

Полтавський університет економіки і торгівлі
Навчально-науковий інститут денної освіти
Форма навчання денна
Кафедра комп'ютерних наук та інформаційних технологій

Допускається до захисту

Завідувач кафедри

_____ Олена ОЛЬХОВСЬКА

(підпис)

«__»_____2023 р.

ДИПЛОМНА РОБОТА

на тему

**РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИМУЛЯТОРА З
ТЕМИ «ШКАЛИ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ В СИСТЕМНОМУ
АНАЛІЗІ» ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАЛЬНОГО КУРСУ
«СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ТА ТЕОРІЯ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ»**

зі спеціальності 122 «Комп'ютерні науки»

освітня програма «Комп'ютерні науки»

ступеня магістра

Виконавець роботи Рудницький Антон Володимирович

_____ «__»_____2023р.

(підпис)

Науковий керівник к.ф.-м.н., доц., Черненко Оксана Олексіївна

_____ «__»_____2023р.

(підпис)

ПОЛТАВА 2023

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____ Ольховська О.В.
«_» _____ 2023р.

**ЗАВДАННЯ ТА КАЛЕНДАРНИЙ ГРАФІК
ВИКОНАННЯ ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ**

на тему «Розробка програмного забезпечення симулятора з теми «Шкали, що використовуються в системному аналізі» дистанційного навчального курсу «Системний аналіз та теорія прийняття рішень»

зі спеціальності 122 «Комп'ютерні науки»

освітня програма «Комп'ютерні науки»

ступеня магістр

Прізвище, ім'я, по батькові Рудницький Антон Володимирович

Затверджена наказом ректора № 8-Н від «_» _____ 202_ р.

Термін подання студентом роботи «_» _____ 202_ р.

Вихідні дані до кваліфікаційно роботи: публікації з теми, навчальні тренажери в дистанційних курсах з комп'ютерних наук.

Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

ВСТУП

1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

2. ІНФОРМАЦІЙНИЙ ОГЛЯД

2.1 Огляд схожих тренажерів

2.2 Актуальність розробки тренажеру

3. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

3.1. Побудова узагальненої групової оцінки в кількісній шкалі

3.2. Узагальнене ранжування об'єктів в порядковій шкалі

3.3. Алгоритм роботи тренажера

3.4. Блок-схема програми тренажера

4. ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

4.1 Опис розробки тренажера

4.2 Інструкція до роботи з тренажером

ВИСНОВОК

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

ДОДАТОК А

4. Перелік графічного матеріалу: 3-4 аркуші блок-схем, інші необхідні ілюстрації.

5. Консультанти розділів магістерської роботи

Розділ	Прізвище, ініціали, посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1. Постанова задачі	<u>Черненко О.О.</u>		
2. Інформаційний огляд	<u>Черненко О.О.</u>		
3. Теоретична частина	<u>Черненко О.О.</u>		
4. Практична реалізація	<u>Черненко О.О.</u>		

6. Календарний графік виконання магістерської роботи

Зміст роботи	Термін виконання	Фактичне виконання
1. Вступ		
2. Вивчення методичних рекомендацій та стандартів та звіт керівнику		
3. Постановка задачі		
4. Інформаційний огляд джерел бібліотек та інтернету		
5. Теоретична частина		
6. Практична частина		
7. Закінчення оформлення		
8. Доповідь студента на кафедрі		
9. Доробка (за необхідністю), рецензування		

Дата видачі завдання «__» _____ 2023 р.

Здобувач вищої освіти

Рудницький А.В.

Науковий керівник

к. ф.-м. н., Черненко О.О.

Результати захисту дипломної роботи

Дипломна робота оцінена на _____

(балів, оцінка за національною шкалою, оцінка за ECTS)

Протокол засідання ЕК № _____ від «____» _____ 2023 р.

Секретар ЕК _____

(підпис)

_____ (ініціали та прізвище)

Затверджую

Зав. кафедрою _____
к.ф.-м.н. О. ОЛЬХОВСЬКА

Погоджено

Науковий керівник _____
доцент, к.ф.-м.н. О. ЧЕРНЕНКО

«_____» _____ 2023 р.

«_____» _____ 2023 р.

План

кваліфікаційної роботи ступеня магістр
зі спеціальності 122 Комп'ютерні науки
освітня програма 122 Комп'ютерні науки

Рудницький А.В.

Прізвище, ім'я, по батькові

на тему «Розробка програмного забезпечення симулятора з теми «Шкали, що використовуються в системному аналізі» дистанційного навчального курсу «Системний аналіз та теорія прийняття рішень»

ВСТУП

1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

2. ІНФОРМАЦІЙНИЙ ОГЛЯД

2.1 Огляд схожих тренажерів

2.2 Актуальність розробки тренажеру

3. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

3.1. Побудова узагальненої групової оцінки в кількісній шкалі

3.2. Узагальнене ранжування об'єктів в порядковій шкалі

3.3. Алгоритм роботи тренажера

3.4. Блок-схема програми тренажера

4. ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

4.1 Опис розробки тренажера

4.2 Інструкція до роботи з тренажером

ВИСНОВОК

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

Здобувач вищої освіти _____ А.РУДНИЦЬКИЙ
«_____» _____ 2023 р.

РЕФЕРАТ

Записка: 50 стор., в т.ч. основна частина 46 стор., джерел - 18.

Предмет розробки – є програма-симулятор з теми «Шкали, що використовуються в системному аналізі»

Мета роботи – здійснити програмну реалізацію симулятора для дистанційного оволодіння знань з теми «Шкали, що використовуються в системному аналізі» для навчального курсу «Системний аналіз та теорія прийняття рішень».

Методи, які були використані для розв’язування задачі – для розроблення програми було обрано середовище IDE MS Visual Studio та платформу Unity 2020 з мовою програмування C#

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ.....	9
2. ІНФОРМАЦІЙНИЙ ОГЛЯД	10
2.1 Огляд схожих тренажерів.....	10
2.2 Актуальність розробки тренажеру.....	11
3. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА.....	12
3.1. Побудова узагальненої групової оцінки в кількісній шкалі.....	12
3.2. Узагальнене ранжування об'єктів в порядковій шкалі.....	13
3.3. Алгоритм роботи тренажера	19
3.4. Блок-схема програми тренажера.....	22
4. ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА.....	23
4.1 Опис розробки тренажера	23
4.2 Інструкція до роботи з тренажером	31
ВИСНОВОК	45
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	47

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

Умовні позначення, символи, скорочення, терміни	Пояснення умовного позначення, скорочень, символів
Тренажер	Комп'ютерна програма-вчитель, призначена для вивчення і закріплення знань з різноманітних тем.
<i>ДК</i>	Дистанційний курс.
<i>ДН</i>	Дистанційне навчання.
<i>C#</i>	Мова програмування.
<i>Unity 2021</i>	Платформа для програмної реалізації.
<i>IDE MS Visual Studio</i>	Середовище для написання програмного коду.

ВСТУП

В умовах сьогодення надзвичайно важливим є запровадження інформаційних та телекомунікаційних засобів навчання, що допоможуть користувачу оволодіти знаннями без допомоги інших осіб, у зручний час та зручному місці за допомогою лише одного електронного пристрою, будь то телефон, комп'ютер чи планшет. Основною перевагою даних методів, навчання є доступність, різноманітність подання навчального матеріалу, ефективність та зручність.

В даній магістерській роботі розроблюється тренажер для дистанційного навчального курсу «Системний аналіз та теорія прийняття рішень» для навчання, вдосконалення та структуризації знань студентів з теми «Шкали, що використовуються в системному аналізі». Розроблений тренажер є важливим тренувальним засобом для вдосконалення вміння обкреслювати межі системи, структурувати завдання, співставляти розв'язання з зовнішніми умовами, проводити правильну агрегацію критеріїв системного аналізу та вибору формалізації для вирішення проблеми.

Мета роботи- здійснити програмну реалізацію симулятора для дистанційного оволодіння знань з теми «Шкали, що використовуються в системному аналізі» для навчального курсу «Системний аналіз та теорія прийняття рішень».

Об'єкт роботи- створення програми для забезпечення дистанційного навчання.

Предмет роботи- програма-симулятор з теми «Шкали, що використовуються в системному аналізі»

Методи роботи – для розроблення програми було обрано середовище IDE MS Visual Studio та платформу Unity 2020 з мовою програмування C#

1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Задачею магістерської роботи є створення програмного забезпечення для студентів, а саме, розробка тренажеру з теми «Шкали, що використовуються в системному аналізі» з початкової дисципліни «Системний аналіз та теорія прийняття рішень».

Поставлене завдання включає в себе:

1. Створення алгоритму роботи майбутньої програми.
2. Розробку практичних та теоретичних завдань.
3. Складання блок-схеми з алгоритму роботи тренажеру
4. Обрання мови програмування та програмна реалізація програми-тренажеру.
5. Розробка зручного інтерфейсу з можливостями навігації
6. Тестування та перевірка програми на валідність
7. Передбачення та усунення можливих помилок у роботі даного програмного забезпечення.

Вимоги до роботи тренажера:

1. Покрокове подання інформації та завдань.
2. Перевірка правильності відповіді на завдання з виведенням результату на екран користувача.
3. Зручність та доступність у використанні.
4. Забезпечення довідкової інформації щодо правильності відповідей.
5. Наявність інструкції до користування тренажером.

2. ІНФОРМАЦІЙНИЙ ОГЛЯД

2.1 Огляд схожих тренажерів

Для інформаційного огляду було обрано два наступних тренажери:

1. ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА ДО БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ на тему РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТРЕНАЖЕРУ З ТЕМИ «ЗЛИТТЯ ВПОРЯДКОВАНИХ ПОСЛІДОВНОСТЕЙ» ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАЛЬНОГО КУРСУ «АЛГОРИТМИ ТА СТРУКТУРИ ДАНИХ»

Автор: Кулинич, Марина Костянтинівна

2. ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА ДО ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ на тему ТРЕНАЖЕР З ТЕМИ "ЛОГІКА ВИСЛОВЛЮВАНЬ" ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАЛЬНОГО КУРСУ "МАТЕМАТИЧНА ЛОГІКА" ТА РОЗРОБКА ЙОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Автор: Сивокінь, Олександр Юрійович

Ретельно проглянувши обрані тренажери було знайдено негативні аспекти, що є в обох тренажерах:

- Повідомлення про помилку відкривається в окремому вікні;
- Для запуску тренажеру необхідно мати встановлену java, або мати телефон з андроїдом вище 7.0 відповідно;

- Немає можливості повтору роботи з тренажеру.

Також було знайдено позитивні аспекти даних тренажерів:

- Вибір тренінгу через початкове меню;
- В тренажерах використовується мінімум інтерфейсу;

2.2 Актуальність розробки тренажеру

Після ретельного проведення інформаційного огляду тренажерів, спрямованих на теми "Злиття впорядкованих послідовностей" та "Логіка висловлювань", були виявлені як позитивні, так і негативні аспекти існуючих рішень в цій області. Цей аналіз став основою для прийняття важливого рішення про створення власного тренажеру, враховуючи опрацьовану інформацію.

Позитивні сторони визначених тренажерів включають ефективність навчання та сприяння глибокому засвоєнню тематики, а також можливість інтерактивного взаємодії студентів з матеріалом. Однак у більшості з них виявлені недоліки, такі як обмежений функціонал, неефективна структура змісту та неадаптованість до індивідуальних потреб користувачів.

Враховуючи ці аспекти, було вирішено розробити новий тренажер, що базується на зібраній та аналізованій інформації. Цей новий тренажер покликаний усунути існуючі недоліки та вдосконалити процес навчання, надаючи студентам більше можливостей для розвитку в обраних темах.

3. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

3.1. Побудова узагальненої групової оцінки в кількісній шкалі

Розглянемо завдання створення узагальненої групової оцінки для об'єктів шляхом аналізу індивідуальних оцінок експертів. Згідно з гіпотезою, яка припускає, що експерти є досить точними "вимірювачами", групова оцінка формується за допомогою методів усереднення. Це випливає з того, що індивідуальні оцінки експертів становлять компакту групу, і для отримання найбільш узгодженої групової оцінки може використовуватися математичне сподівання (середнє значення) або медіана (найбільш ймовірна оцінка).

Нехай d експертів провели оцінку m об'єктів за l показниками. Результати оцінки представлені у вигляді величин (x_{is}^h) , де s – номер експерта, i – номер об'єкта, h – номер показника (ознаки) порівняння. Якщо оцінка об'єктів проведена методом ранжування, то величини (x_{is}^h) являють собою ранги. Якщо оцінка об'єктів виконана методом безпосередньої оцінки чи методом послідовного порівняння, то величини (x_{is}^h) являють собою числа або бали. Обробка результатів оцінки істотно залежить від розглянутих методів вимірювання.

Розглянемо спочатку випадок, коли величини (x_{is}^h) ($s=1,2,\dots,d$; $i=1,2,\dots,m$; $h=1,2,\dots,l$) одержані методом безпосередньої оцінки чи методом послідовного порівняння і, отже, є числами або балами. Для одержання групової оцінки об'єктів у цьому випадку можна скористатись середнім значенням оцінки для кожного об'єкта:

$$x_i = \sum_{h=1}^1 \sum_{s=1}^d q_h k_s x_{is}^h \quad (2.1)$$

де q_h – вагові коефіцієнти показників порівняння об'єктів, k_s – коефіцієнти компетентності експертів. Вагові коефіцієнти показників та коефіцієнти компетентності експертів є нормованими величинами:

$$\sum_{h=1}^1 q_h = 1, \sum_{s=1}^d k_s = 1. \quad (2.2)$$

Вагові коефіцієнти показників можуть бути визначені експертним шляхом. Якщо q_{hs} – ваговий коефіцієнт h -го показника, який наданий s -м експертом, то середній ваговий коефіцієнт h -го показника для всіх експертів дорівнює

$$q_h = \sum_{s=1}^d q_{hs} k_s, (h = 1, 2, \dots, 1). \quad (2.3)$$

Отримання групової експертної оцінки, шляхом сумування індивідуальних оцінок з використанням вагових коефіцієнтів компетентності та важливості показників при вимірюванні властивостей об'єктів у кількісних шкалах, базується на припущенні про виконання аксіом теорії корисності Неймана-Моргенштерна як для індивідуальної, так і для групової оцінки. У реальних завданнях ці умови, як правило, виконуються, тому використання підсумовування з ваговими коефіцієнтами індивідуальних оцінок експертів широко застосовується на практиці.

