCode() == KeyEvent.VK_TAB) {
            if (e.getModifiers() > 0) {
                bDownLeft.transferFocusBackward();
            } else {
                bDownLeft.transferFocus();
            }
        }
    }
});

```

```

        e.consume();
    }
}
});

aDownRight.addKeyListener(new KeyAdapter() {
    @Override
    public void keyPressed(KeyEvent e) {
        if (e.getKeyCode() == KeyEvent.VK_TAB) {
            if (e.getModifiers() > 0) {
                aDownRight.transferFocusBackward();
            } else {
                aDownRight.transferFocus();
            }
        }
        e.consume();
    }
});

bDownRight.addKeyListener(new KeyAdapter() {
    @Override
    public void keyPressed(KeyEvent e) {
        if (e.getKeyCode() == KeyEvent.VK_TAB) {
            if (e.getModifiers() > 0) {
                bDownRight.transferFocusBackward();
            } else {
                bDownRight.transferFocus();
            }
        }
        e.consume();
    }
});

Calculate.addActionListener(new ActionListener() {
    public void actionPerformed(ActionEvent e) {
        double aInUpLeft = Double.parseDouble(aUpLeft.getText().replace("
", ""));
        double bInUpLeft = Double.parseDouble(bUpLeft.getText().replace("
", ""));
        double aInDownLeft =
Double.parseDouble(aDownLeft.getText().replace(" ", ""));
        double bInDownLeft =
Double.parseDouble(bDownLeft.getText().replace(" ", ""));

```

```

        double aInUpRight =
Double.parseDouble(aUpRight.getText().replace(" ", ""));
        double bInUpRight =
Double.parseDouble(bUpRight.getText().replace(" ", ""));
        double aInDownRight =
Double.parseDouble(aDownRight.getText().replace(" ", ""));
        double bInDownRight =
Double.parseDouble(bDownRight.getText().replace(" ", ""));

        Answer.setText("Calculating...");
        Answer.setText(NashEquilibrium.calculateNash(aInUpLeft,
bInUpLeft, aInDownLeft, bInDownLeft, aInUpRight, bInUpRight,
        aInDownRight, bInDownRight));
        if (Answer.getText() == "No answer") {
            Answer.setForeground(Color.RED);
        } else {
            Answer.setForeground(Color.BLACK);
        }
    }
});
Reset.addActionListener(new ActionListener() {
    public void actionPerformed(ActionEvent e) {
        aUpLeft.setText(" ");
        bUpLeft.setText(" ");
        aDownLeft.setText(" ");
        bDownLeft.setText(" ");
        aUpRight.setText(" ");
        bUpRight.setText(" ");
        aDownRight.setText(" ");
        bDownRight.setText(" ");
        Answer.setText("None");
        Answer.setForeground(Color.BLACK);
    }
});

Window.setSize(402, 112);
Window.setVisible(true);
}
}

```