

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет геоінформаційних систем та управління територіями
(факультет)

Кафедра геоінформатики і фотограмметрії
(назва кафедри)

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО АТЕСТАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

на тему:

Розроблення елементів віртуального симулятора наземного лазерного сканера

Вакуленко Артур Олегович
(прізвище, ім'я, по батькові студента повністю)

Київ 2020 р.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет геоінформаційних систем та управління територіями
(факультет)

Кафедра геоінформатики і фотограмметрії
(назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
проф., д-р. техн.наук Карпінський Ю.О.
“ _____ ” _____ 2020 року

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО АТЕСТАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

на тему:

**Розроблення елементів віртуального симулятора наземного лазерного
сканера**

Виконав: студент групи ГІСТ-61
спеціальності 193
“Геодезія та землеустрій”
спеціалізації “Геоінформаційні системи і
технології”
Вакуленко Артур Олегович
Керівник: Горковчук Ю.В.,
доцент, к.т.н.

Київ 2020 р.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет: Геоінформаційних систем і управління територіями

Кафедра: Геоінформатики і фотограмметрії

Освітній рівень: «магістр за ОПП»

Спеціальність: 193 “Геодезія та землеустрій”

Спеціалізація: Геоінформаційні системи і технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Декан факультету

доц. к.т.н. Нестеренко О. В.

“ ___ ” _____ 20__ року

**З А В Д А Н Н Я
ДО ВИКОНАННЯ АТЕСТАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

Вакуленка Артура Олеговича

(прізвище, ім'я та по батькові студента)

1. Тема роботи: Розроблення елементів віртуального симулятора наземного лазерного сканера

затверджена наказом ректора КНУБА № _____ від «__» _____ 20__ року

2. Керівник роботи: доц. к.т.н. Горковчук Юлія Вікторівна

3. Строк подання студентом роботи до захисту: 07.12.2020

4. Зміст пояснювальної записки за розділами:

Вступ

P1. Аналіз підходів до створення віртуальної реальності в освітній галузі

P2. Розроблення віртуального симулятора наземного лазерного сканера

P3. Розроблення елементів віртуального симулятора наземного лазерного сканера

5. Графічний матеріал за розділами

Висновки

Список використаних джерел

6. Календарний план виконання роботи:

Види робіт та їх зміст	Дата виконання
Вступ	20.09.2020
Аналіз підходів до створення віртуальної реальності в освітній галузі	25.09.2020
Віртуальна реальність та симуляція (визначення, історія виникнення, особливості та сфери застосування)	30.09.2020
Маркетинговий аналіз ринку впровадження віртуальних освітніх технологій в сфері геодезії та землеустрою	10.10.2020
Структурно-функціональна модель віртуального симулятора наземного лазерного сканера	15.10.2020
Технічне розгортання віртуального середовища наземного лазерного сканера.	20.10.2020
Аналіз програмних засобів віртуального симулятора наземного лазерного сканера	25.10.2020
Створення віртуального інтерфейсу сканерів FARO	28.10.2020
Програмування основних функцій	10.11.2020
Аналіз та оцінка результатів віртуального симулятора наземного лазерного сканера	15.11.2020
Економіка і охорона праці	20.11.2020
Остаточне оформлення роботи	22.11.2020
Направлення роботи на рецензування, перевірку на плагіат	30.11.2020
Попередній захист роботи на кафедрі	07.12.2020

8. Консультанти розділів атестаційної випускної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Перевірив	
		дата	підпис
Розділ 1			
Розділ 2			
Розділ 3			

9. Дата видачі завдання: 25 червня 2020 р.

Зав. кафедри	_____	_____
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Керівник	_____	<u>Горковчук Ю. В.</u>
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Студент	_____	<u>Вакуленко А. О.</u>
	(підпис)	(прізвище та ініціали)

РЕЗЮМЕ (summary) <i>до атестаційної випускної роботи студента:</i>		Вакуленко Артур Олегович	
<i>ЗВО</i>	Київський національний університет будівництва і архітектури		
<i>Тема</i>	Розроблення елементів віртуального симулятора наземного лазерного сканера		
<i>Освітній ступінь</i>	Магістр за освітньо-професійною програмою навчання		
<i>Факультет</i>	Геоінформаційних систем та управління територіями		
<i>Кафедра</i>	Геоінформатики і фотограмметрії		
<i>Спеціальність</i>	193 «Геодезія та землеустрій»		
<i>Спеціалізація</i>	Геоінформаційні системи і технології ПІСТ 61		
<i>Керівник</i>	Горковчук Юлія Вікторівна к. т. н., доцент		
<i>Обсяг роботи:</i>	<i>пояснювальна записка, стор.</i>	<i>розділів</i>	<i>рисунків</i>
	95	3	45
<i>Розділ 1</i>	В цьому розділі було розглянуто основні принципи віртуальної реальності, що показали актуальність і перспективність цієї галузі у багатьох напрямках і насамперед в освітній галузі. Також проведений SWOT аналіз для виявлення сильних та слабких сторін.		
<i>Розділ 2</i>	В процесі виконання цього розділу було створено структурно-функціональна модель віртуального симулятора наземного лазерного сканера, що дозволило розуміти логіку роботи лазерного сканера та в подальшого інтегрування в Unreal Engine. Також проведено аналіз різних програмних засобів та виявлено різні переваги та недоліки кожного з них.		
<i>Розділ 3</i>	В цьому розділі було створено віртуальний інтерфейс лазерних сканерів, Також було зроблене програмування основних функцій, завдяки цьому створений функціонуючий проект симулятора. проведено аналіз та оцінка результатів віртуального симулятора наземного лазерного сканера		
<i>Висновки по роботі:</i>	В дипломній роботі було розглянуто принципи віртуальної реальності і особливості технологій віртуальної реальності в освітній галузі. Було розроблено структурно функціональну модель віртуального симулятора наземного лазерного сканера та технічне розгортання принципа роботи симулятора наземного лазерного сканера.		

	Також був проведений аналіз програмних засобів віртуального симулятора наземного лазерного сканера створено елементи інтерфейсу лазерного сканера ,виконано програмування основних функції та зроблений аналіз та оцінка результатів віртуального симулятора наземного лазерного сканера
--	--

Ключові слова: лазерне сканування, симулятор , unreal engine , віртуальна реальність, інтерфейс, blueprint

Keywords: laser scanning,simulator,unreal engine,virtual reality, interface, blueprint

Укладач: _____ / А.О. Вакуленко /

Керівник: _____ / Ю.В. Горковчук /

" __ " _____ 2020р.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
1. АНАЛІЗ ПІДХОДІВ ДО СТВОРЕННЯ ВІРТУАЛЬНОЇ РЕАЛЬНОСТІ В ОСВІТНІЙ ГАЛУЗІ	
1.1. Віртуальна реальність та симуляція	13
1.2. Особливості технологій віртуальної реальності в освітній галузі	23
1.3. Маркетинговий аналіз ринку впровадження віртуальних освітніх технологій в сфері геодезії та землеустрою	32
Висновки по розділу 1.....	38
2. РОЗРОБЛЕННЯ ВІРТУАЛЬНОГО СИМУЛЯТОРА НАЗЕМНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНЕРА	
2.1. Структурно-функціональна модель віртуального симулятора наземного лазерного сканера.....	40
2.2. Технічне розгортання принципу роботи симулятора наземного лазерного сканера.....	48
2.3. Аналіз програмних засобів віртуального симулятора наземного лазерного сканера	52
Висновки по розділу 2.....	59
3. РОЗРОБЛЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ВІРТУАЛЬНОГО СИМУЛЯТОРА НАЗЕМНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНЕРА	
3.1. Створення віртуального інтерфейсу лазерних сканерів	61
3.2. Програмування основних функцій	76
3.3. Аналіз та оцінка результатів віртуального симулятора наземного лазерного сканера	91
3.4. Висновки по розділу 3.....	93
ВИСНОВКИ.....	94
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	95

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

VR – віртуальна реальність;

AR – доповнена реальність;

MR – змішана реальність;

XR – розширена реальність;

UE – unreal engine(ігровий двигун)

ВСТУП

У багатьох технічних сферах сучасного суспільства зростає попит на швидке, точне та автоматичне придбання цифрового 3D моделювання найрізноманітніших фізичних об'єктів та середовищ. Лазерне сканування - це популярна та широко використовувана технологія для покриття цього попиту, але він також дорогий і складний у використанні з повним потенціалом. Однак можуть існувати сценарії, коли виконується операція справжнього лазерного сканера можна замінити комп'ютерним моделюванням, щоб заощадити час і витрати. Це включає такі сценарії, як викладання та навчання лазерного сканування, розробка нових апаратних засобів сканерів та методів сканування або генерація штучного сканування набори даних для підтримки розробки алгоритмів обробки та аналізу хмарних точок.

Лазерне сканування - широко використовуваний метод отримання високодеталізованих, високоточних 3D-моделей фізичних об'єктів у багатьох технічних галузях сучасного суспільства, такі як будівництво, гірничодобувна промисловість, сільське господарство талісове господарство, або наука. Технологія швидко прогресує, із кожним роком впроваджуються все більш здатні лазерні сканери. Залишається проблемою те, що лазерні сканери все ще дуже дорогі, і навряд чи вони стануть значно доступнішими в осяжному майбутньому. Однак є випадки використання, коли можливо, можна замінити роботу справжнього лазерного сканера комп'ютерним моделюванням, що призведе до значного скорочення витрат і зусиль. Однак є багато питань у дослідженнях лазерного сканування, відповіді на які полягають не у фактичному змісті захоплених даних, а в їх структурних характеристиках, і їх цілком можна відтворити в змодельованому середовищі. Можливими випадками використання симулятора лазерного сканування є, наприклад, дослідження та планування стратегій сканування, навчання та навчання лазерного сканування, генерація штучних сканувати дані для розробки алгоритму або розробки датчиків та оцінка.

Станом на 2020р. в Україні широко не використовується в навчальному процесі жоден симулятор наземного лазерного сканера.

Таким чином, **актуальність роботи** зумовлена потребою спростити доступ до навчання, для якого необхідне дороге обладнання, яке мається не в усіх навчальних закладах, тим самим підвищити кваліфікацію в сфері лазерного сканування починаючих і не тільки фахівців.

Метою магістерської роботи є: розроблення елементів віртуального симулятора наземного лазерного сканера

Для досягнення цієї мети в роботі поставлено та виконано такі **основні завдання**:

- 1.проаналізовано підходи до створення віртуальної реальності в освітній галузі;
- 2.поставлене технічне завдання для розроблення віртуального симулятора наземного лазерного сканера;
- 3.проаналізовано різні програмні засоби віртуального симулятора наземного лазерного сканера;
- 4.розроблення елементів віртуального симулятора наземного лазерного сканера.

Об'єктом дослідження є освітні віртуальні технології і способи їх створення та реалізації.

Предмет дослідження: Предметом дослідження є методи та технології розроблення та реалізації віртуального

Методи дослідження, що використані у роботі: принципи об'єктно-орієнтованого програмування; теорія баз геопросторових даних; монографічний метод застосовано для опрацювання науково-методичної літератури; методи порівнянь, аналізу, формалізації, моделювання.