3.2. Узагальнене ранжування об'єктів в порядковій шкалі

Розглянемо випадок, коли експерти проводять вимірювання в порядковій шкалі методом ранжування, так що величини x_{his} (i – номер об'єкта, s – номер експерта, h – номер показника порівняння) – це ранги. Задача обробки полягає в побудові узагальненого ранжування на основі індивідуальних ранжувань експертів. Для спрощення розглянемо випадок однієї ознаки порівняння, тому індекс $h=1$ у величинах x_{his} опустимо. Кожне індивідуальне ранжування можна виразити у вигляді матриці парних порівнянь, де елементи визначаються згідно з певним правилом.

$$y_{ik}^s = \begin{cases} 1, & \text{якщо } x_{is} \leq x_{ks} \\ 0, & \text{якщо } x_{is} > x_{ks} \end{cases}, \quad (2.4)$$

де x_{ks} і x_{is} – ранги, які надаються s -експертом k -ому і i -му об'єктам. Нехай, наприклад, дано ранжування одним експертом ($s=1$)

$$O1 > O3 > O2 > O4 > O5.$$

Тоді матриця парних порівнянь для цього ранжування має вигляд табл. 2.1.

Таблиця 3.1 Матриця парних порівнянь

	O_1	O_2	O_3	O_4	O_5
O_1	1	1	1	1	1
O_2	0	1	1	1	1
O_3	0	1	0	1	1
O_4	0	0	0	1	1
O_5	0	0	0	0	1

Якщо у нас є d експертів, кожен з яких надає своє ранжування, то кожному ранжуванню відповідає матриця парних порівнянь. Отже, кількість таких матриць дорівнює числу експертів.

Для визначення відстані (метрики) між матрицями парних порівнянь вводиться формула, яку обчислюємо за допомогою:

$$d_{sl} = \sum_{i,k} |y_{ik}^s - y_{ik}^l|, (s, l = 1, 2, \dots, d). \quad (2.5)$$

Сенс цього виразу полягає в тому, що відстань між матрицями парних порівнянь визначається кількістю незбіжностей у всіх значеннях елементів матриць (метрика Хемінга).

Використовуючи цю метрику, узагальнене ранжування визначається як матриця парних порівнянь, яка найкраще узгоджується з матрицями парних порівнянь ранжувань експертів. Найкраще узгодження на практиці часто визначають як медіанну матрицю.

Медіанна матриця - це така матриця порівнянь, для якої сума відстаней до всіх матриць парних порівнянь є мінімальною:

$$||y_{ik}^*|| = \arg \min_{y_{ki}} \sum_{s=1}^d \sum_{i,k=1}^m |y_{ik}^s - y_{ik}|. \quad (2.6)$$

Доведемо, що побудова матриці парних порівнянь, яка відповідає медіанній матриці, здійснюється на основі принципу простої більшості голосів експертів для кожного елемента матриці. Модуль різниці між змінними у (12) дорівнює або

одиниці, або нулю, тому це вираз можна переписати у вигляді квадрату цієї різниці. Таким чином, замість (6) можна записати:

$$||y_{ik}^*|| = \arg \min_{y_{ki}} \sum_{s=1}^d \sum_{i,k=1}^m (y_{ik}^s - y_{ik})^2. \quad (2.7)$$

Піднявши до квадрату і враховуючи, що квадрат змінної дорівнює самій змінній, отримуємо з (7):

$$||y_{ik}^*|| = \arg \min_{y_{ki}} \sum_{s=1}^d \sum_{i,k=1}^m (y_{ik}^s - 2y_{ik}^s y_{ik} + y_{ik}). \quad (2.8)$$

Спочатку підсумуємо за індексом s, введемо позначення:

$$a_{ik} = \sum_{s=1}^d y_{ik}^s, \quad (2.9)$$

отримаємо з (8)

$$\begin{aligned} ||y_{ik}^*|| &= \arg \min_{y_{ki}} \sum_{s=1}^d \sum_{i,k=1}^m (a_{ik} - 2a_{ik}y_{ik} + y_{ik}d) \\ &= \arg \min_{y_{ik}} \left[\sum_{i,k=1}^m a_{ik} - 2 \sum_{i,k=1}^m y_{ik} \left(a_{ik} - \frac{d}{2} \right) \right]. \end{aligned} \quad (2.10)$$

Перша сума в квадратних дужках є константою і не залежить від змінної y_{ik} . Таким чином, мінімум виразу в квадратних дужках відповідає максимуму другого виразу, що записаний у круглих дужках. Отже,

$$y_{ik}^* = \arg \min_{y_{ik}} \sum_{s=1}^d \sum_{i,k=1}^m |y_{ik}^s - y_{ik}| = \arg \max_{y_{ik}} \sum_{i,k=1}^m y_{ik} \left(a_{ik} - \frac{d}{2} \right). \quad (2.11)$$

Максимальне значення за змінними y_{ik} , які можуть приймати значення 0 та 1, досягається, якщо їх обрати за таким правилом:

$$y_{ik}^* = \begin{cases} 1, & \text{якщо } a_{ik} \geq \frac{d}{2}, \\ 0, & \text{якщо } a_{ik} < \frac{d}{2}, \end{cases} \quad (2.12)$$

де d – кількість експертів.

де d – кількість експертів.

Величини a_{ik} відповідно до (9) визначають кількість голосів, відданих експертами за перевагу i -го об'єкта над k -им об'єктом. Тому в узагальненій матриці парних порівнянь відповідно до оптимальних правил рішень (11) в елементі i -го рядка k -го стовпця ставиться одиниця, тобто приймається, що $O_i > O_k$, якщо не менше половини експертів висловились за цю перевагу. Таким чином, усі елементи узагальненої матриці парних порівнянь визначаються за правилом більшості голосів.

У розглянутому алгоритмі побудови узагальненої матриці парних порівнянь можна врахувати компетентність експертів шляхом введення коефіцієнтів компетентності k_s у співвідношення (6):

$$||y_{ik}^*|| = \arg \min_{y_{ki}} \sum_{s=1}^d \sum_{i,k=1}^m k_s |y_{ik}^s - y_{ik}|. \quad (2.13)$$

Виконуючи перетворення, аналогічні до співвідношень (7)–(12), одержуємо для випадку врахування коефіцієнтів компетентності експертів таке правило побудови узагальненої матриці парних порівнянь:

$$y_{ik}^* = \begin{cases} 1, \text{якщо } b_{ik} \geq \frac{1}{2}, \\ 0, \text{якщо } b_{ik} < \frac{1}{2}, \end{cases} \quad (2.14)$$

де величини b_{ik} дорівнюють

$$b_{ik} = \sum_{s=1}^d k_s y_{ik}^s, (i, k, \dots, m). \quad (2.15)$$

Величина порогу в (20) стала рівною $1/2$ внаслідок того, що величини b_{ik} можна розглядати як імовірність того, що i -й об'єкт має перевагу над k -м об'єктом.

За наявності декількох ситуацій експерти впорядковують об'єкти (рішення) для кожної ситуації окремо. Якщо відомі ймовірності ситуацій $p_1, p_2, \dots, p_n$, де n – кількість ситуацій, то можна побудувати узагальнене ранжування, усереднене за всіма ситуаціями. Введемо для елементів матриць парних порівнянь ще один індекс j – номер ситуацій. У цьому випадку узагальнена матриця парних порівнянь буде визначатися з умови

$$||y_{ik}^*|| = \arg \min_{y_{ki}} \sum_{j=1}^n \sum_{s=1}^d \sum_{i,k=1}^m p_j k_s |y_{ik}^{sj} - y_{ik}^i|. \quad (2.16)$$

Здійснюючи ті самі перетворення, що й у попередньому випадку, ми отримаємо правило формування узагальненої матриці парних порівнянь, яке обчислюється через усереднення ймовірностей у всіх сценаріях.

$$y_{ik}^* = \begin{cases} 1, \text{ якщо } c_{ik} \geq \frac{d}{2}, \\ 0, \text{ якщо } c_{ik} < \frac{d}{2}, \end{cases} \quad (2.17)$$

де величини c_{ik} рівні

$$c_{ik} = \sum_{j=1}^n \sum_{s=1}^d p_j k_s y_{ik}^{sj}, (i, k = 1, 2, \dots, m). \quad (2.18)$$

В особливості, при рівній компетентності експертів, значення c_{ik} обчислюються за допомогою виразу:

$$c_{ik} = \frac{1}{d} \sum_{j=1}^n \sum_{s=1}^d p_j k_s y_{ik}^{sj}, (i, k = 1, 2, \dots, m). \quad (2.19)$$

Правило формування узагальненої матриці парних порівнянь (23) є найбільш загальним і враховує, як частковий випадок, правила (18) і (20). Це правило визначає групову оцінку парних порівнянь. Для отримання узагальненої матриці парних порівнянь на основі матриці парних порівнянь використовується послідовне виділення невідомінованих об'єктів. Ця процедура включає операцію транзитивного замикання матриці парних порівнянь і ранжування об'єктів на основі підрахунку кількості одиниць у кожному стовпці матриці. Об'єкт з найменшою кількістю одиниць у своєму стовпчику отримує перший ранг, другий об'єкт отримує ранг вище, ніж перший, але нижче за інші об'єкти, і так далі.

Операція транзитивного замикання включає послідовне спеціалізоване множення матриці парних порівнянь на саму себе до того моменту, поки отриманий добуток не буде відрізнятися від попереднього кроку множення.

Операція множення, яка використовується для транзитивного замикання, $Z=X*Y$ для квадратних матриць

$X=\|x_{ij}\|, Y=\|y_{ij}\|$ порядку n означає, що елемент z_{ij} результуючої матриці $Z=\|z_{ij}\|$ порядку n утворюється так:

$$z_{ij} = (x_{i1} \wedge y_{1j}) \vee (x_{i2} \wedge y_{2j}) \vee \dots \vee (x_{in} \wedge y_{nj}) = \bigvee_{k=1}^n (x_{ik} \wedge y_{kj}),$$

де $\vee$ - диз'юнкція, а $\wedge$ - кон'юнкція, які здійснюються згідно правил наведених в табл. 2.2.

Таблиця 3.2. Операції диз'юнкції та кон'юнкції

	у	$x \wedge y$	$x \vee y$
0	0	0	0
0	1	0	1
1	0	0	1
1	1	1	1

Тобто згідно означення диз'юнкції та кон'юнкції і формули для обчислення z_{ij} маємо: $z_{ij}=1$, якщо i -й рядок матриці X та j -ий її стовпець матриці Y мають хоч один раз одиниці на однаковому (k -му) місці, в інших випадках $z_{ij}=0$.

Важливо відзначити, що при наданні початкової інформації експертами у формі матриці парних порівнянь можуть виникати ситуації, коли умова транзитивності порушується. Це впливає з того, що експерти порівнюють лише пари об'єктів, тоді як умова транзитивності передбачає розгляд не менше ніж трьох об'єктів. Порушення умови транзитивності у деяких матрицях парних порівнянь можна практично усунути, використовуючи обчислення a_{ik} за допомогою формули (15). Усереднення результатів по всьому набору експертів компенсує індивідуальні помилки експертів, що призводить до усунення окремих випадків неперевіреності транзитивності об'єктів.

3.3. Алгоритм роботи тренажера

Крок 1. Після запуску застосунку користувач отримує доступ до меню тренажера де може бачити тему та розробника програмного забезпечення.

Крок 2. Для переходу до роботи з тренажером необхідно натиснути кнопку «Старт!» на початковому екрані.

Крок 3. Після натиснення на кнопку «Старт!» користувач переходить до практичних завдань у вигляді тестів.

Приклад практичного завдання у вигляді тесту –

Завдання 1. Що називається шкалою?

А) Відображення множини різних проявів якісної властивості на прийняту за угодою впорядковану множину чисел чи іншу систему логічно пов'язаних знаків.

Б) Відображення множини різних проявів якісної чи кількісної властивості на прийняту за угодою впорядковану множину чисел чи іншу систему логічно пов'язаних знаків.

В) Відображення множини різних проявів кількісної властивості на прийняту за угодою впорядковану множину чисел чи іншу систему логічно пов'язаних знаків.

Правильна відповідь - Б)

Після вибору правильного варіанту відповіді користувач отримує доступ до кнопки «Далі», що перенаправляє його до наступного практичного завдання.

Завдання 2. Що означає термін "Номінальна шкала" у системному аналізі?

А) Шкала, яка вимірює кількісні характеристики та має порядок.

Б) Шкала, що виражає якісну характеристику без врахування порядку.

В) Шкала, що використовується для оцінки різних альтернатив.

Правильна відповідь - Б)

Завдання 3. Яка з основних шкал вимірювання використовує числові значення та має абсолютний нуль?

А) Номінальна шкала.

Б) Інтервальна шкала.

В) Абсолютна шкала.

Правильна відповідь - В)

Завдання 4. Що характеризує інтервальну шкалу?

А) Шкала, яка вимірює якісні характеристики та не має порядку.

Б) Шкала, яка використовує числові значення, але не має абсолютного нуля.

В) Шкала, що визначає взаємини порядку між значеннями та має абсолютний нуль.

Правильна відповідь - Б)

Завдання 5. Що означає термін "Відсоткова шкала"?

А) Шкала, яка вимірює кількісні характеристики з використанням відсотків.

Б) Шкала, що визначає інтенсивність явища.

В) Шкала, що використовується для класифікації альтернатив.

Правильна відповідь - А)

Завдання 6. Яка основна відмінність між інтервальною та відсотковою шкалою?

А) Наявність абсолютного нуля.

Б) Використання відсотків.

В) Наявність порядку між значеннями.

Правильна відповідь - А)

Завдання 7. Що означає термін "Лінійна шкала"?

А) Шкала, яка використовується для позначення альтернатив.

Б) Шкала, яка вимірює якісні характеристики.

В) Шкала, де відстані між подіями відображають відносні величини між ними.

Правильна відповідь - В)

Завдання 8. Що означає термін "Абсолютний нуль" у вимірюваннях?

А) Відсутність явища.

Б) Абсолютне відношення між значеннями.

В) Абсолютна величина, що визначає початок шкали та відсутність вимірюваного явища.