Наукова новизна результатів роботи полягає у одержанні практичних результатів елементів віртуального симулятора наземного лазерного сканера

В магістерській роботі вперше:

-розроблено елементи віртуального симулятора наземного лазерного сканера

-виконано порівняння симулятора наземного лазерного сканера з реальним лазерним сканером

- проаналізовано різні програмні засоби віртуального симулятора наземного лазерного сканера

Практичне значення одержаних результатів полягає у впровадженні результатів роботи у навчальну експлуатацію.

Структура роботи. Робота складається із вступу, 3 розділів, висновків, списку використаної літератури. Загальний обсяг роботи 77 сторінки. У тексті міститься 6 таблиць, 46 рисунків.

Розділ 1. Аналіз підходів до створення віртуальної реальності в освітній галузі

1.1. Віртуальна реальність та симуляція

Поняття віртуальної реальності походить від «віртуальність», що початково позначало в схоластиці зв'язок між реальностями, що належать до різних рівнів, переважно між реальністю вигаданою і дійсною. У другій половині ХХ століття під віртуальністю стали розуміти можливе, потенційне, умоглядне. З 1980-х поширився термін «віртуальна реальність» для позначення комп'ютерних систем, що дають користувачеві інтерактивне стереоскопічне зображення. Зрештою його головним значенням стала імітація дійсності з допомогою комп'ютера і різних пристроїв, що діють на органи чуття.

Віртуальна реальність (Virtual Reality – VR) стає дуже затребуваною концепцією. Оскільки VR все ще відносно нова технологія, можливо ви її ще не тестували. У цій статті ми пояснимо, що таке віртуальна реальність та як її можна використовувати.



Рис. 1.1. Приклад віртуальної реальності (VR)

Віртуальну реальність можна вважати надзвичайно захоплюючим досвідом, який імітує реальність. Використовуючи гарнітури чи окуляри віртуальної реальності та відповідні програми, ви можете увійти в спеціальні симуляції. Ці імітації розроблені для надзвичайно захоплюючого досвіду

користувача. Глядач контролює навколишнє середовище і може оглядати будь-який елемент, а також потенційно взаємодіяти з об'єктами довкола. Віртуальна реальність, як правило, має місце в комп'ютерному моделюванні, яке створює 3-D середовище. Людина може використовувати різноманітне електронне обладнання для взаємодії зі віртуальним оточенням та контролю навколишнього середовища.

Загалом віртуальна реальність означає створення імітації досвіду реального світу, в яку людина може увійти в будь-який час за допомогою технології. Оскільки VR продовжує розвиватися, ці симуляції стають все більш поглибленими та реальними. Ця технологія також продовжує мініатюризуватись і дешевшати, приводячи VR до такого стану, коли майже кожен може мати можливість опробувати віртуальну реальність.

Мета будь-якої VR-системи – повністю занурити користувача в нове імітаційне середовище. Це означає наповнення їх периферійного зору, використання звукоізолюючих навушників, що дозволяють впустити їх в віртуальну реальність та надати їм контроль над нею. Введення цих рівнів контролю може створити вражаючий досвід. Додавання нових функцій взаємодії може бути ще більш потужним.

Доповнена реальність (AR) - це інтерактивне переживання реального середовища, де об'єкти, що перебувають у реальному світі, покращуються сприйнятою комп'ютером інформацією, іноді через різні сенсорні модальності, включаючи зорову, слухову, тактильну, соматосенсорну та нюхову. [1] [2] AR можна визначити як систему, яка виконує три основні функції: поєднання реального та віртуального світів, взаємодію в реальному часі та точну 3D-реєстрацію віртуальних та реальних об'єктів. [3] Накладена сенсорна інформація може бути конструктивною (тобто добавкою до природного середовища) або деструктивною (тобто маскувати природне середовище). [4] Цей досвід безперешкодно переплітається з фізичним світом так, що сприймається як

захоплюючий аспект реального середовища. [4] Таким чином, доповнена реальність змінює постійне сприйняття реального середовища, тоді як віртуальна реальність повністю замінює реальне середовище користувача на модельоване. [5] [6] Доповнена реальність пов'язана з двома в основному синонімічними термінами: змішаною реальністю та комп'ютерною реальністю.

Першочерговою цінністю доповненої реальності є спосіб, в якому компоненти цифрового світу впливаються у сприйняття людиною реального світу не як простий показ даних, а завдяки інтеграції захоплюючих відчуттів, які сприймаються як природні частини навколишнє середовище. Найбільш ранні функціональні системи AR, що забезпечували вражаючий досвід змішаної реальності для користувачів, були винайдені на початку 1990-х років, починаючи з системи віртуальних приладів, розробленої в лабораторії Армстронга ВПС США в 1992 році [4] [7] [8]. Вперше комерційний досвід доповненої реальності був представлений у сферах розваг та ігор. Згодом додатки доповненої реальності охопили комерційні галузі, такі як освіта, зв'язок, медицина та розваги. В освіті доступ до вмісту можна отримати шляхом сканування або перегляду зображення за допомогою мобільного пристрою або за допомогою безмаркерових AR-технологій. [9] [10]

Розширена реальність використовується для покращення природного середовища або ситуацій та надання збагаченого сприйняттям досвіду. За допомогою передових AR-технологій (наприклад, додавання комп'ютерного зору, включення AR-камер у програми для смартфонів та розпізнавання об'єктів) інформація про навколишній реальний світ користувача стає інтерактивною та цифровою. Інформація про навколишнє середовище та його об'єкти накладається на реальний світ. Ця інформація може бути віртуальною [11] [12] [13] [14] або реальною, наприклад бачення іншої реальної відчутної або вимірної

інформації, такої як електромагнітні радіохвилі, накладені в точному вирівнюванні з тим, де вони насправді знаходяться в космосі. Розширена реальність також має великий потенціал у збиранні та обміні мовчазними знаннями. Прийоми збільшення збільшуються, як правило, у реальному часі та в семантичному контексті з елементами навколишнього середовища. Іммерсивна інформація про сприйняття іноді поєднується з додатковою інформацією, як-от оцінки в прямому ефірі спортивної події. Це поєднує в собі переваги як технології доповненої реальності, так і технології дисплеїв (HUD).



Рис.1.2 Використання доповненої реальності

Змішана реальність (MR) - це суміш фізичного та цифрового світів, що розкриває зв'язок між взаємодією людини, комп'ютера та навколишнього середовища. Ця нова реальність базується на вдосконаленні комп'ютерного зору, графічної обробної потужності, технології відображення та систем введення. Однак термін "змішана реальність" був введений в роботі 1994 року Полом Мілграмом та Фуміо Кішино "Таксономія візуальних зображень змішаної реальності". Їх робота досліджувала концепцію континууму віртуальності та

категоризацію таксономії, застосовану до дисплеїв. З тих пір застосування змішаної реальності вийшло за рамки дисплеїв, включаючи:

- Екологічний вклад
- Просторовий звук
- Розташування та позиціонування як у реальному, так і у віртуальному просторах



Рис.1.3 Взаємодія між комп'ютерами, людьми та середовищем.

Поєднання всіх трьох - комп'ютерної обробки, людського втручання та внесення екологічних факторів - створює основу для створення справжнього досвіду змішаної реальності. Рух через фізичний світ може перетворитися на рух у цифровому світі. Межі у фізичному світі можуть впливати на досвід

застосування, наприклад, гри, у цифровому світі. Без екологічних вкладень досвід не може поєднуватися між фізичною та цифровою реальністю.

Розширена реальність (XR)- нещодавно доданий термін до словника технічних слів. На даний момент лише декілька людей знають про XR. Розширена реальність відноситься до всіх реальних та віртуальних комбінованих середовищ та взаємодії людина-машина, породжені комп'ютерними технологіями та пристроями, що носяться. Розширена реальність включає всі її описові форми, такі як доповнена реальність (AR), віртуальна реальність (VR), змішана реальність (MR). Іншими словами, XR можна визначити як парасольку, яка об'єднує всі три Реальності (AR, VR, MR) під один термін, що призводить до меншої плутанини в суспільстві. Розширена реальність забезпечує широке різноманіття та величезну кількість рівнів у віртуальності частково введених датчиків в занурену віртуальність.

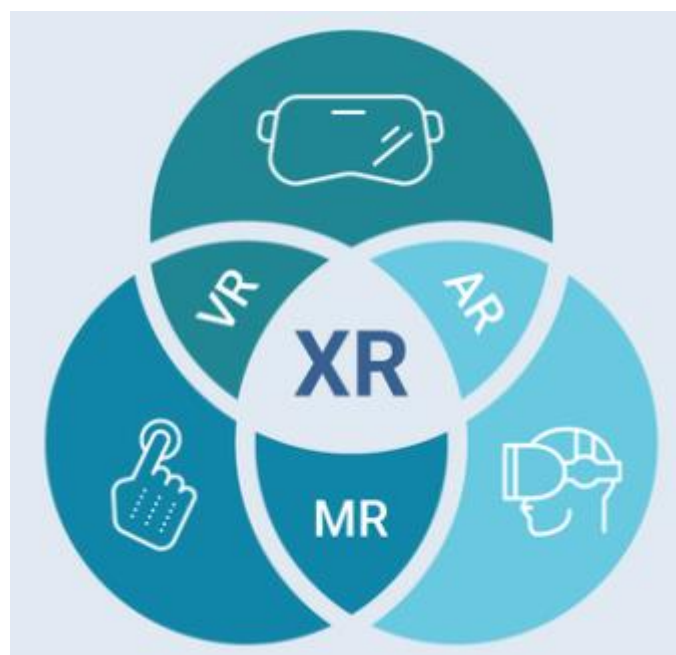


Рис 1.4 Створення розширеної реальності.

З останніх кількох років ми говоримо про AR, VR та MR, і, ймовірно, у найближчі роки ми будемо говорити про XR.

VR занурює людей у повністю віртуальне середовище; AR створює накладення віртуального вмісту, але не може взаємодіяти з навколишнім середовищем; MR - це суміш віртуальної реальності та реальності, вона створює віртуальні об'єкти, які можуть взаємодіяти з фактичним середовищем. XR об'єднує всі три Реальності (AR, VR, MR) під один термін.

Симулятор - імітатор (зазвичай механічний або комп'ютерний), завдання якого полягає в імітації управління будь-яким процесом, апаратом або транспортним засобом.

Найчастіше зараз слово «симулятор» використовується стосовно до комп'ютерних програм (зазвичай ігор). За допомогою комп'ютерно-механічних симуляторів, абсолютно точно відтворюють інтер'єр кабіни апарату, тренуються пілоти, космонавти, машиністи високошвидкісних поїздів.

Симулятор - програмні і апаратні засоби, що створюють враження дійсності, відображаючи частина реальних явищ і властивостей у віртуальному середовищі. Часто для вивчення імітаційних моделей використовуються комп'ютерні експерименти. Симулювання також використовується при науковому моделюванні природних систем або систем людини, щоб отримати уявлення про їх функціонування. Моделювання може бути використано для демонстрації можливих ефектів альтернативних умов і способів дій. Імітація також використовується, коли реальна система не може бути задіяна, тому що вона може бути недоступна, або вона може бути небезпечною або неприйнятною для участі, або вона проектується, але ще не побудована, або вона може просто не існувати.

Комп'ютерна симуляція - це спроба змоделювати реальну або гіпотетичну ситуацію на комп'ютері, щоб можна було побачити, як працює система. Змінюючи змінні в моделюванні, можна передбачити поведінку системи. Це інструмент, що дозволяє практично дослідити поведінку досліджуваної системи. Комп'ютерне моделювання стало важливою частиною моделювання багатьох

природних систем у фізиці, хімії та біології, в економіці і соціальних науках, а також в інженерній справі. Хороший приклад корисності використання комп'ютерів можна знайти в області моделювання мережевого трафіку. При такому моделюванні поведінку моделі буде змінюватися при кожному моделюванні відповідно до набором вихідних параметрів, прийнятих для навколишнього середовища. Традиційно формальне моделювання систем здійснювалося за допомогою математичної моделі, яка намагається знайти аналітичні рішення, що дозволяють прогнозувати поведінку системи по набору параметрів і початкових умов. Комп'ютерна симуляція часто використовується в якості доповнення або заміни систем моделювання, для яких прості аналітичні рішення замкнутої форми неможливі.

Існує кілька програмних пакетів для виконання комп'ютерного імітаційного моделювання (наприклад, моделювання методом Монте-Карло, стохастичне моделювання, мультиметодне моделювання), які значно спрощують обробку даних.

Моделювання широко використовується в освітніх цілях. Його застосовують в тих випадках, коли занадто дорого або небезпечно дозволити стажистам використовувати реальне обладнання в реальному світі. У таких ситуаціях вони отримують реалістичний досвід в безпечній віртуальній середовищі. Часто зручність полягає в тому, щоб дозволити помилки під час навчання в умовах критичної системи безпеки. Симуляції в освіті чимось схожі на навчальні симуляції. Вони зосереджені на конкретних завданнях. Термін "мікросвіт" використовується для позначення навчальних симуляцій, які моделюють деяку абстрактну концепцію, а не імітують реалістичний об'єкт або навколишнє середовище, або в деяких випадках моделюють реальне середовище спрощеним способом, щоб допомогти учневі розвинути розуміння ключових понять. Зазвичай користувач може створити в мікросвіті якусь конструкцію, яка буде вести себе відповідно до модельованими концепціями.

Виробництво є одним з найбільш важливих застосувань моделювання. Цей метод являє собою цінний інструмент, який використовується інженерами при оцінці ефекту капітальних вкладень в обладнання і фізичні об'єкти, такі як заводи, склади і розподільні центри. Моделювання може бути використано для прогнозування продуктивності існуючої або планованої системи і порівняння альтернативних рішень для конкретної проектної задачі.

Ідея створення віртуального світу зародилася ще в 1930-х рр. і належить Стенлі Вейнбаум, який описав подібний світ в невеликому оповіданні «Окуляри Пігмаліона». Саме тоді почали розвиватися VR-технології, але через технічні обмежень і великих витрат широких можливостей вони не відкривали.

Все зрушилося з місця в 2014 р, коли Facebook придбав стартап Oculus VR - на той момент піонера цифрових технологій. Була випущена оновлена модель шолома віртуальної реальності, яка викликала справжній фурор на ринку технологій.

Зараз VR вже щосили набирає обертів і відноситься до так званих імерсивні технологіям - збірна назва всіх технологій, які включають в себе взаємодію людини з простором, інформацією, контентом. Вони стирають межі між реальним і вигаданими світами. Дозволяють встановлювати зв'язок і занурюватися в інформацію і продукт. Застосування VR і AR для ефективного корпоративного навчання

-Нафтогазова промисловість

Нафтові компанії використовують VR і AR для підготовки фахівців до майбутньої діяльності на базі сценаріїв реальному житті. Це виводить практику «вивчених уроків» на новий рівень.

-Автопромисловість

VR використовується для навчання інженерів і мінімізації вартості «навчання на власних помилках». За рахунок моделювання співробітники

оцінюють функціональність, обмеження і юзабіліті тих чи інших рішень ще до їх промислових реалізацій.

-Енергетика

Створено VR-рішення, що дозволяє співробітникам атомної електростанції бачити і частково відчувати те, що відбувається під час розплаву реактора на атомній станції. Мета - отримати навички реагування на надзвичайну ситуацію з меншою панікою і великим контролем над ситуацією.

-Авіація

AR-технології, які спочатку використовувалися військовими льотчиками, добралися і до звичайних авіаперевезень. Розробки розраховані на підвищення рівня безпеки польотів, особливо при посадках в умовах обмеженої видимості.

-Рітейл

Найбільша мережа рітейлу в світі Walmart використовує VR-рішення для підготовки менеджерів магазинів до «чорної п'ятниці», найбільшому дню покупок в Америці. Walmart планує впровадити технологію в 200 навчальних центрах.

Симуляційна освіта є однією з основних методик практичної підготовки медичних фахівців в розвинених країнах. Відпрацювання навичок на симуляторах та у віртуальних операційних має доведену ефективність.

Наприклад, завдяки таким технологіям підготовка фахівців в ДЗ "ЗМАПО МОЗ України" максимально наближена до їх реальної діяльності.

В системі післядипломної медичної освіти симуляційні технології лежать в основі ряду методик, покликаних допомагати відтворювати клінічні ситуації відповідно до мети навчання, повторення, оцінки і дослідження. Симулятори варіюють від простих фізичних моделей анатомічних структур (наприклад, модель кісток тазу або тренажери для відпрацювання окремих умінь) до

складних пристроїв і манекенів з високою механічною реальністю і комп'ютерним управлінням.

1.2. Особливості технологій віртуальної реальності в освітній галузі

У навчальному процесі вищих навчальних закладів навчальні інформаційні системи, що використовують комп'ютерні технології, відіграють дуже важливу роль, оскільки повне залучення в навчальний процес за допомогою спостереження за максимально реалістичною картинкою підвищує мотивацію й успіхи в отриманні знань, стимулює мозкову діяльність. В якості одного з перспективних освітніх методів сучасні інформаційні технології пропонують нове освітнє середовище - віртуальну реальність (VR), яка моделюється комп'ютером і розглядається в якості особливого інформаційного середовища, в якому всі об'єкти представлені в трьох вимірах. Відмінною рисою цього середовища є зміна зображень в режимі реального часу і переживання ефекту присутності. VR імітує як вплив, так і реакції на цей вплив. За останні п'ять років технології віртуальної реальності розвинулися від сумнівно перспективних до повсюдно використовуваних і впроваджуваних. Незважаючи на поширення даної технології в якості одного з експериментальних методів навчання, а також засобів і технологій навчання одночасно, реальних досліджень віртуальної реальності в педагогіці здійснюється вкрай мало. Це можна пояснити складністю, високими матеріальними витратами даних досліджень, причому не лише в нашій країні, а й за кордоном. Більше того, сучасна система загальної та професійної освіти демонструє посилене протиріччя між використанням педагогічних технологій на основі віртуальної реальності та інерцією колишніх стереотипів освітньої практики. Хоча на рівні обговорень серед теоретиків і практиків ця тема є об'єктом пильної уваги.

Технології доповненої реальності (Augmented Reality, AR) здатні проектувати цифрову інформацію (зображення, відео, текст, графіку) поза екранами пристроїв та об'єднувати віртуальні об'єкти з реальним середовищем. Популярна кілька років тому гра Pokemon GO є яскравим прикладом AR технологій. Віртуальна ж реальність (Virtual Reality, VR) за допомогою 360° картинки переносить людину в штучний світ, де навколишнє середовище повністю змінене. Познайомитись з доповненою реальністю можна за допомогою одного лише смартфона, проте для занурення у віртуальний простір вам знадобиться спеціальний шолом або окуляри.

Ці імерсивні методи навчання потенційно можуть стати основним інструментом в освіті й здійснити революцію в навчанні як школярів, так і студентів. Вчителі можуть використовувати віртуальну й доповнену реальність для взаємодії учнів з різними об'єктами в тривимірному просторі. Скажімо, під час вивчення Сонячної системи діти зможуть не просто розглядати нудні малюнки в підручнику, а по-справжньому зануритися у космічний простір завдяки шолому віртуальної реальності. Тільки уявіть, що ваша дитина літає між планетами, вивчаючи їх таємниці.

Технології віртуальної і доповненої реальності дають учням та студентам можливість глибше вивчати предмети, аналізувати наслідки світових подій, брати участь в археологічних експедиціях і багато іншого, а головне — у розважальній формі. AR і VR дають змогу набути досвіду, до якого учні зазвичай не мають доступу.

Серед головних переваг імерсивних технологій є:

Наочність. У віртуальному просторі без перешкод можна деталізовано розглянути будь-який процес або об'єкт, що значно цікавіше, ніж дивитися на картинку у підручнику. Наприклад, через застосунок Anatomyo можна вивчити

будову тіла в найменших подробицях, а Operation Apex покаже всі багатства підводного світу.

Зосередженість. У віртуальному середовищі людина не відволікатиметься на зовнішні подразники, що дасть змогу повністю сфокусуватися на матеріалі.

Максимальне залучення. Імерсивні технології надають можливість повністю контролювати та змінювати сценарій подій. Учень може стати свідком історичних подій, власноруч провести дослід з фізики чи хімії або ж вирішити задачу в ігровій та доступній для розуміння формі.

Безпека. За допомогою VR та AR технологій можна провести складну операцію, керувати спорткаром або навіть космічним шатлом, провести дослід з небезпечними хімічними речовинами і при цьому не завдати шкоди ні собі, ні оточенню.

Результативність. Вчені Мерілендського університету провели дослідження, під час якого запропонували двом групам людей запам'ятати розташування певних зображень. Під час експерименту одна з груп використовувала шоломи віртуальної реальності, друга — звичайні комп'ютери. При цьому група, яка вивчала зображення за допомогою VR-шоломів, показала результат на 10 % вищий, ніж учасники іншої групи.

Також новітні технології відіграють важливу роль у навчанні дітей з фізичними, соціальними або когнітивними порушеннями. Адже за допомогою імерсивних технологій можна створити інклюзивне навчальне середовище з урахуванням потреб і можливостей кожного. Це може стати одним з важливих кроків у демократизації знань. Підвищення ефективності навчання з використанням технологій віртуальної реальності обумовлене також тим, що заняття з використанням сучасних технологій викликають великий інтерес, результатом чого стає підсилення навчальної мотивації та активності учнів. Як вказував один з відомих дослідників віртуальної реальності О. В. Юхвід, всі звіти про реалізацію різних навчальних програм на основі VR-технологій

повідомляють про підвищений інтерес учнів до подібної форми занять й ентузіазм, з яким вони готуються до кожного заняття, вивчаючи теоретичний матеріал, який потім зможуть пропрацювати у віртуальному середовищі. Крім того, навчальні програми, створені на основі технологій віртуальної реальності, є універсальними (тобто при використанні таких програм для різних предметних областей необхідний практично один і той самий комплект програмно-апаратних засобів), легко «вбудовуються» в традиційний навчальний процес і дають змогу замінити реальні об'єкти їх імітаційними моделями й інтерактивними тренажерами, за допомогою яких учні можуть моделювати різні ситуації і знаходити оптимальні рішення.