Правильна відповідь - В)

Завдання 9. Яка змінна відповідає вимірюванню ваги та може мати значення на вісітчатій лінії? Введіть правильну відповідь у полі вводу нижче.

Правильна відповідь - Кількісна

Завдання 10. Яка шкала використовується для вимірювання температури в градусах Цельсія? Введіть правильну відповідь у полі вводу нижче.

Правильна відповідь - Інтервальна

Крок 4. Після завершення роботи з тренажером користувач переходить до вікна де йому пропонується завершити роботу з тренажером, або пройти його знову.

3.4. Блок-схема програми тренажера



Рисунок 3.1 – Блок-схема алгоритму роботи тренажера

4. ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

4.1 Опис розробки тренажера

Старт процесу розробки тренажеру включає в себе створення проекту в середовищі Unity та його початкове налаштування.



Рисунок 4.1 – Створення проекту в Юніті

Після створення проекту та включення активних компонентів, додавання тексту, кнопок і скриптів, вихідне меню тренажеру в меню сцени (робоча область програми) має такий вигляд:

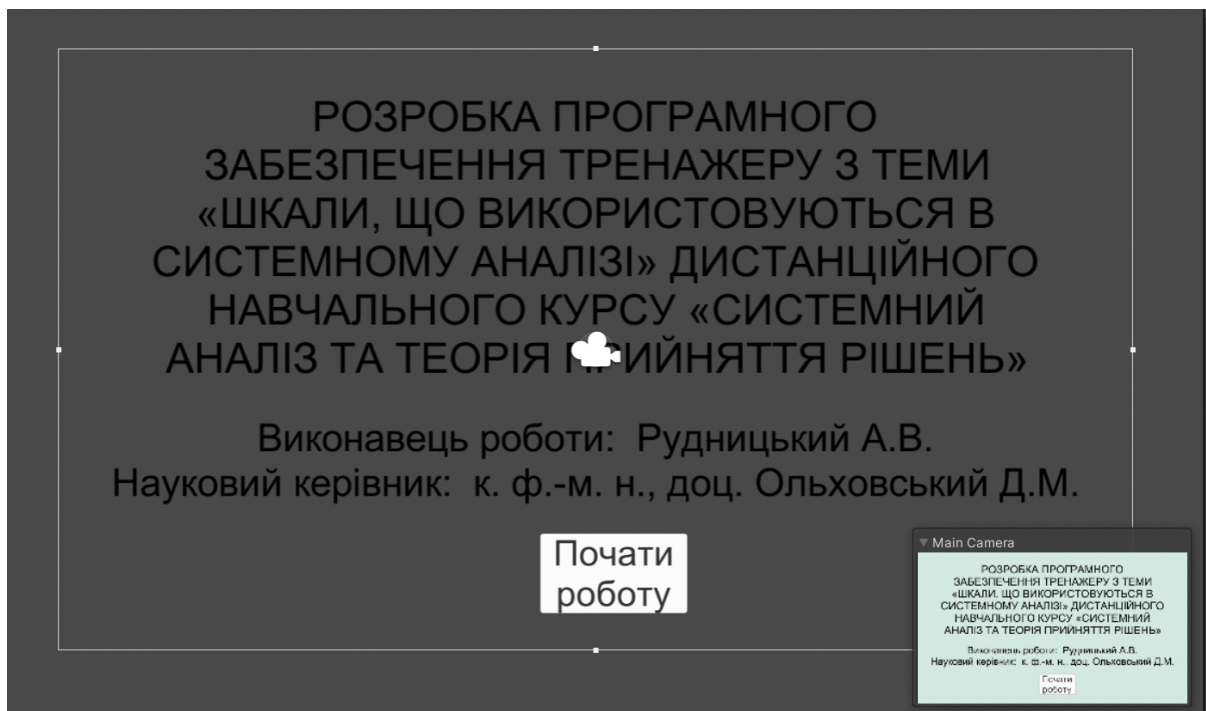


Рисунок 4.2 – Стартове меню тренажеру в меню сцени

Також, меню в грі (тобто те, що відображається для кінцевого користувача), представлено наступним чином:

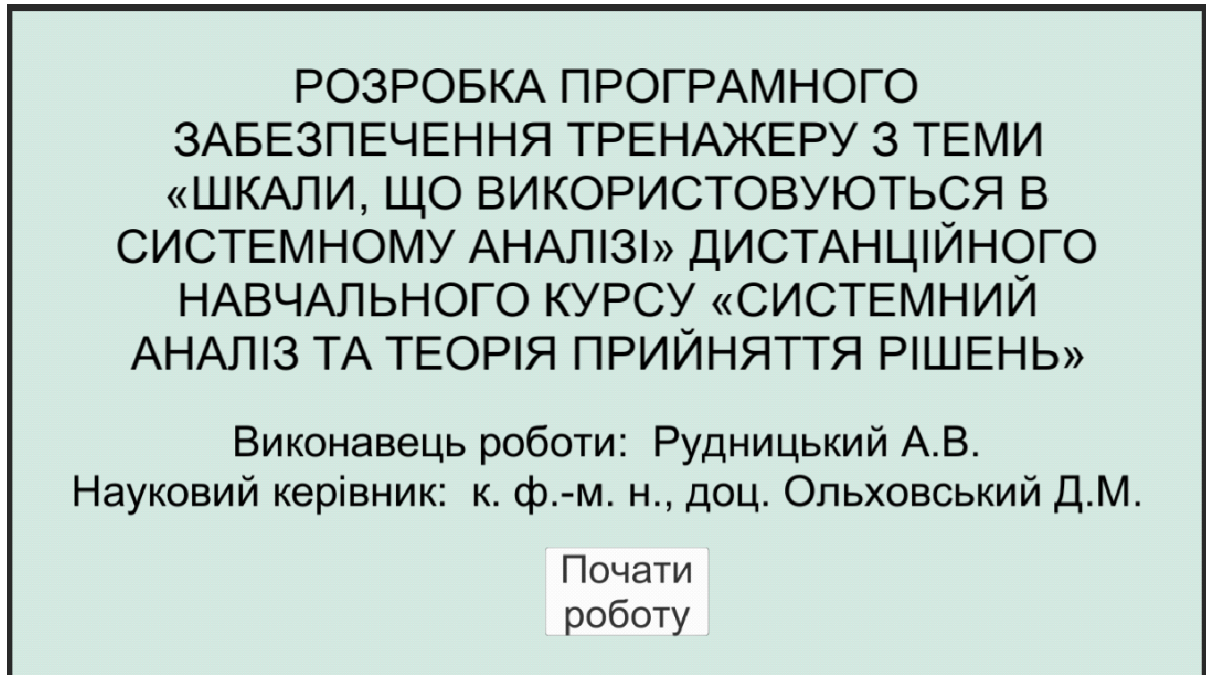


Рисунок 4.3 – Стартове меню тренажеру в меню гри

Для того, щоб тренажер коректно відображався на моніторах практично будь-якого розміру (за винятком дуже малих моніторів), необхідно здійснити налаштування камери в Unity. Налаштування камери для цього проекту виглядають наступним чином:

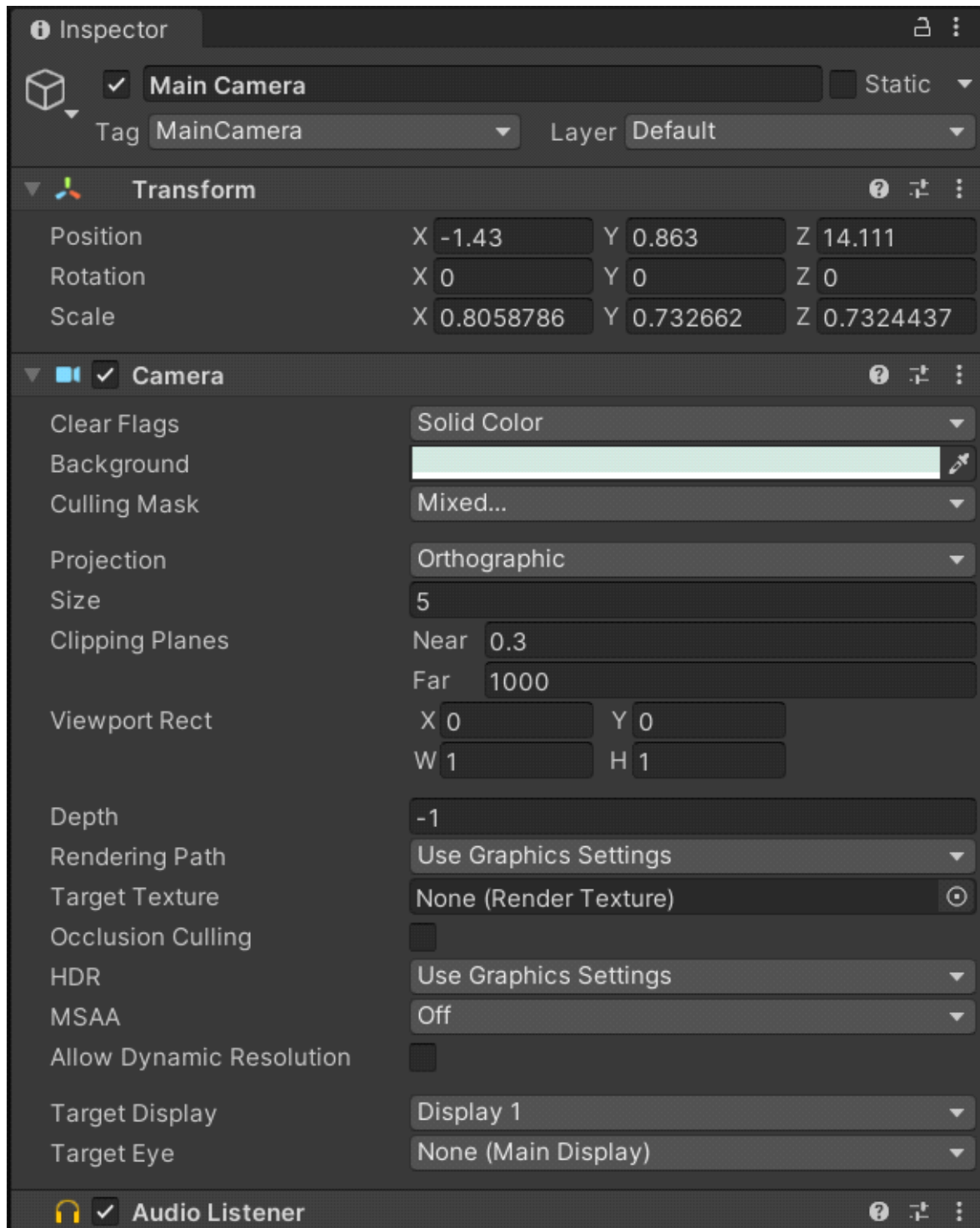


Рисунок 4.4 – Налаштування камери у проекті

Для того, щоб всі активні елементи тренажеру працювали належним чином, потрібно включити в проект об'єкт Canvas, що представляє собою спеціальне "полотно", на якому розміщуються та виконуються всі функції.

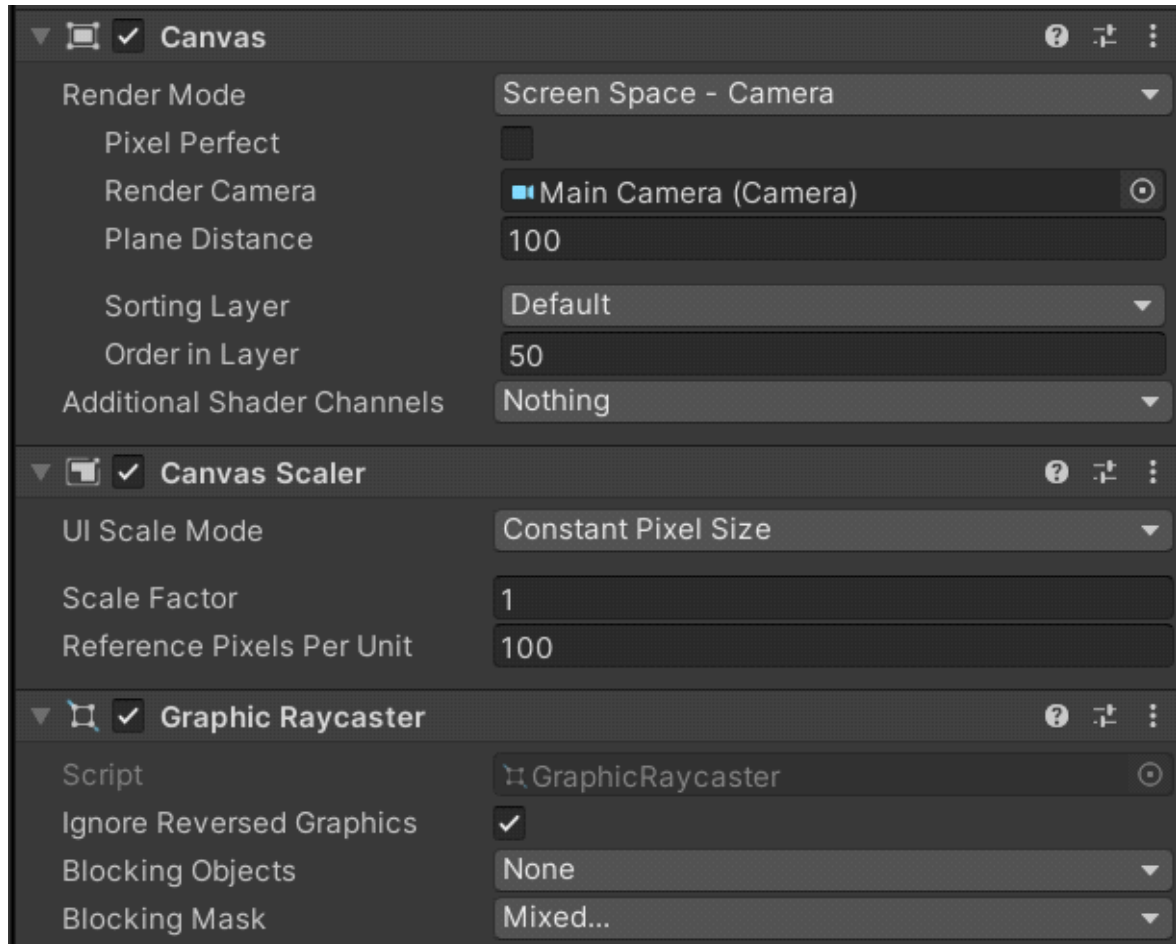


Рисунок 4.5 – Налаштування елементів Canvas

Взаємодія з текстовими елементами в Unity виглядає схоже на роботу зі звичайними текстовими редакторами, але має свої переваги, такі як зручне масштабування тексту для різних діагоналей.