Технологічні компанії активно працюють над формуванням навчального контенту. Для прикладу, Lenovo розробила спеціалізований віртуальний клас, за допомогою якого можна створювати змішане навчальне середовище й робити шкільне життя насиченим і цікавим як для учнів, так і для вчителів. Такий віртуальний клас складається з різних пристроїв (шолом віртуальної реальності, планшет, роутер), а також програмного забезпечення і комплексних навчальних програм для дітей різного віку. А в співпраці з Google компанія створила більш ніж 700 віртуальних екскурсій, які зможуть перенести учнів у будь-яку точку Землі: від глибин світових океанів до найвідоміших музеїв Європи.

Українська освіта наразі робить тільки перші кроки в напрямку використання новітніх технологій. Існує низка проблем, які заважають впроваджувати технології віртуальної та доповненої реальності в освітніх закладах. Справді, Google Play та App Store пропонують велику кількість мобільних застосунків з доповненою реальністю, а в магазинах представлено широкий вибір VR-пристроїв. Але попри це україномовного контенту все ще недостатньо для проведення повноцінних інтерактивних уроків.

З другого боку, кількість молодих спеціалістів у школах не перевищує й 20 %, а це означає, що треба працювати над оновленням методик навчання та підвищенням кваліфікації вчителів старшого покоління. Та ключовою перепорою досі залишається обмеженість ресурсів у навчальних закладах. Утім, бюджети на оновлення нового обладнання поступово зростають, але важливо, щоб під час вибору техніки навчальні заклади звертали увагу не лише на вартість, а й враховували сценарії її використання.

Попри такі серйозні на перший погляд перешкоди, Україна все ж намагається впроваджувати технології віртуальної і доповненої реальності. Наприклад, минулого року у львівських школах учителі разом з учнями перевірили на собі роботу VR-девайсів. Усі були задоволені результатом: натхненні діти, які прагнули нових знань, і вражені технологіями педагоги. Кілька київських бібліотек, як-от імені Тичини та імені Чуковського, і собі придбали окуляри віртуальної реальності й відповідне навчальне програмне забезпечення. Тепер кожен охочий може вільно поринути у віртуальний простір назустріч новим знанням.

Отже, можна припустити, що віртуальна реальність – ідеальне навчальне середовище. Сприйняття віртуальної моделі з високою мірою достовірності дає змогу якісно і швидко готувати фахівців з різних спеціальностей: авіація, управління технологічними процесами, медицина, дистанційне керування технічними засобами тощо. Освіта з використанням віртуальної реальності дає змогу наочно проводити лекції і семінари, тренінги, демонструвати тим, хто навчається, всі аспекти реального об'єкта або процесу, що в цілому дає колосальний ефект, покращує якість і швидкість освітніх процесів і зменшує їхню вартість. Технології віртуальної реальності дають змогу повною мірою використовувати те, що людина 80% інформації отримує з навколишнього світу з допомогою зору, при цьому люди запам'ятовують 20% того, що вони бачать,

40% того, що вони бачать і чують, і 70% того, що вони бачать, чують і роблять. У результаті відбувається повне залучення студентів у навчальний процес, що підвищує їхню мотивацію й успіхи в отриманні знань. Використання нових технологій в освіті передбачає, що навчальний процес повинен бути перебудований відповідним чином.

Однак, попри очевидні переваги застосування технологій віртуальної реальності в освіті, на сьогодні є чимало потенційних проблем з технологічної точки зору. По-перше, будь-яка дисципліна є досить об'ємною, що вимагає значних ресурсів для створення контенту на кожному занятті – у вигляді повного курсу або десятків і сотень невеликих додатків. Компанії, які створюватимуть такі матеріали, повинні бути готові займатися розробкою досить тривалий час без можливості її окупити до виходу повноцінних наборів занять. По-друге, у разі дистанційного навчання навантаження з покупки пристрою віртуальної реальності лягає на користувача, або цим пристроєм може бути його телефон. Але освітнім установам необхідно буде купувати комплекти обладнання для аудиторій, в яких проходитимуть заняття, що також вимагає істотних інвестицій. По-третє, віртуальна реальність, як і будь-яка технологія, вимагає використання своєї, специфічної мови. Важливо знайти правильні інструменти для того, щоб зробити контент наочним. Крім того, складно буде оновити вже наявні освітні програми. Незважаючи на труднощі, технології віртуальної і доповненої реальності слід застосовувати в сфері освіти в першу чергу тому, що освітня система повинна пристосовуватися до процесів, моделей і теорій, які постійно ускладнюються, а студентам необхідно оперувати великою кількістю інформації і новими способами її подання. Більше того, за прогнозами експертів, дохід від продажу програмного забезпечення для шкіл і вищих навчальних закладів був оцінений в \$ 300 млн. у 2020 р. і в \$ 700 млн. у 2025 р. За найскромнішими підрахунками, система освіти витратить близько п'яти років для закупівлі та введення в експлуатацію 8 млн. пристроїв віртуальної і доповненої реальності (9 сфер применения виртуальной реальности: размеры

рынка и перспективы [Электронный ресурс]). В якості прикладу застосування VR-технологій з освітньою метою варто згадати програму компанії Apple. Від початку проекту у березні 2013 року компанія надала освітнім установам по всьому світу 8 млн. планшетних комп'ютерів, 4,5 млн. з них – в школи США. За три роки компанія пожертвувала майже 7% всіх вироблених. Компанія Google безкоштовно просуває в школах свій проект Cardboard (основою експерименту є шолом, який, за задумом розробників, можна зібрати з підручних матеріалів), до початку 2016 року було готово понад 100 навчальних програм. Серед кращих проектів слід також відзначити такі, як:

- LABSTER - інтерактивний 3D-проект, розроблений у партнерстві з провідними університетами – MIT (Massachusetts Institute of Technology, Массачусетський технологічний інститут), Гарвардом і Стенфордом. Студенти можуть дистанційно здійснювати експерименти в наукових лабораторіях з повним комплексом обладнання;

- EXPEDITIONS PIONEER PROGRAM - програма дає змогу учням побувати там, «куди шкільним автобусам не добратися». Віртуальна платформа задумана як освітня програма для шкільних класів, у межах якої група співробітників проводить віртуальні екскурсії екзотичними і дивними місцями нашої планети (платформа налічує понад 100 таких екскурсій);

- ER VR (VIRTUAL REALITY MEDICAL TRAINING SIMULATION) - проект, розроблений спільно з Королівським коледжем хірургів в Единбурзі, поміщає студентів у простір реалізму-кімнати, де їм належить вжити заходів, які врятують або вб'ють пацієнта. Проект відтворює ситуацію, типову для молодих лікарів, які лікують пацієнтів зі смертельними травмами;

- THE APOLLO 11 VIRTUAL REALITY EXPERIENCE - гучна гра, яка пропонує відправитися на Місяць на космічному кораблі «Аполлон-11». Спільно з екіпажем історичного корабля автори з високою точністю відтворили всі деталі

запуску, польоту і посадки, додавши документальну хроніку, фантастичні космічні пейзажі і фантастичну музику;

- LECTURE VR - проект пропонує серію знакових лекцій з наочною візуалізацією, які можна відвідати як індивідуально, так і в складі групи - наприклад, в якості доповнення до шкільного уроку.

Серед інших проектів:

- Colosseum VR (творці цього додатка пропонують усім бажаючим перенестися в Стародавній Рим, щоб на власні очі побачити Колізей, побувати в центрі гладіаторських боїв, відвідати Палатинський пагорб або храм Венери, досліджувати арку Костянтина або Колос Нерона. Графіка у цьому проекті поки щедалека від ідеалу, проте таке занурення в історію не залишить байдужим будь-яку дитину);

- Mezo VR (з додатком Mezo VR можна не лише побачити археологічні розкопки, які реально ведуться, а й простежити за етапами в історії цієї цивілізації. Як і попередній, цей додаток мальоване, однак графіка досить хороша, щоб зацікавити орнаментами на стінах стародавніх будівель);

- Titans of Space (додаток дає можливість здійснити подорож до космосу, в якому кожне з космічних тіл зменшене в мільйон разів);

- zSpace (творчі цього проекту розробили для школярів окуляри, які функціонують за прикладом 3D: зображення бачать всі, хто в цей момент в окулярах. За допомогою інтерактивної ручки учні можуть управляти моделлю молекулярної решітки або крок за кроком розглядати людське тіло. Система була протестована в Lee High School і викликала великий інтерес з боку школярів. Подібні технології доступні лише в тих освітніх закладах США, чиє керівництво погодилося взяти участь в експерименті);

- EligoVision (це варіант використання доповненої реальності в школі. Проект зроблений за типом конструктора, в який учитель може завантажити

будь-які матеріали, необхідні йому для роботи. Перевага цього рішення в тому, що він підходить як дорослим, так і дітям. Учні, наприклад, можуть модернізувати і змінювати вже існуючі проекти: будувати моделі міст, візуалізувати формули і розібратися з рівняннями. Від вищенаведених проектів даний конструктор відрізняється тим, допомагає саме вчитися, а не перетворює пізнавальний процес на захоплюючу гру, як це роблять більшість VR-додатків).

Таким чином, VR-системи – це комплекс технічних засобів, що занурюють людину у віртуальну 3D-сцену, модель якої створюється за допомогою комп'ютера. Така система дає змогу відчувати себе присутнім в іншому світі або реалістично побачити перед собою прототип чогось, існуючого поки лише в кресленнях. Сам комплекс пристроїв, що впливають на людину, може бути різним: 3D-кімната, тривимірний екран, шолом віртуальної реальності або будь-яка інша конфігурація VR-системи. Крім цього, система віртуальної реальності може оснащуватися різною периферією в залежності від бажаних функцій і бюджету замовника. Це можуть бути рукавички віртуальної реальності, різні джойстики, костюми motion-capture або пристрої тактильного зворотного зв'язку. Всі ці технології віртуальної реальності дають змогу взаємодіяти з віртуальною сценою з високою мірою інтерактивності.

Безперечно, VR-технології є перспективним напрямом, розвиток якого сприятиме подальшому прогресу у сфері освіти, самоосвіти та підвищення кваліфікації. Підтвердженням цього є концепція використання технологій віртуальної реальності для навчання і науки, повною мірою реалізована в програмно-апаратному комплексі віртуальної реальності для освіти – VE 3D ieCenter. Однією з основних функцій VE 3D ieCenter є створення інтерактивних освітніх курсів та їхня подальша демонстрація для студентів і викладачів в системах віртуальної реальності, звичайних РС, 3D Intranet і 3D Internet.

На основі проаналізованої інформації було створено таблицю переваг ,
недоліків та прикладів реалізації кожного

Таблиця 1.1

Тип	Переваги	Недоліки	Приклад реалізації
VR	-наочність -моделювання з повним зануренням	-необхідність встановлення додаткового обладнання -низька інтерактивність (можна лише дивитись)	Colosseum VR
AR	-доступність -широкий спектр застосування	-відсутність повного занурення	Google Expeditions, ZIR, Pokemon Go
MR	-широкий спектр засосування -варіативність	-непопулярність	Microsoft HoloLens
XR	-зменшення витрат для навчання	-вужька направленність	X-Reality

Робота виконувалась в рамках проекту DAAD (Німецька служба академічного обміну) з розроблення віртуального лазерного сканера. Моє основне завдання це створення елементів інтерфейсу лазерного сканера.

Основне завдання це розроблення віртуального симулятора лазерного променя та визначення його інтенсивності і реалізація його в середовищі Unreal engine.



Рис.1.2.1 UML діаграма «Огляд і типізація задач»

1.3. Маркетинговий аналіз ринку впровадження віртуальних освітніх технологій в сфері геодезії та землеустрою

Ця робота виконувалась в рамках проекту DAAD (Німецька служба академічного обміну) з розроблення віртуального лазерного сканера. І дана частина стосується елементів лазерного сканера.

Для цієї роботи було виконано SWOT-аналіз.

Цей метод завдячує своєю появою групі авторів книги Business Policy, Text and Cases, що побачила світ у 1969 році. Вже майже 50 років SWOT-аналіз залишається одним з найефективніших інструментів стратегічного планування.

Абревіатура цього терміну включає перші букви елементів аналізу і розшифровується як:

- Strengths (сильні сторони);
- Weaknesses (слабкі сторони);
- Opportunities (можливості);
- Threats (загрози).

Найважливіше завдання SWOT-аналізу — допомогти організації побачити та оцінити всі чинники, що впливають на прийняття рішень, а також визначити можливості розвитку.

Існує безліч ситуацій, що передбачають застосування SWOT-аналізу:

- запуск стартапів, нових напрямків бізнесу;
- перегляд внутрішньої політики компанії;
- розгляд варіантів та можливостей перебудови бізнесу;
- перевірка правильності заданого курсу розвитку;
- покращення бізнес-процесів;
- для загального розуміння ситуації, що склалася на ринку.

Дехто з керівників воліє проводити SWOT-аналіз самотужки, адже зазвичай саме вони бачать цілісну картину та визначають напрямок розвитку бізнесу. Однак краще, коли у розгляді бере участь команда з кількох спеціалістів із різних департаментів. Це допомагає визначити та вивчити «сліпі зони», які можуть негативно впливати на стан бізнесу чи на відносини з клієнтами.

1. Титул

Розроблення елементів віртуального симулятора наземного лазерного сканера

2. Клієнти (загальна характеристика)

Результати роботи 3D-сканерів — хмари точок — використовуються з різною метою, зокрема для створення 3D моделей будівель і споруд, САПР моделювання для виробництва деталей, метрології/контролю якості та для використання у чисельних застосунках візуалізації, анімації, рендерінгу та

масового індивідуалізованого виробництва. Відповідно цільовими клієнтами віртуального середовища для створення та обробки цифрових даних 3D-сканування є широке коло користувачів таких технологій: архітектори, дизайнери, інженери, проєктувальники, будівельники, геодезисти, землевпорядники, ГІС фахівці.

- студенти

- фахівці

3. Конкуренти (загальна характеристика)

Ринок засобів навчання VR та AR, що постійно розвивається, зокрема

- CLASSVR - повноцінний набір засобів віртуальної реальності (пристрій + програмне забезпечення), а також комплексні рішення, що дозволяють здійснювати масове навчання на рівні закладів освіти начального рівня

- Handheld Augmented Reality - значний масив даних, присвячений створенню алгоритмів доповненої реальності з метою навчання американських школярів

- «Star Walk» и «Solar Walk» , компанія VITO Technology - додатки дозволяють не тільки навчати професійних астрономів, але і знайомити з тонкощами космічного світу звичайних користувачів за допомогою технологій віртуальної реальності

- проєкт PhysicsPlayground - орієнтований на моделювання фізичних експериментів в області механіки. Величезна кількість інструментів для аналізу впливу сили, маси, траєкторії, швидкості та інших характеристик об'єктів фізичного світу дозволяють детально вивчати процеси, що відбуваються і експериментувати в тривимірному віртуальному просторі, виключаючи витрати на оригінальні випробування.

Але поки не існує жодної розробки з симуляції роботи високоточного вимірювального приладу – наземного лазерного сканеру – з можливістю подальшої обробки отриманих результатів.

4. Оцінка ринку (обсяг, динаміка, тенденції)

Формати AR і VR в освіті можуть бути різними, однак їх переваги перед очним навчанням очевидні. Надання знань за допомогою віртуальної і доповненої реальності в першу чергу обумовлено залученням або втягненням в предметне середовище, а, отже, є удосконаленням освітнього процесу. За даними досліджень компанії VRAr lab, більше 90% студентів успішно засвоюють подібний матеріал, що забезпечує високу ефективність застосування віртуальної і доповненої реальності в освіті.

У спільноти розробників залишається одна важлива проблема, яка стоїть на шляху повноцінної інтеграції зазначених технологій в освітнє середовище. Стрімко зростаючий обсяг знань про навколишній світ дуже складно своєчасно втілювати в інтерактивних формах. Для видання монографії, статті або результатів власних досліджень вченим досить відкрити лише офісний додаток на комп'ютері. Однак механізми по створенню інтерактивного контенту з застосуванням віртуальної і доповненої реальності без спеціалізованих знань просто відсутні.

5. Фінансова оцінка ринкових перспектив інновації

Атул Пател, директор за технологіями та інновацій в Lockheed Martin, вважає, що ринок VR буде рости вкрай агресивно протягом найближчих 5-10 років. Весь ринок VR-AR-MR оцінюється в \$ 60-120 мільярдів доларів протягом наступних 5 років, з них на сферу освітнього застосування може припасти більш ніж \$ 15-30 мільярдів від цієї суми.

6. Бізнес-модель

Споживачі.

Молоді фахівці, переважно люди віком 22-35 років, переважно чоловіки, що використовують значні обсяги даних, часто відвідують профільні форуми та постійно шукають можливості особистого розвитку та оптимізації робочого часу та витрат, а також можливості застосування новітніх технологій. Рівень доходу – в середньому 30 тис. грн. на місяць. Проблеми споживачів: нестача часу на традиційні методи навчання, необізнаність в новітніх технологіях.

Студенти денної та заочної форми навчання, віком 18–22 років, що прагнуть отримати максимальну кількість навиків та професійних компетенцій за невеликий термін часу, Рівень доходу – в середньому 3 тис. грн. на місяць. Проблеми споживачів: низький рівень доходу, втрата інтересу та мотивації до традиційних методів навчання.

Підприємства.

Підприємства малого, середнього та великого бізнесу, що представляють сегмент інженерної сфери послуг, в тому числі будівельні, архітектурні, геодезичні, землевпорядні, тощо. Проблеми бізнесу: високий рівень конкуренції, низький рівень технологічності, необхідність постійного підвищення кваліфікації працівників, відсутність контакту з цільовою аудиторією.

Вищі навчальні заклади 2 та 3 рівня акредитації, професійні технікуми, коледжі. Проблеми бізнесу: зниження кількості студентів, висока вартість сучасного обладнання для забезпечення навчального процесу, низька кваліфікація кадрів в сфері новітніх технологій, низька ефективність традиційних методів навчання.

Ціннісна пропозиція для споживачів. Віртуальний сканер дозволить споживачам отримати нові професійні навички за короткий термін та з високим ступенем ефективності навчання.

Структура витрат. Одноразові витрати на технічну розробку, постійні – на підтримку.

7. Очікувані фінансові та соціальні результати (за даними компанії International Data Corporation (IDC))

Очікується, що в найближчі п'ять років обсяг ринку технологій доповненої і віртуальної реальності (augmented reality, AR/virtual reality, VR) буде збільшуватися на 78,3% (CAGR) щорічно і в 2023 році складе \$160 млрд багато в чому завдяки корпоративному сектору.

Найбільш швидкозростаючі (на 133,9% на рік) витрати на продукти AR/VR будуть у фінансовій галузі. На 122,8% щорічно зростатимуть витрати в області інфраструктури, **а споживачі будуть нарощувати витрати на доповнену і віртуальну реальність приблизно на 52,2% на рік.**

У комерційному секторі технології AR/VR найбільше застосовуються **для навчання - в 2023 році видатки тут виростуть до \$8,5 млрд.** У трійку найбільш затребуваних сценаріїв використання технологій увійдуть обслуговування промислових систем (\$4,3 млрд) і демонстрація роздрібних продуктів (\$3,9 млрд).

Висновки до розділу 1

Перспективність і темпи впровадження технологій віртуальної і доповненої реальності свідчать про те, що засоби навчання, розроблені на їх основі, стануть невід'ємною частиною навчання на всіх рівнях освіти, а їх роль значно зросте як в рамках традиційної очної підготовки, так і в рамках електронної освіти.

В цьому розділі було розглянуто основні принципи віртуальної реальності, що показали актуальність і перспективність цієї галузі у багатьох напрямках і насамперед в освітній галузі. Також проведений SWOT аналіз для виявлення сильних та слабких сторін.

**РОЗДІЛ 2. РОЗРОБЛЕННЯ ВІРТУАЛЬНОГО СИМУЛЯТОРА
НАЗЕМНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНЕРА**

					МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Виконав		Вакулєнко А.О.			<i>Розроблення елементів віртуального симулятора наземного лазерного сканера</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Консульт.								
Керівник		Горковчук Ю.В.				39		
Зав. каф.		Карпінський Ю.О.				КНУБА, група ПІСТ-61		

2. РОЗРОБЛЕННЯ ВІРТУАЛЬНОГО СИМУЛЯТОРА НАЗЕМНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНЕРА

2.1 Структурно-функціональна модель віртуального симулятора наземного лазерного сканера

Для успішного і обгрунтованого створення симуляції зміни налаштувань та подальшої подачі цих налаштувань на наступний етап симулятора необхідно створити модель за якою буде працювати симулятор. В виконанні цієї мети було вирішено створити модель на основі PostgreSQL в програмному забезпеченні Pgadmin 3. Цей вибір зумовлюється широким спектром можливостей у створенні функцій з вибірками.

В налаштуваннях до наземних лазерних сканерах використовується різна логіка, тому до кожного сканера буде необхідна окремо розроблена функція з налаштуваннями для подальшого внесення до симулятора.

В теорії та практиці проектування і реалізації БД розрізняють три рівні розгляду предметної сфери та відповідно три рівні моделювання даних, а саме: концептуальний, логічний (зовнішній) та фізичний (внутрішній). Це сучасні найменування рівнів моделювання даних, які відповідають термінології за міжнародними та національними стандартами з інформаційних технологій, зокрема ДСТУ ISO/IEC 2382-17:2005.

У контексті проектування баз даних, моделлю вважається сукупність понять, описів на формальних мовах і графічних схемах, які використовуються для зображення структури даних та операцій їх оброблення в базі даних [13]. У центрі уваги передусім опис моделі бази даних, а ніж методів, що використовуються для її створення. Іншими словами, модель бази даних є лише основою для реалізації бази даних. Вона описує, що повинно бути включено в базу даних, а не як база даних будується.

В моделі даних знаходять своє відображення найважливіші аспекти функціонування визначеної предметної сфери, а другорядні – ігноруються, тобто

вона є певною цільовою моделлю предметної сфери, у якій розрізняють три головні складові: структурну і керуючу частини та обмеження. В структурній частині визначається склад сутностей та логічні зв'язки між ними. Через класи обмежень цілісності визначаються засоби опису коректних станів бази даних, а через керуючу частину визначаються способи переходу між станами БД і способи отримання даних із бази даних. Керуюча частина містить специфікацію однієї або кількох мов, призначених для створення запитів до бази даних.