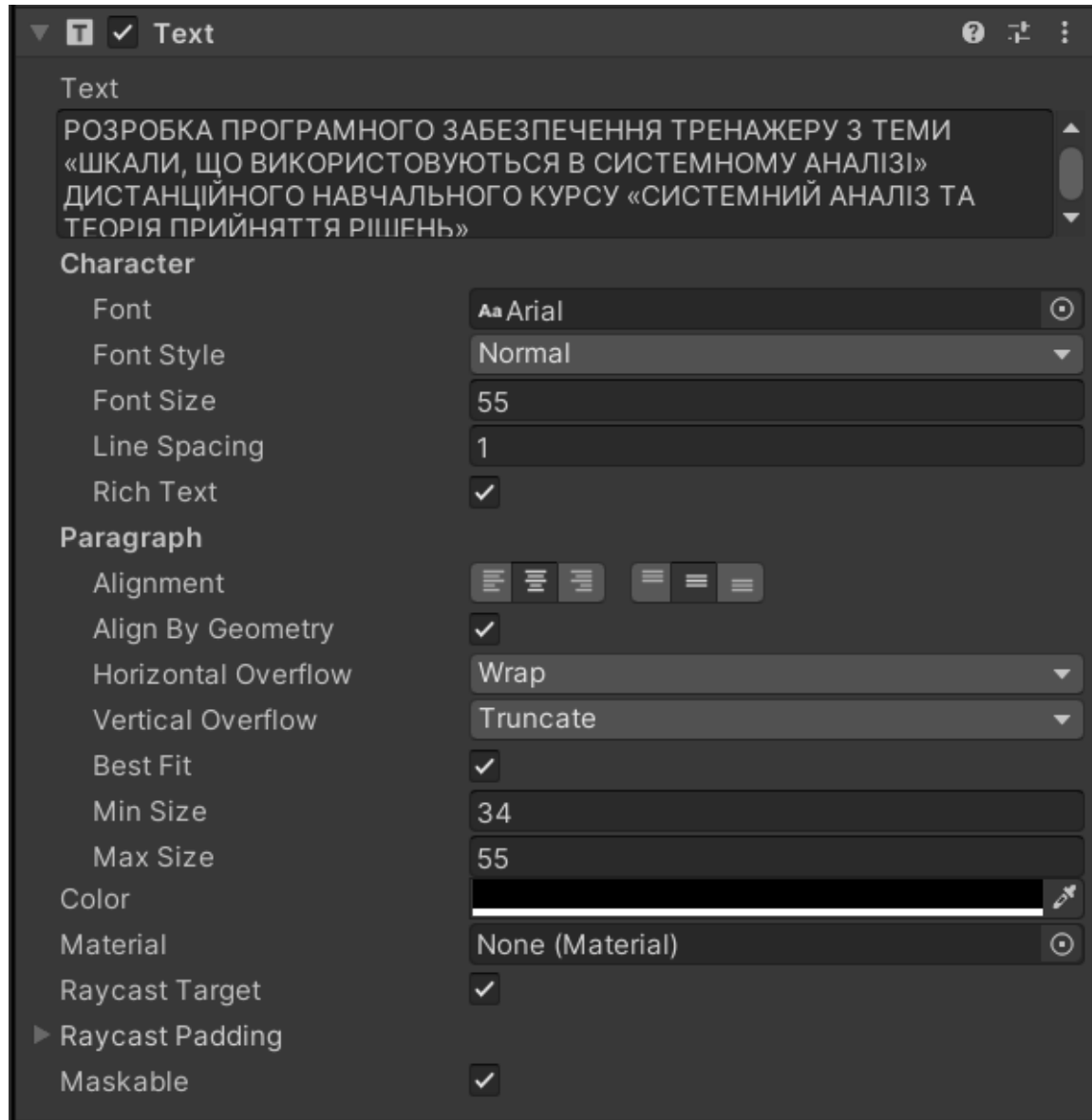


Рисунок 4.6 – Налаштування елемента Текст

Для переміщення між слайдами та виконання тестів використовується елемент "кнопка". Налаштування кнопки в початковому меню тренажеру виглядає таким чином:

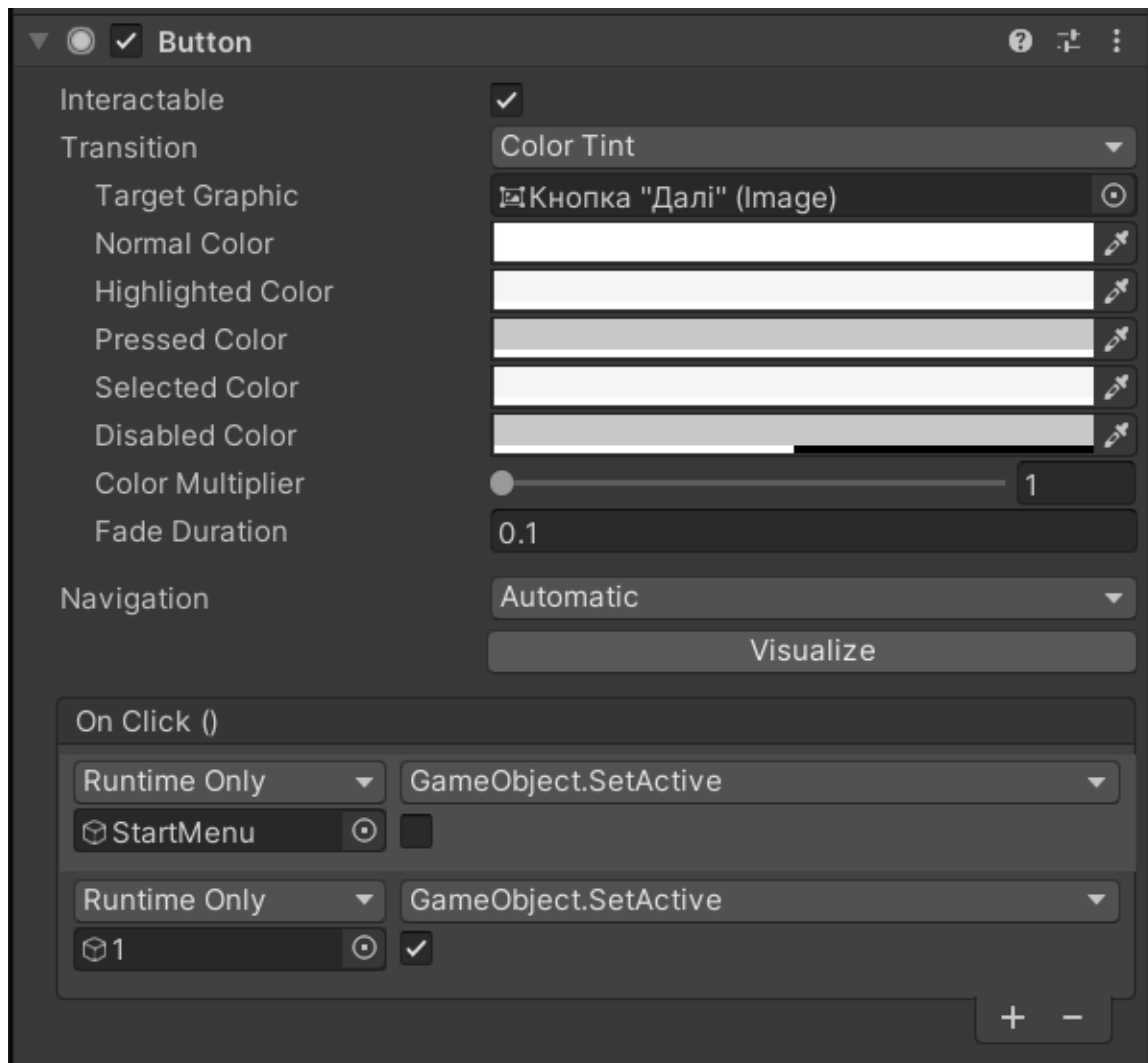


Рисунок 4.7 – Налаштування елементу Кнопка

Кожну кнопку можна обладнати текстом, який не взаємодіє зі скриптами та може динамічно змінюватися при необхідності. Наприклад, текст, пов'язаний з кнопкою "Почати роботу", має наступний вигляд:

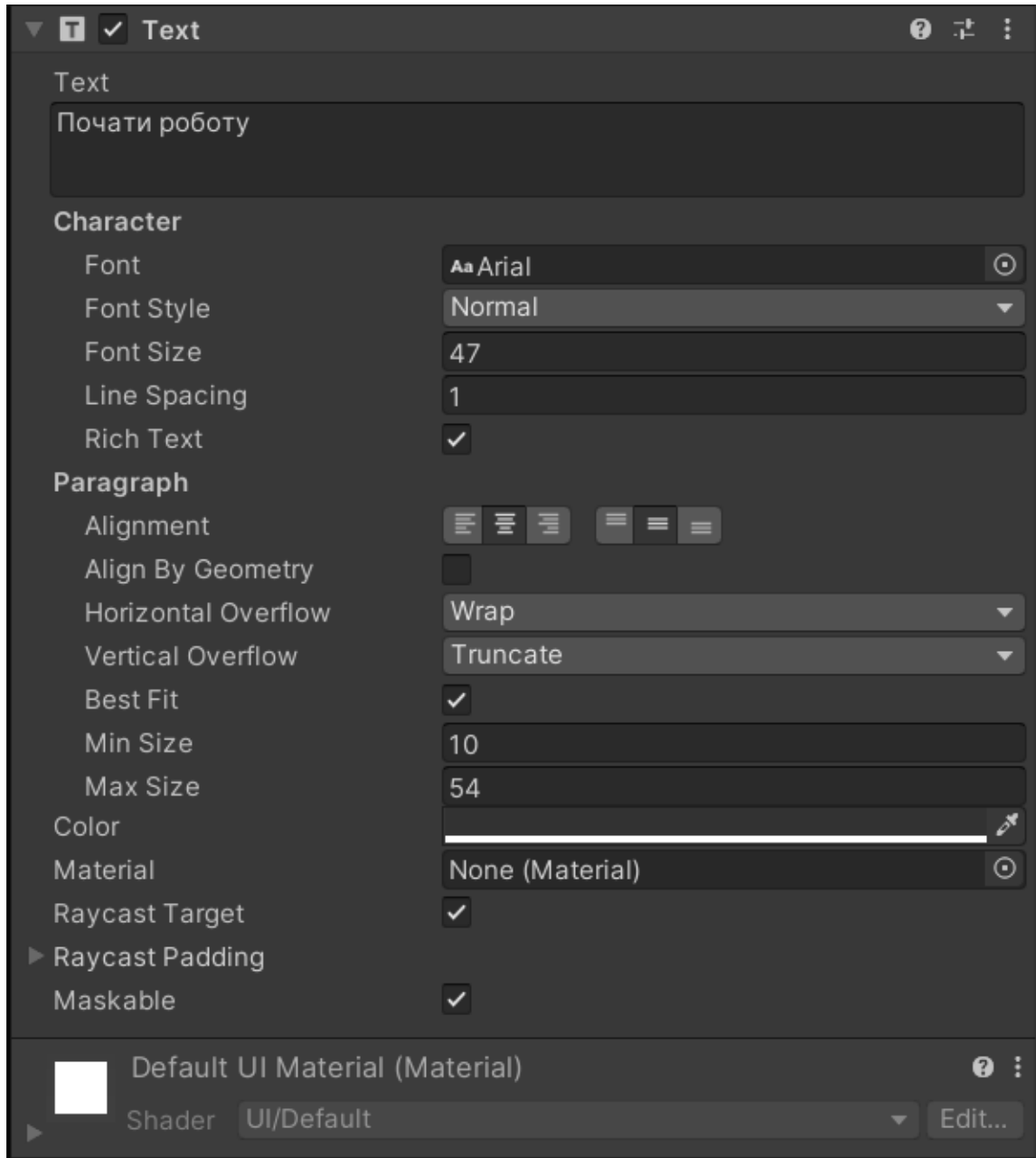


Рисунок 4.8 – Налаштування тексту в кнопці «Почати роботу»

Завдання для тестування в меню сцени представлені таким чином:

Завдання 1. Що називається шкалою?

А) Відображення множини різних проявів якісної властивості на прийняту за угодою впорядковану множину чисел чи іншу систему логічно пов'язаних знаків.

Б) Відображення множини різних проявів якісної чи кількісної властивості на прийняту за угодою впорядковану множину чисел чи іншу систему логічно пов'язаних знаків.

В) Відображення множини різних проявів кількісної властивості на прийняту за угодою впорядковану множину чисел чи іншу систему логічно пов'язаних знаків.

Правильно! Далі Неправильно!

Рисунок 4.9 – Тестові завдання в меню сцени

Завдання для тестування в меню гри, а саме те, що спостерігає користувач тренажеру, має наступний вигляд:

Завдання 1. Що називається шкалою?

А) Відображення множини різних проявів якісної властивості на прийняту за угодою впорядковану множину чисел чи іншу систему логічно пов'язаних знаків.

Б) Відображення множини різних проявів якісної чи кількісної властивості на прийняту за угодою впорядковану множину чисел чи іншу систему логічно пов'язаних знаків.

В) Відображення множини різних проявів кількісної властивості на прийняту за угодою впорядковану множину чисел чи іншу систему логічно пов'язаних знаків.

Рисунок 4.10 – Тестові завдання в меню гри

4.2 Інструкція до роботи з тренажером

Після запуску додатку користувач має можливість ознайомитися з тематикою тренажера та інформацією про його розробника, а також розпочати використання за допомогою відповідної кнопки.