Кінцевою метою процесу моделювання даних є розроблення задокументованої та формально описаної схеми бази даних, яка визначається як сукупність різних схем, кожна з яких має такі властивості:

- належить до конкретного рівня подання певної предметної сфери як світу сутностей, та до відповідних аспектів бази даних, що розглядаються;
- визначає форми подання (формалізми), які відповідають рівню розгляду та охоплюють аспекти маніпулювання цими формами.

В каталозі об'єктів атрибут об'єкта може включати значення домену, які недопустимі для значення атрибута екземплярів об'єкта

Нижче приведено структуру за якою подано класи об'єктів.

Опис елементів каталогу таблиці FARO

Таблиця 2.1.1

Назва класу	Лазерний сканер FARO FOCUS		
Ідентифікатор класу	FARO		
Код класу	101		
Визначення	Наземний лазерний сканер FARO FOCUS		

Каталог атрибутів таблиці FARO

Таблиця 2.1.2

MioPts	Максимальний темп сканування				
Визначення	Максимальна кількість точок , що сканується за одиницю часу(секунду).				
Тип даних	text	Статус	Обов'язковий	Код	01
Домен	-			Одиниця виміру	точок/сек
resolution	Роздільність				
Визначення	Відношення роздільності до максимальної				
Тип даних	text	Статус	Обов'язковий	Код	02
Домен	-			Одиниця виміру	-
quality	Якість				
Визначення	Якість отримуваної хмари точок				
Тип даних	integer	Статус	Обов'язковий	Код	03
Домен	-			Одиниця виміру	-
speed	Швидкість				
Визначення	Швидкість з якою буде відбуватися сканування				
Тип даних	integer	Статус	Обов'язковий	Код	04
Домен	-			Одиниця виміру	-
noisecomp	Стиснення «шуму»				
Визначення	Коефіцієнт стиснення шуму , що щикає при скануванні				
Тип даних	text	Статус	Обов'язковий	Код	05
Домен	-			Одиниця виміру	-
netscantime	Час сканування				
Визначення	Час за який відбудеться сканування при відповідних налаштуваннях				
Тип даних	time	Статус	Обов'язковий	Код	06

Продовження таблиці 2.1.2

Домен	-			Одиниця виміру	-
Hor_res	Горизонтальна роздільність				
Визначення	Горизонтальна роздільність				
Тип даних	text	Статус	Обов'язкові	Код	07
Домен	-			Одиниця виміру	p
Vert_res	Вертикальна роздільність				
Визначення	Вертикальна роздільність				
Тип даних	text	Статус	Обов'язк	Код	08
Домен	-			Одиниця виміру	p
pontdist	Відстань між точками				
Визначення	Відстань між відсканованими точками				
Тип даних	text	Статус	Обов'язковий	Код	09
Домен	-			Одиниця виміру	Мм/10м
id	Ідентифікатор об'єктів				
Визначення	Унікальний ідентифікатор об'єкту				
Тип даних	Int	Статус	Обов'язковий	Код	010
Домен	Системний ідентифікатор			Одиниця виміру	-

Опис елементів каталогу таблиці RTC360

Таблиця 2.1.3

Назва класу	Лазерний сканер RTC360		
Ідентифікатор класу	Rtc360		
Код класу	102		
Визначення	Наземний лазерний сканер RTC360		

Каталог атрибутів таблиці RTC360

Таблиця 2.1.4

id	Ідентифікатор об'єктів				
Визначення	Унікальний ідентифікатор об'єкту				
Тип даних	Int	Статус	Обов'язковий	Код	11
Домен	Системний ідентифікатор			Одиниця виміру	-
resolution	Роздільність				
Визначення	Значення роздільної здатності				
Тип даних	text	Статус	Обов'язковий	Код	12
Домен	-			Одиниця виміру	-
Max_range	Максимальна відстань				
Визначення	Максимальна відстань сканування				
Тип даних	integer	Статус	Обов'язковий	Код	13
Домен	-			Одиниця виміру	м
Scan_dur	Тривалість сканування				
Визначення	Тривалість сканування відповідно до налаштувань				
Тип даних	time	Статус	Обов'язковий	Код	14
Домен	-			Одиниця виміру	Год,хв,сек
Scan+images	Тривалість сканування з зображеннями				
Визначення	Тривалість сканування з фотографуванням зображень				
Тип даних	time	Статус	Обов'язковий	Код	15
Домен	-			Одиниця виміру	-

Опис елементів каталогу таблиці BLK360

Таблиця 2.1.5

Назва класу	Лазерний сканер BLK360		
Ідентифікатор класу	BLK360		
Код класу	103		
Визначення	Наземний лазерний сканер BLK360		

Каталог атрибутів таблиці RTC360

Таблиця 2.1.6

id	Ідентифікатор об'єктів				
Визначення	Унікальний ідентифікатор об'єкту				
Тип даних	Int	Статус	Обов'язковий	Код	21
Домен	Системний ідентифікатор			Одиниця виміру	-
resolution	Роздільність				
Визначення	Значення роздільної здатності				
Тип даних	text	Статус	Обов'язковий	Код	22
Домен	-			Одиниця виміру	-

База даних реалізована в середовищі СКБД PostgreSQL. PostgreSQL не просто реляційна, а об'єктно-реляційна СУБД. Це дає йому деякі переваги над іншими SQL базами даних з відкритим вихідним кодом, такими як MySQL, MariaDB і Firebird.

Фундаментальна характеристика об'єктно-реляційної бази даних - це підтримка об'єктів і їх поведінки, включаючи типи даних, функції, операції, домени і індекси. Це робить Постгрес неймовірно гнучким і надійним. Серед іншого, він вміє створювати, зберігати та видавати складні структури даних. У деяких прикладах нижче ви побачите вкладені і складові конструкції, які не підтримуються стандартними РСУБД.

Створення нової бази даних було виконано за такою схемою:

- 1) створення нової бази даних (Рис.2.2.);
- 2) додавання нової таблиці до бази даних (Рис.2.3);
- 3) додавання атрибутів до таблиці (Рис.3.2.7);

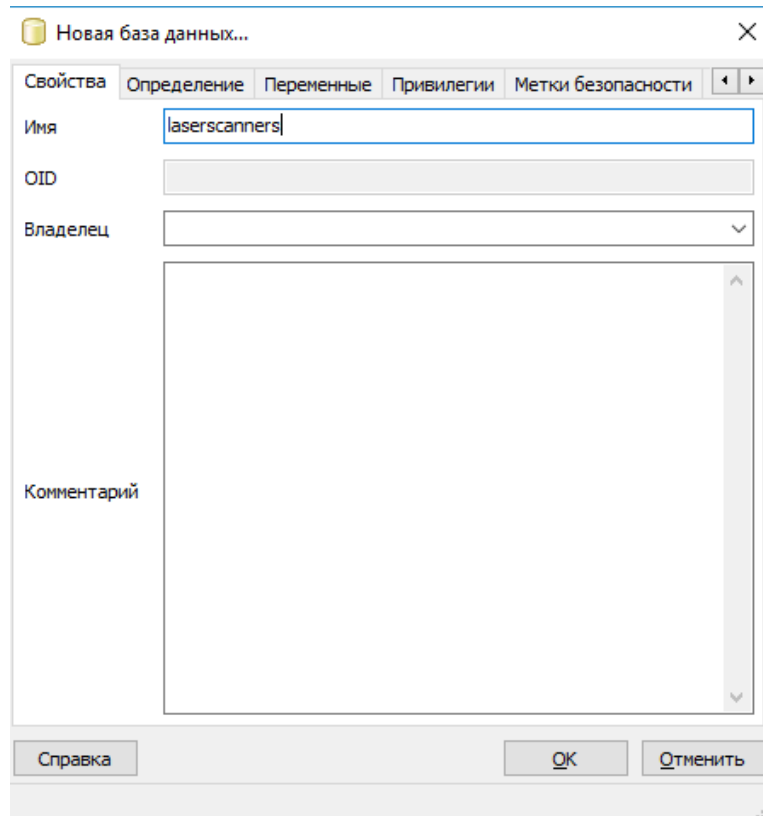


Рис.2.2 Створення нової бази даних

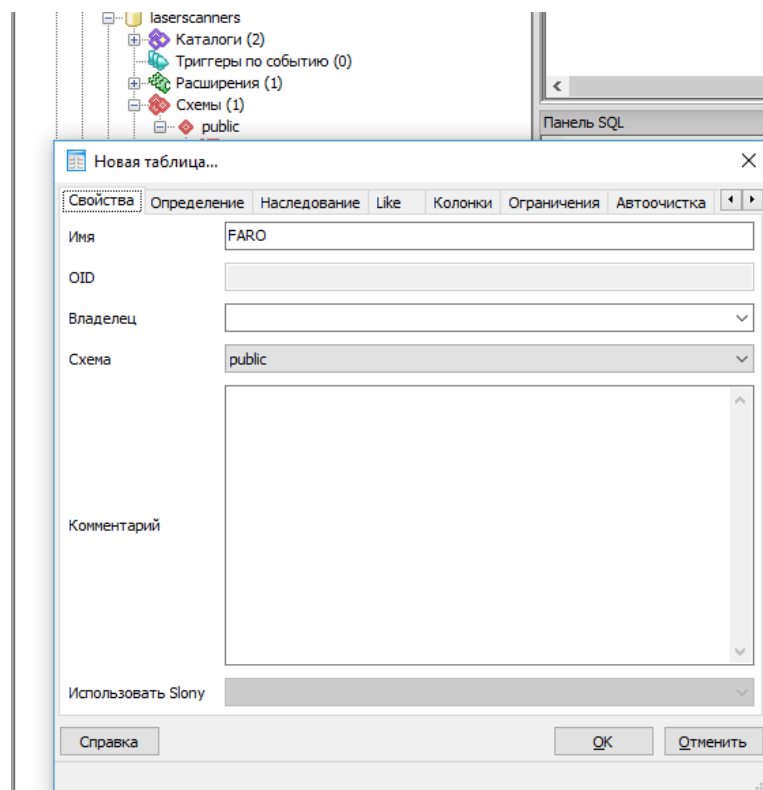


Рис.2.3 Створення таблиці

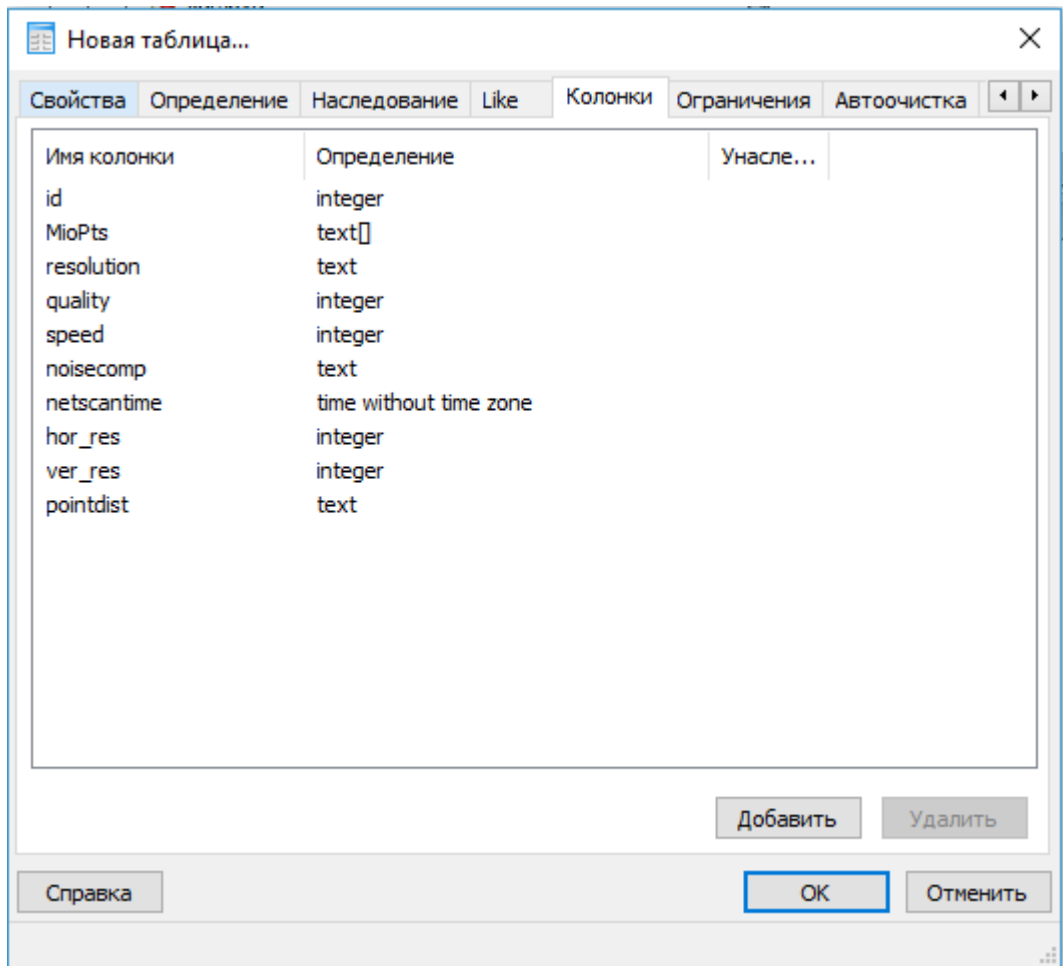


Рис.2.4. Додавання атрибутів

Аналогічним чином створюємо таблиці для інших сканерів(Рис.2.5)

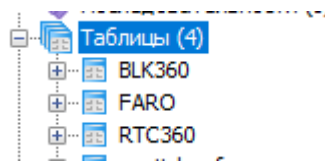


Рис.2.5 Створені таблиці

Далі було заповнено всі таблиці відповідно до характеристик кожного лазерного сканера .Після цього було отримано результат на рисунку нижче(.

	id [PK] integer	resolution text	quality integer	speed integer	noisecomp text	netstarttime time without	hor_res integer	ver_res integer	pointdist text	MioPts text
1	1	1/1	1	976		00:14:19	40960	34134	1.534	699.099976
2	2	1/1	2	488		00:28:38	40960	34134	1.534	699.099976
3	3	1/1	3	244		00:57:16	40960	34134	1.534	699.099976
4	4	1/1	4	122	0	01:54:32	40960	34134	1.534	699.099976
5	5	1/2	1	976		00:03:35	20480	17068	3.068	174.800003
6	6	1/2	2	488		00:07:09	20480	17068	3.068	174.800003
7	7	1/2	3	244		00:14:19	20480	17068	3.068	174.800003
8	8	1/2	4	112		00:28:38	20480	17068	3.068	174.800003
9	9	1/2	6	122	2x	01:54:32	20480	17068	3.068	174.800003
10	10	1/4	1	976		00:00:54	10240	8534	6.036	43.700001
11	11	1/4	2	488		00:01:47	10240	8534	6.036	43.700001
12	12	1/4	3	244		00:03:35	10240	8534	6.036	43.700001
13	13	1/4	4	122		00:07:09	10240	8534	6.036	43.700001
14	14	1/4	6	122	2x	00:28:38	10240	8534	6.036	43.700001
15	15	1/4	8	122	4x	01:54:32	10240	8534	6.036	43.700001
16	16	1/5	2	488		00:01:09	8192	6828	7.67	28
17	17	1/5	3	244		00:02:17	8192	6828	7.67	28
18	18	1/5	4	122		00:04:35	8192	6828	7.67	28
19	19	1/5	6	122	2x	00:18:20	8192	6828	7.67	28
20	20	1/8	2	488		00:00:27	5120	4268	12.272	10.9
21	21	1/8	3	244		00:00:54	5120	4268	12.272	10.9
22	22	1/8	4	122		00:01:47	5120	4268	12.272	10.9
23	23	1/8	6	122	2x	00:07:09	5120	4268	12.272	10.9
24	24	1/8	8	122	4x	00:28:38	5120	4268	12.272	10.9
25	25	1/10	3	244		00:00:34	4096	3414	15.34	7
26	26	1/10	4	122		00:01:09	4096	3414	15.34	7
27	27	1/10	6	122	2x	00:04:35	4096	3414	15.34	7
28	28	1/10	8	122	4x	00:18:20	4096	3414	15.34	7
29	29	1/16	3	244		00:00:13	2560	2134	24.54	2.7

Рис.2.6 Приклад заповненої таблиці

2.2. Технічне розгортання принципу роботи симулятора наземного лазерного сканера.

Для виконання вибору функцій та подальшого симулювання, за яким сканер буде встановлювати налаштування, необхідно зрозуміти принцип його роботи. Проаналізувавши особливості кожного сканера було створено UML діаграму для відображення принципу роботи симулятора (Рис.2.7).



Рис.2.7. UML-діаграма симулятора

Для управління симулятором необхідно керувати такими параметрами кожного лазерного сканера(Рис.2.8.)



Рис.2.8. UML-діаграма параметрів управління

На основі баз створених у п.2.1 , проаналізувавши меню сканера та технічний і програмний опис сканеру FARO FOCUS та подивившись на меню вибору налаштувань(Рис.2.9) , можна зробити висновок , що цей сканер виконує вибірку спочатку по роздільній здатності, а потім з отриманого результату виконує вибірку за якістю сканування.

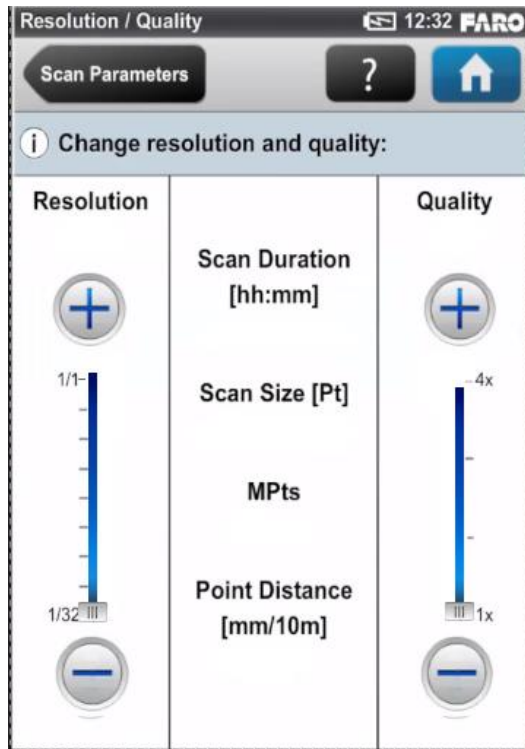


Рис.2.9 Меню вибору налаштувань.

На основі цих висновків для конкретного сканера можна для прикладу створити запит , що буде відображати логіку вибору налаштувань з бази даних.

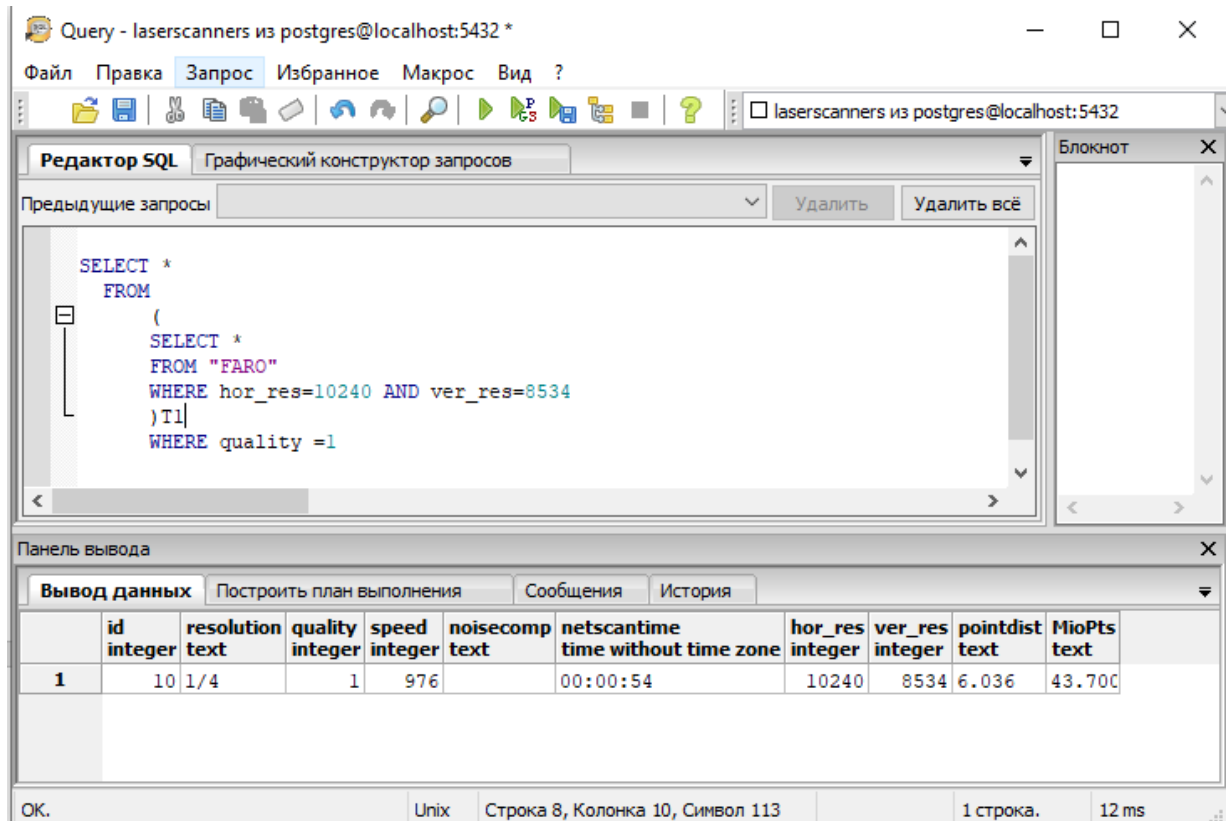


Рис.2.10. Приклад запит вибору налаштувань FARO

На Рис.2.10. для прикладу було показано приклад запиту для роздільної здатності $\frac{1}{4}$ та якості під номером 1(найнижча якість).