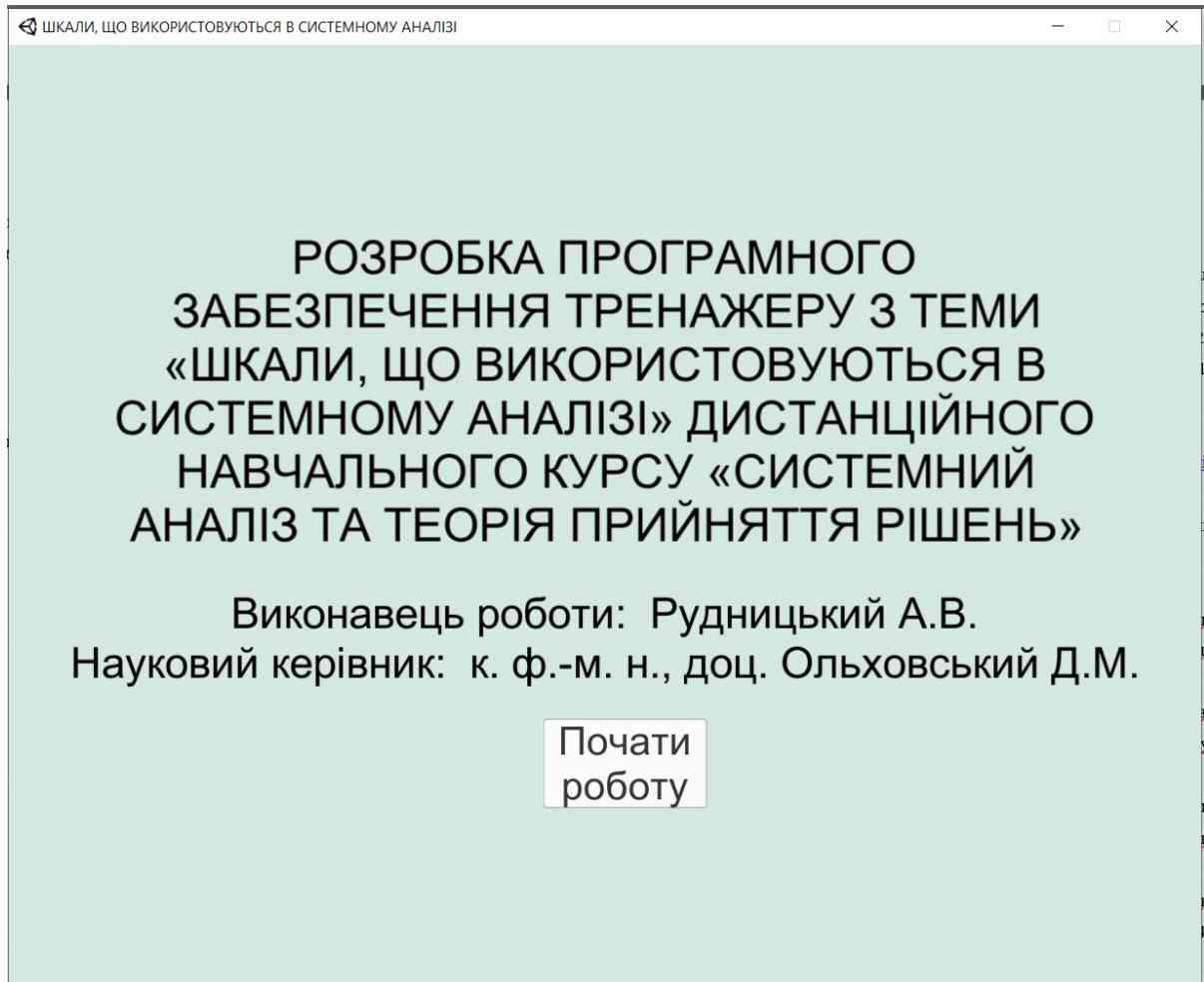


Рисунок 4.11 – Стартове меню

Практичне завдання має наступний вигляд. Для продовження виконання завдання необхідно вибрати правильний варіант відповіді.

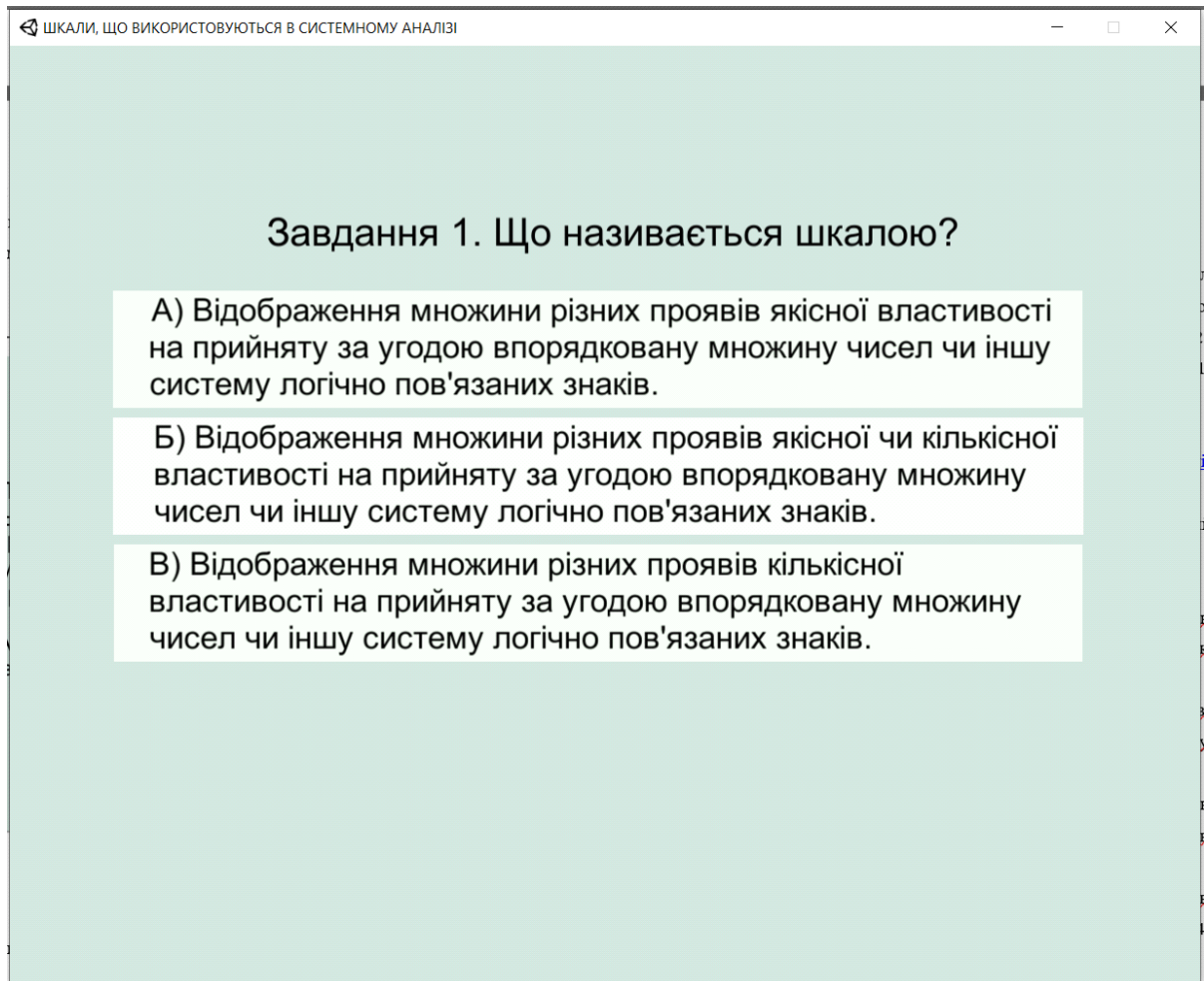


Рисунок 4.12 – Вигляд зовнішнього завдання для вибору відповіді.

Після вибору невірного варіанту відповіді, з'являється повідомлення "Неправильно!"

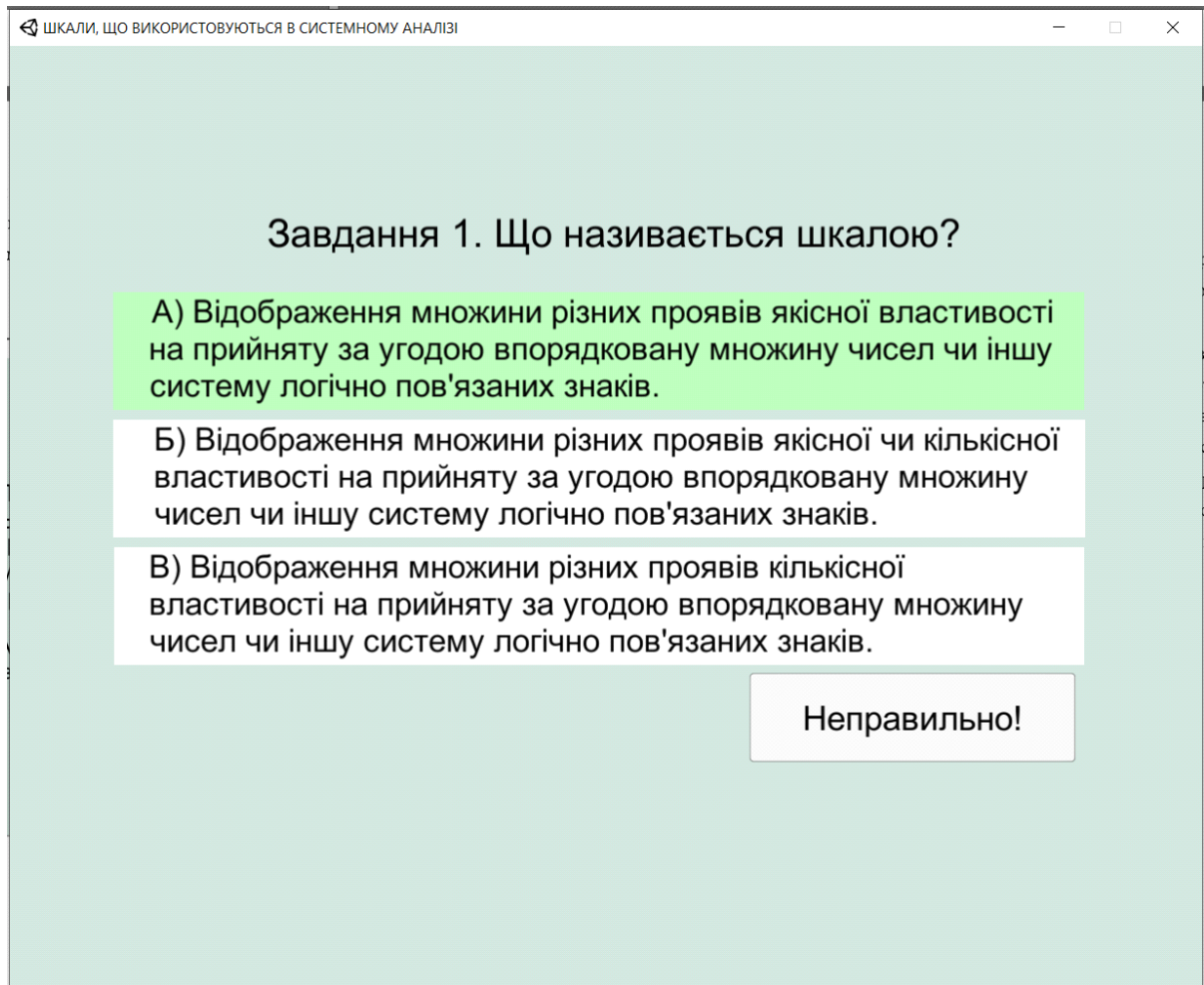


Рисунок 4.13 – Неправильний варіант відповіді

Після обрання правильного варіанту відповіді, виводиться повідомлення "Правильно!" і з'являється опція продовжити використання тренажеру за допомогою кнопки "Далі".

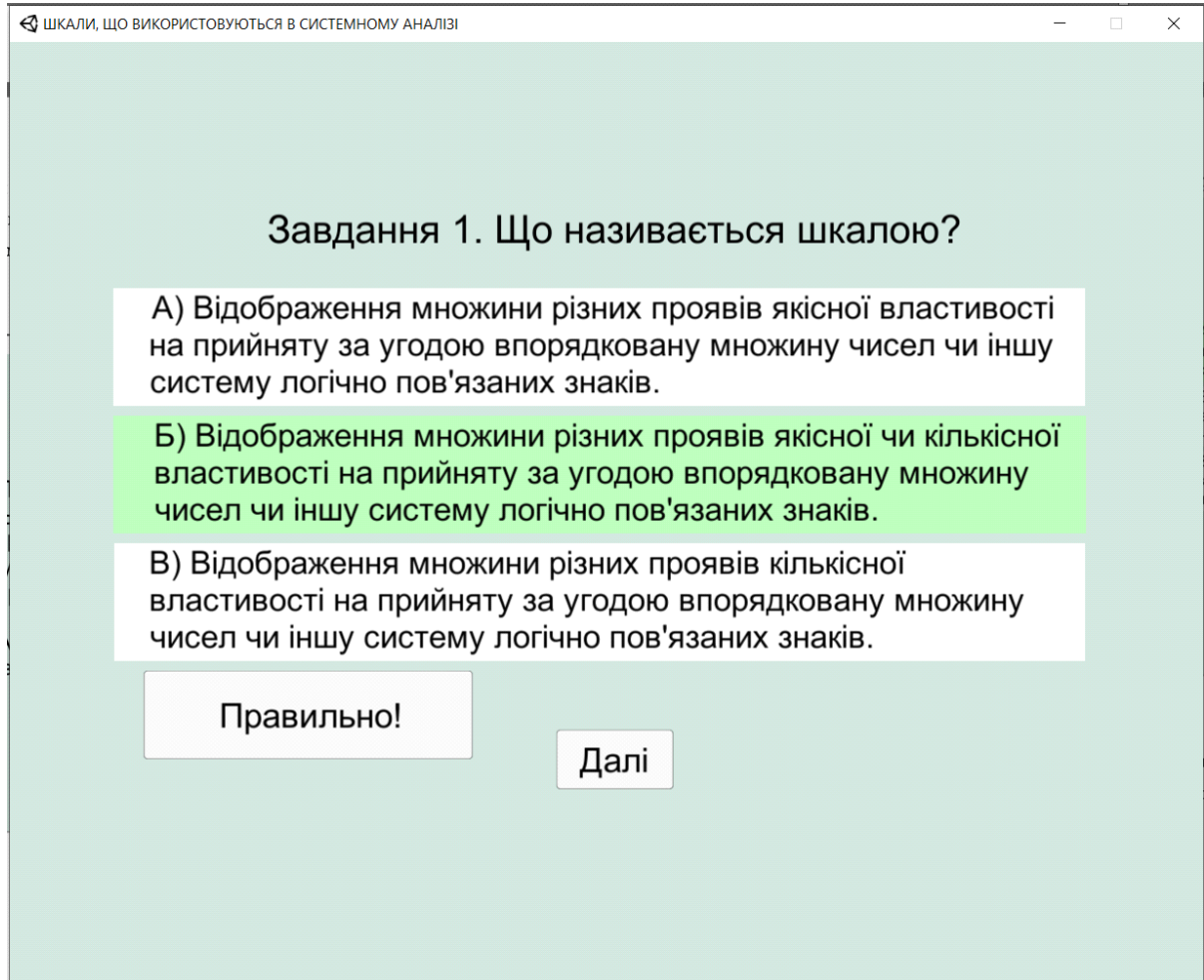


Рисунок 4.14 – Правильний варіант відповіді

Після обрання правильного варіанту відповіді, виводиться повідомлення "Правильно!" і з'являється опція продовжити використання тренажеру за допомогою кнопки "Далі".

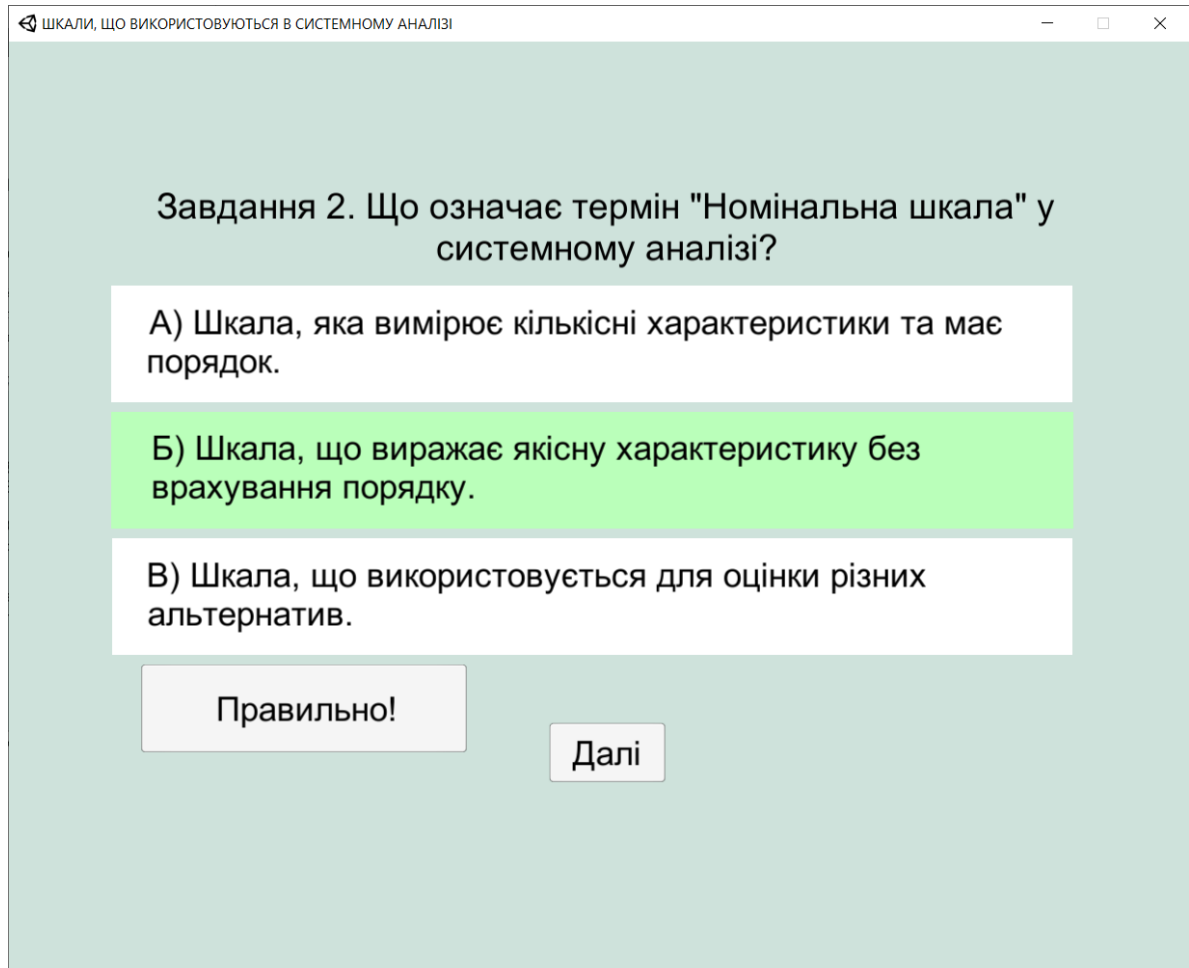


Рисунок 4.15 – Правильний варіант відповіді

Після обрання правильного варіанту відповіді, виводиться повідомлення "Правильно!" і з'являється опція продовжити використання тренажеру за допомогою кнопки "Далі".

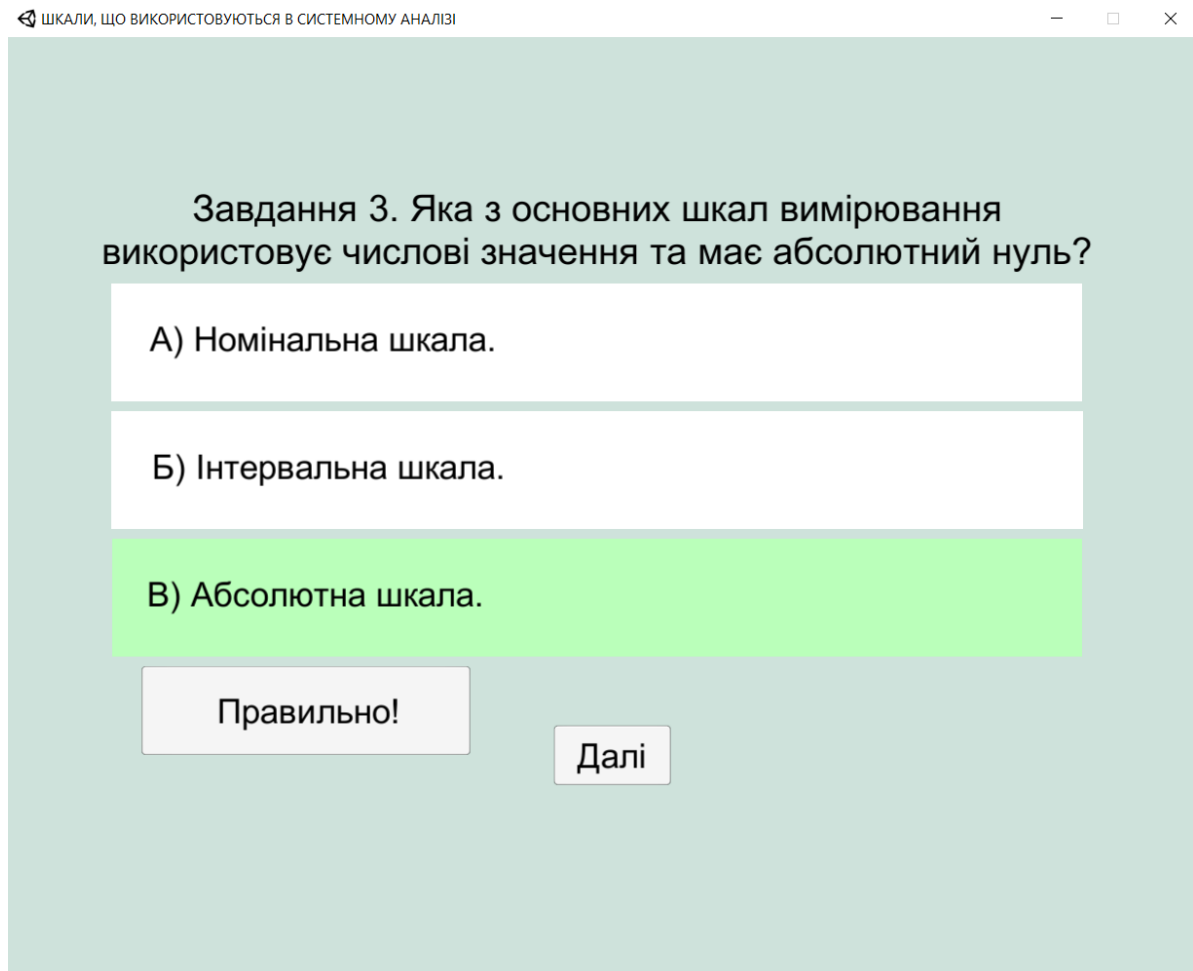


Рисунок 4.16 – Правильний варіант відповіді

Після обрання правильного варіанту відповіді, виводиться повідомлення "Правильно!" і з'являється опція продовжити використання тренажеру за допомогою кнопки "Далі".

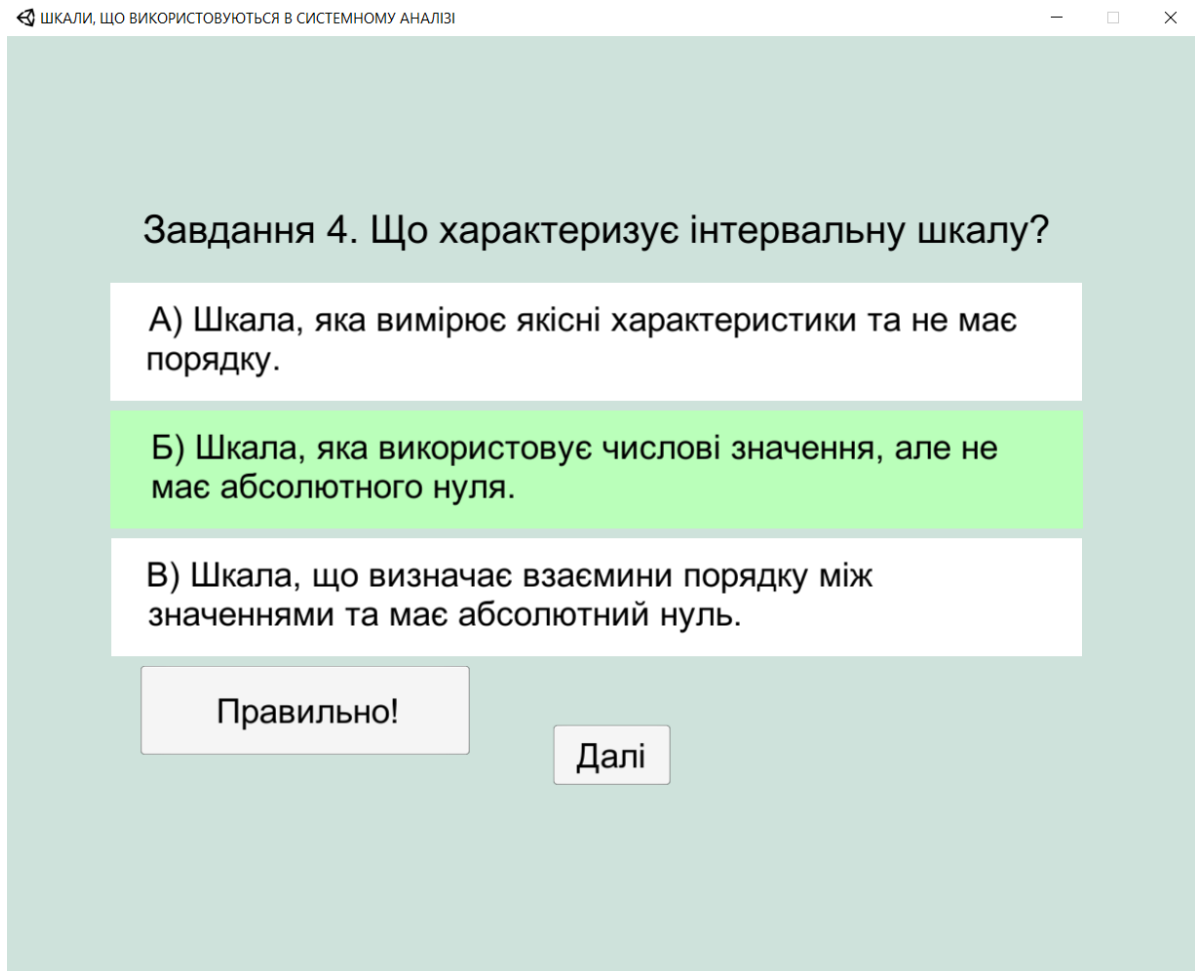


Рисунок 4.17 – Правильний варіант відповіді

Після обрання правильного варіанту відповіді, виводиться повідомлення "Правильно!" і з'являється опція продовжити використання тренажеру за допомогою кнопки "Далі".

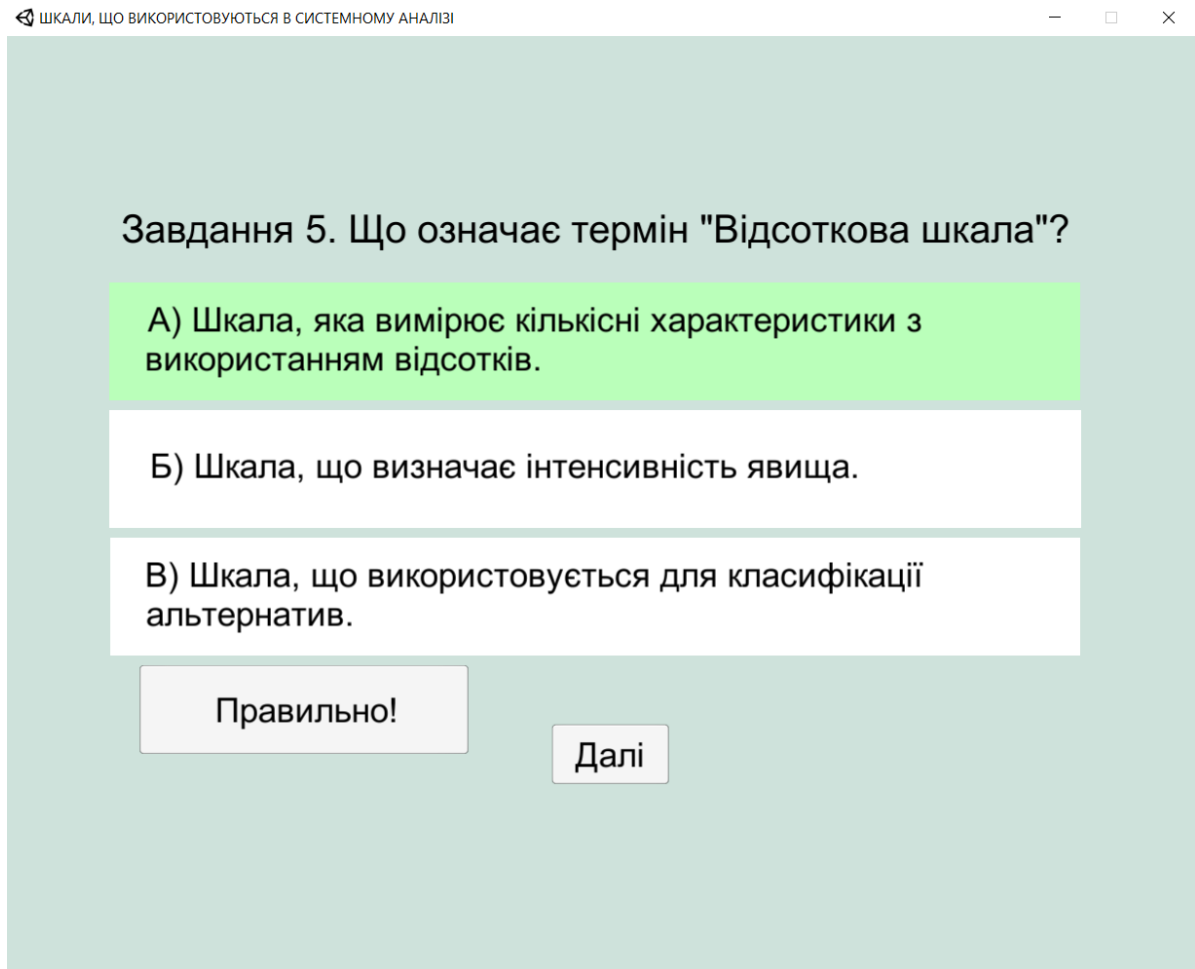


Рисунок 4.18 – Правильний варіант відповіді

Після обрання правильного варіанту відповіді, виводиться повідомлення "Правильно!" і з'являється опція продовжити використання тренажеру за допомогою кнопки "Далі".

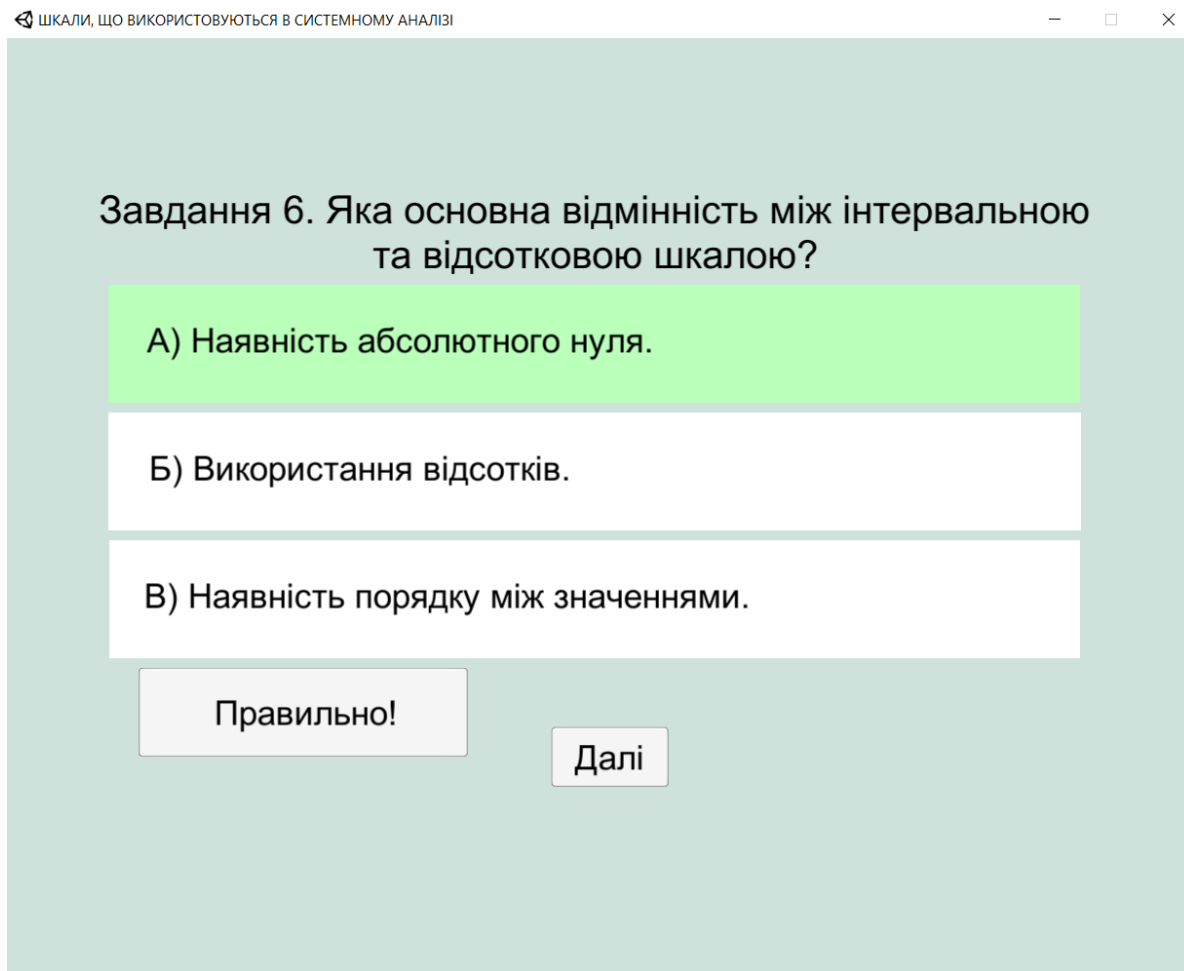


Рисунок 4.19 – Правильний варіант відповіді

Після обрання правильного варіанту відповіді, виводиться повідомлення "Правильно!" і з'являється опція продовжити використання тренажеру за допомогою кнопки "Далі".

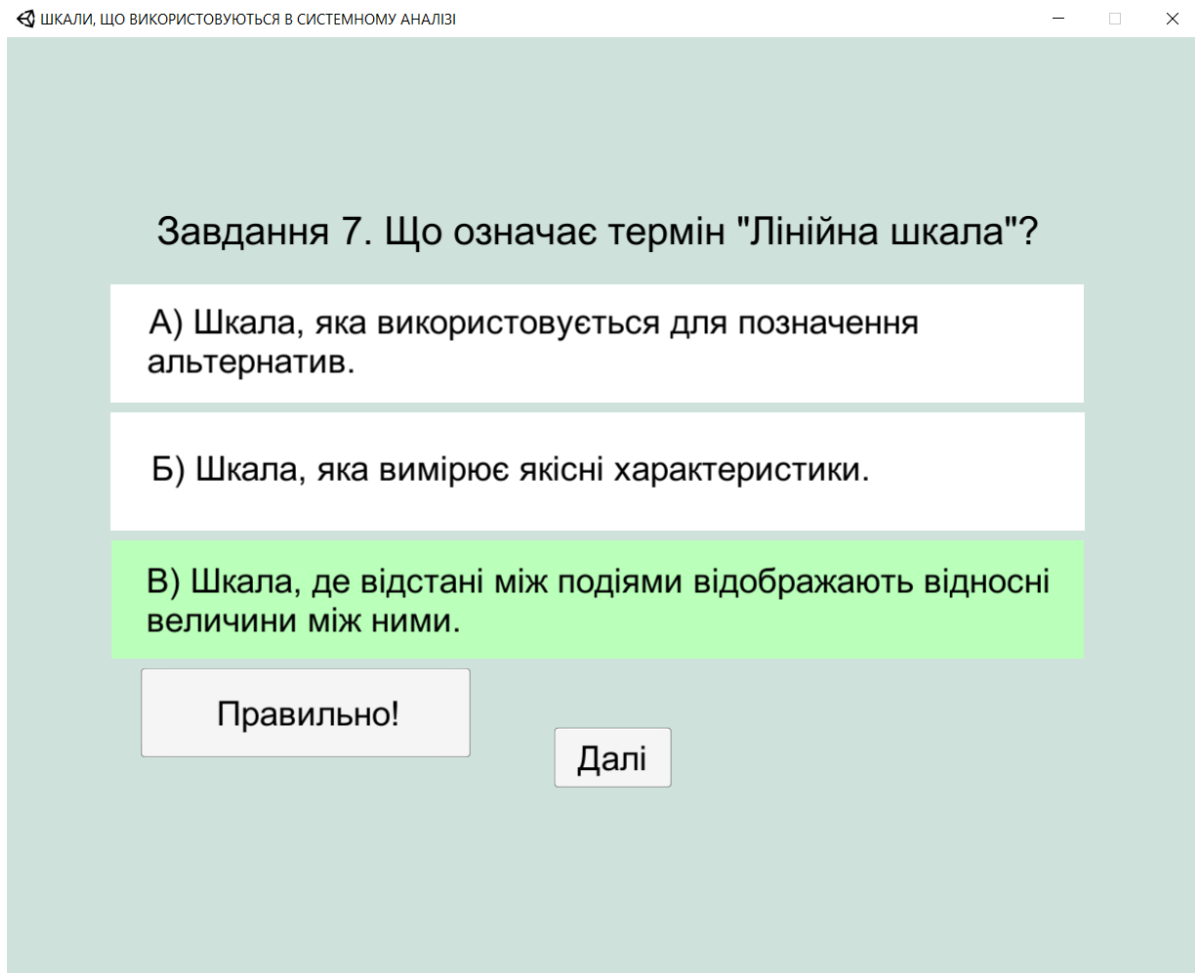


Рисунок 4.20 – Правильний варіант відповіді

Після обрання правильного варіанту відповіді, виводиться повідомлення "Правильно!" і з'являється опція продовжити використання тренажеру за допомогою кнопки "Далі".

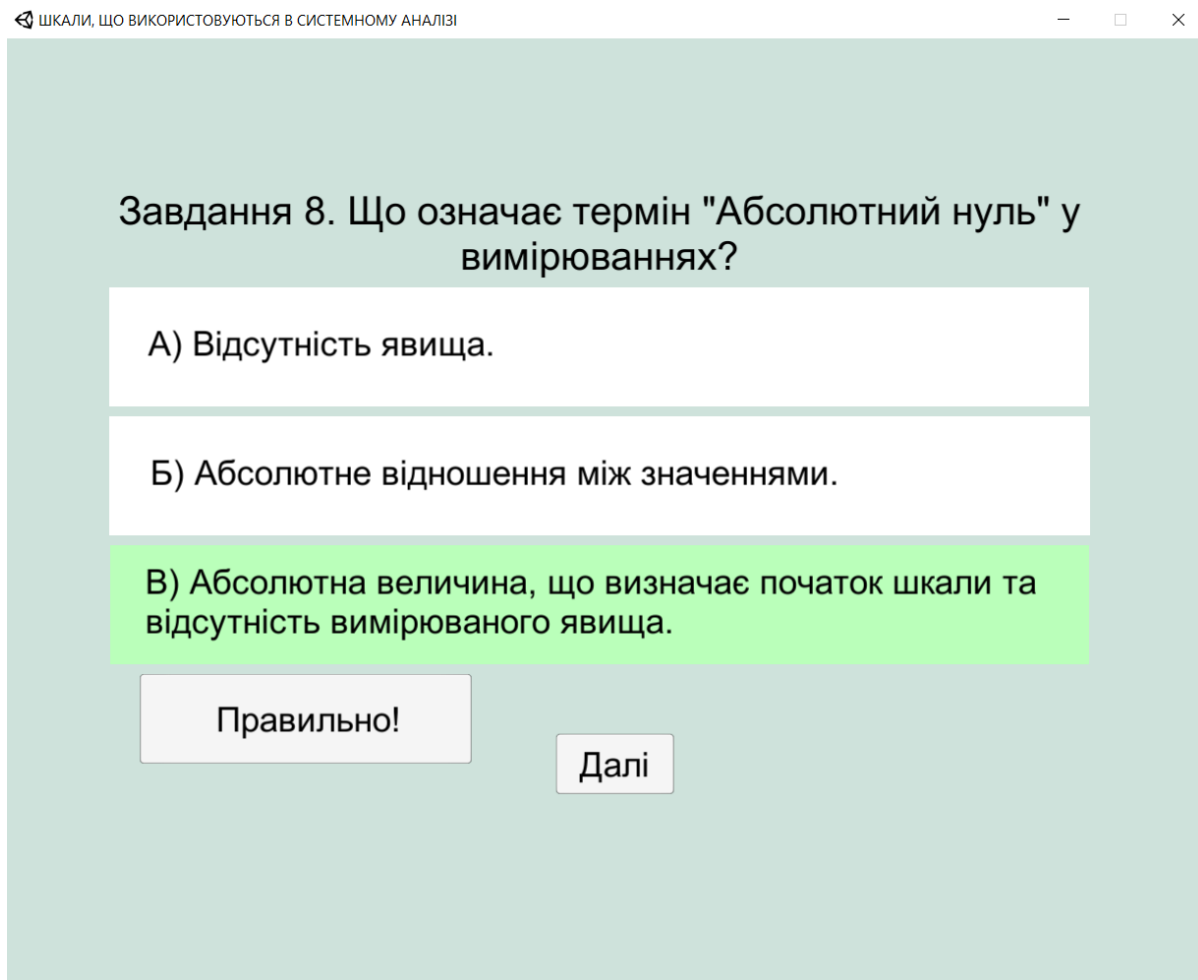
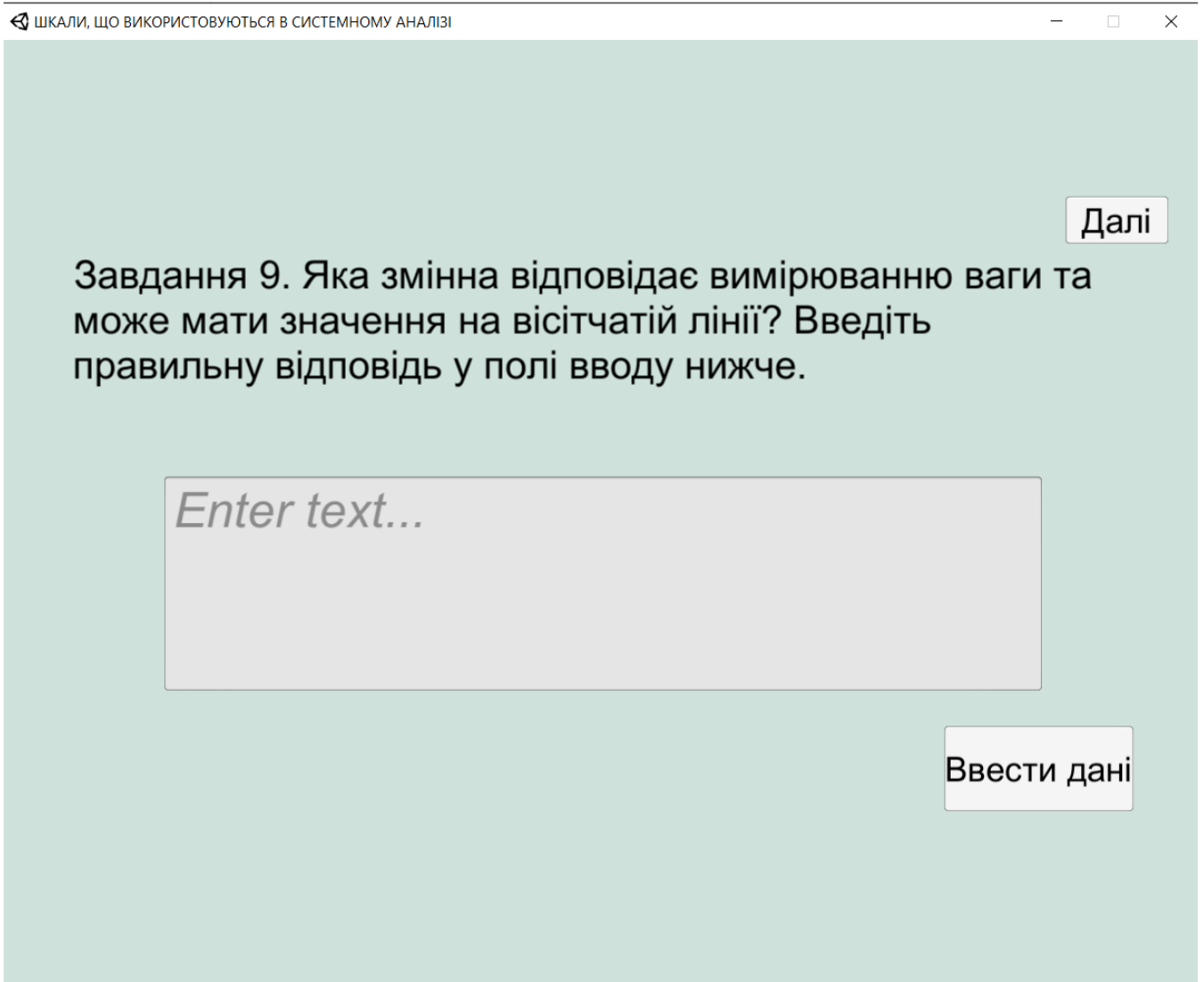


Рисунок 4.21 – Правильний варіант відповіді

Після обрання правильного варіанту відповіді, виводиться повідомлення "Правильно!" і з'являється опція продовжити використання тренажеру за допомогою кнопки "Далі". Наступне завдання передбачає введення відповіді через відповідне поле для вводу.



ШКАЛИ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ В СИСТЕМНОМУ АНАЛІЗІ

Далі

Завдання 9. Яка змінна відповідає вимірюванню ваги та може мати значення на вісітчатій лінії? Введіть правильну відповідь у полі вводу нижче.

Enter text...

Ввести дані

Рисунок 4.22 – Завдання з полем для вводу

Після введення правильного варіанту відповіді, виводиться введена та правильна відповідь і з'являється опція продовжити використання тренажеру за допомогою кнопки "Далі".

ШКАЛИ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ В СИСТЕМНОМУ АНАЛІЗІ

Далі

Завдання 9. Яка змінна відповідає вимірюванню ваги та може мати значення на вісітчатій лінії? Введіть правильну відповідь у полі вводу нижче.

Введена відповідь:	Правильна відповідь:
	Кількісна

Рисунок 4.23 – Правильний варіант відповіді

Після завершення взаємодії з навчальними ресурсами тренажеру, користувач переходить до заключного екрану, де відображається повідомлення про завершення роботи та доступна кнопка "Повторити".

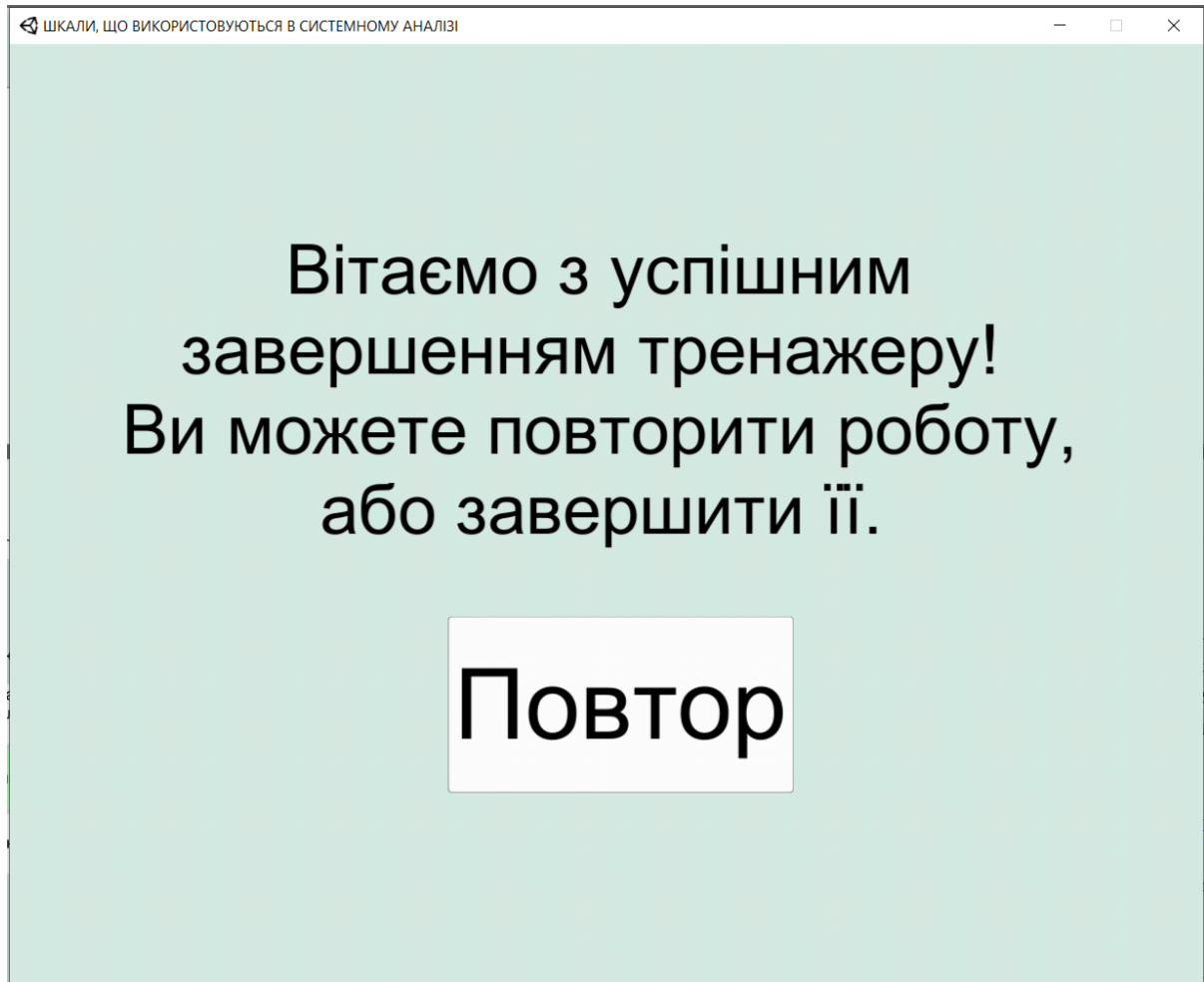


Рисунок 4.24 – Повідомлення, що робота завершена, та опція "Повторити".

ВИСНОВОК

Проект магістерської роботи успішно завершено, і по результатах створено повноцінну програму-симулятор для студентів, який допомагає у вивченні теми "Шкали, що використовуються в системному аналізі". Давайте розглянемо більше деталей та досягнень у різних аспектах проекту:

Алгоритм роботи: Розроблено імплементований та ефективний алгоритм роботи тренажеру, який дозволяє студентам ступінь за ступенем освоювати тему.

Завдання: Вивчено та створено різноманітні практичні та теоретичні завдання, що сприяють більш глибокому розумінню матеріалу.

Блок-схеми: Розроблено докладні блок-схеми, що наочно представляють всі кроки алгоритму роботи тренажеру.

Мова програмування та реалізація: Обрано C# як мову програмування, і успішно створено програму-тренажер у середовищі Unity 2021.

Інтерфейс: Розроблено не лише зручний, але і інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, спрощуючи навігацію для користувачів.

Тестування: Проведено широке тестування тренажеру, включаючи перевірку на валідність та виявлення та усунення всіх можливих помилок.

Інструкції та довідка: Надано детальні інструкції з використання тренажеру та довідкову інформацію щодо правильності відповідей.

Повідомлення про завершення: При успішному завершенні тренажер повідомляє користувача та надає опцію перегляду результатів та повторення тестування.

Налаштування під конкретний комп'ютер: Забезпечено оптимальні налаштування, що найкраще відповідають характеристикам конкретного комп'ютера користувача.

Цей тренажер стане важливим інструментом для студентів, надаючи їм можливість системного вивчення та засвоєння складної теми системного аналізу.

Після успішного завершення роботи з тренажером користувач отримує повідомлення про завершення роботи, після чого він може переглянути результати

та вибрати опцію повторення тестування. Тренажер запускається з налаштуваннями, що найкраще підходять для конкретного комп'ютера користувача.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Мова програмування С# [Електронний ресурс] // Матеріал з Вікіпедії — вільної енциклопедії. – Режим доступу: <http://uk.wikipedia.org/wiki/C#>.
2. Ємець О.О., Ємець Є.М., Ємець Ол-ра.О., Системний аналіз та теорія прийняття рішень (Частина 2)/ Ємець О.О., Ємець Є.М., Ємець Ол-ра.О.
3. Кравченко І. М. Системний аналіз : підручник / І. М. Кравченко. – Київ : Центр учбової літератури, 2020. – 384 с.
4. Бондар І. М. Основи системного аналізу: навч. посібник / І. М. Бондар, О. В. Товстий. – Київ : Видавництво НПУ ім. М. П. Драгоманова, 2018. – 280 с.
5. Соколов О. М. Системний аналіз: навч. посібник / О. М. Соколов. – Львів : Світ, 2019. – 424 с.
6. Дуб І. І. Системний аналіз: підручник / І. І. Дуб. – Чернігів : ЧДІЕУ, 2017. – 424 с.
7. Мельничук Д. М. Вступ до системного аналізу: навч. посібник / Д. М. Мельничук, В. А. Шанін. – Київ : Наукова думка, 2017. – 272 с.
8. Панченко С. Ю. Основи системного аналізу та синтезу : навч. посібник / С. Ю. Панченко. – Київ : Видавництво НПУ ім. М. П. Драгоманова, 2018. – 252 с.
9. Гриціна М. В. Теорія системного аналізу: навч. посібник / М. В. Гриціна, О. В. Герасименко. – Черкаси : Черкаський національний університет, 2019. – 324 с.
10. Шевчук Є. В. Системний аналіз: навч. посібник / Є. В. Шевчук, О. В. Козлов. – Київ : Кондор, 2020. – 416 с.
11. Бібліографічний запис. Бібліографічний опис. Загальні вимоги та правила складання: ДСТУ 7.1-2006. – [Чинний від 2007-07-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2007. – 47 с.
12. Катренко А.В. , Пасічник В.В. Системний аналіз. // Підручник для ВНЗ (затв. МОН України) 296 с. 2020
13. Пасічник В.В. Прийняття рішень: теорія та практика// – Львів : «Новий Світ – 2000», 2015.
14. Бордюженко О.М. Основи системного аналізу. ДДМА, 2003. - 75 с

15. Васильченко І.П. та ін. Вища математика: основні означення, приклади і задачі. Навч посібник: У двох книгах. Книга 2/ І.П. Васильченко , 2003. - 175 с
16. В.Я. Данилов, А.І. Лобанов, Є.Ю. Таран. – друге видання зі змінами. – К.:Либідь, 1994. – 280 с.
17. Величко О.М. Опрацювання інформаційного потоку взаємодією елементів друкарського контакту: Монографія. – К.: ВПЦ «Київський університет», 2005. – 264 с.

ДОДАТОК А

```
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine.UI;
using UnityEngine;
public class Inputs : MonoBehaviour
{
    public GameObject Input;
    public GameObject AfterInput;
    public InputField inputedTxt;
    public Text ShowInpTxt;
    public class QuitButton : MonoBehaviour
    {
        public void QuitGame()
        {
            Debug.Log ("QUIT!!");
            Application.Quit();
        }
        void Start()
        {
            Button btn = nxtButton.GetComponent<Button>();
            btn.onClick.AddListener(TaskOnClick);
        }
        void TaskOnClick()
        {
            Theme1.SetActive(false);
            Theme2.SetActive(true);
            Debug.Log("You touched this button.");
        }
    }
}
```

```

void Start()
{
    Button btn = menuButton.GetComponent<Button>();
    btn.onClick.AddListener(TaskOnClick);
}

void TaskOnClick()
{
    Theme6.SetActive(false);
    MainMenu.SetActive(true);
    Debug.Log("You touched this button.");
}

public void Next()
{
    Input.SetActive(false);
    AfterInput.SetActive(true);
    ShowInpTxt.text = inputTxt.text;
}
}

```