Для лазерного сканера RTC360 , так як він має не так багато налаштувань логіка вибору відповідних налаштувань дещо відрізняється. В RTC360 немає подвійної вибірки , відповідне налаштування обирається поєднанням делількох умов(роздільна здатність та час).Цей запит виконується досить простим чином.

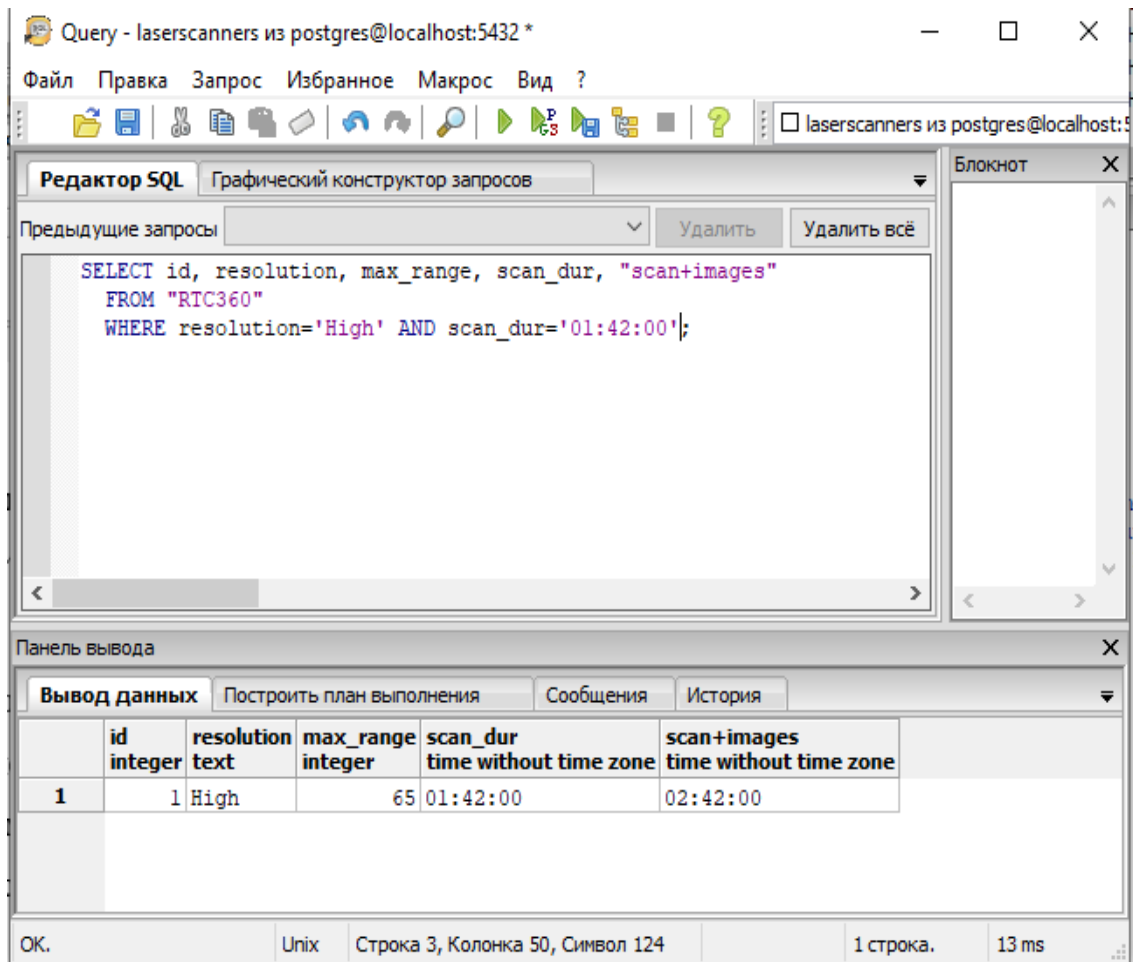


Рис2.11. Приклад запит вибору налаштувань RTC360

В цьому випадку до прямих налаштувань відноситься роздільна здатність та час , так як сканер має функцію створення знімків и для цього йому необхідно більше часу.

Лазерний сканер VLK360 має лише налаштування роздільної здатності , тому запит буде виглядати наступним чином.

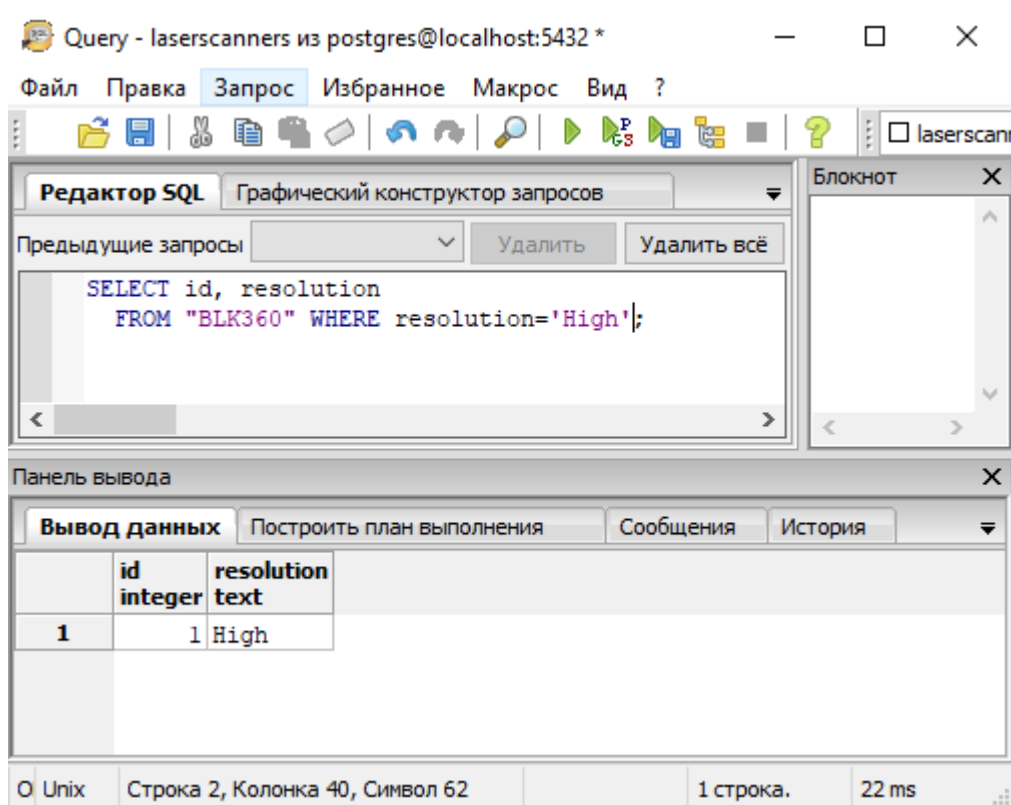


Рис.2.12 Приклад запит вибору налаштувань BLK360

На основі знань після висновків щодо принципу та логіки вибору налаштувань кожного лазерного сканера можна буде приступити до будівництва лазерного симулятора в програмному забезпеченні Unreal Engine 4.

2.3. Аналіз програмних засобів віртуального симулятора наземного лазерного сканера

У багатьох технічних сферах сучасного суспільства зростає попит на швидке, точне та автоматичне отримання цифрових 3D-моделей найрізноманітніших фізичних об'єктів та середовищ. Лазерне сканування є популярною і широко використовуваною технологією для покриття цього попиту, але вона також дорога і складна у використанні з повним потенціалом. Однак можуть існувати сценарії, коли роботу справжнього лазерного сканера можна замінити комп'ютерним моделюванням, щоб заощадити час і витрати. Це включає такі сценарії, як викладання та навчання лазерного сканування,

розробка нового апаратного забезпечення сканерів та методів сканування або генерація наборів даних штучного сканування для підтримки розробки алгоритмів обробки та аналізу хмарних точок.

Наприклад, щоб перевірити доцільність цієї ідеї, в університеті Хайделбергу було розроблено надзвичайно гнучку систему моделювання лазерного сканування під назвою Heidelberg LiDAR Operations Simulator (HELIOS). HELIOS реалізований як бібліотека Java і розділений на основний компонент та кілька модулів розширення. Розширювана мова розмітки (XML) використовується для визначення моделей сканера, платформи та сцени та для налаштування поведінки модулів. Розроблено та впроваджено модулі для завантаження симуляційних активів та конфігурації (тобто 3D-моделей сцен, визначення сканера, описів опитування тощо), відтворення описів опитування XML, планування опитування TLS (тобто автоматичного обчислення рекомендовані позиції сканування) та інтерактивна 3D-візуалізація модельованих опитувань у реальному часі.



Рис.2.13. Лазерний симулятор HELIOS

Головним недоліком цього симулятора є мала функціональність. Тобто для симуляції сканування будь-якого об'єкту необхідно створювати «сцену» .

Також існує новий симулятор лазерного виявлення та вимірювання дальності (LADAR), що був розроблений з використанням MATLAB та його графічного інтерфейсу користувача, щоб імітувати час прямого виявлення польотних систем LADAR та створювати 3D-модельовані скануючі зображення у найрізноманітніших умовах. Цей симулятор моделює кожен етап від джерела лазера до генерації даних і може розглядатися як ефективний інструмент моделювання, який використовується при розробці систем LADAR та їх алгоритмів обробки даних. Новий підхід, запропонований для цього симулятора, полягає у формуванні фактичної цільової імпульсної характеристики. Цей підхід є швидким і здатним впоратися з високими вимогами до сканування, не втрачаючи вірності, що супроводжує збільшення швидкості. Це призводить до більш ефективного симулятора LADAR і відкриває можливість для більш точного моделювання поширення пучка LADAR за допомогою великої кількості зразків лазерного сліду. Підхід полягає у виборі лише частин цілі, які лежать у кутовому полі лазерного променя, шляхом математичного виведення необхідних рівнянь та обчислення кутових діапазонів цілі. Продуктивність нового симулятора оцінювали за різних умов сканування, результати показують значне збільшення швидкості обробки в порівнянні зі звичайними підходами, які також використовуються в цьому дослідженні як точка порівняння результатів. Результати також показують здатність симулятора моделювати явища, пов'язані з процесом сканування, наприклад, тип шуму, роздільну здатність сканування та ширину лазерного променя.

Оскільки більшість програм, пов'язаних із розробкою систем LADAR, вимагають симуляторів LADAR, щоб вони могли дуже швидко імітувати поширення лазерного променя; це передбачає необхідність швидкої обробки великої кількості зразків лазерного сліду. Крім того, для розробки алгоритмів

обробки LADAR із використанням імітованих даних, симулятори повинні мати можливість сканувати велику кількість цілей на високій швидкості під різними параметрами сканування.

Для підвищення швидкості необхідного обчислювального процесу було розроблено кілька методів; деякі наближують моделювання, визначаючи відображення лазерного імпульсу як вокселі тривимірної моделі, що мають пряму видимість до датчика. Інші обчислюють відстань між ціллю та датчиком, використовуючи для спрощення поділ поверхні моделі та відстань між точкою огляду та 3D-точками моделі. Для зменшення обчислювального часу також використовується одна широка проекція лазерного променя з масивом фокальної площини та паралельними обчисленнями.

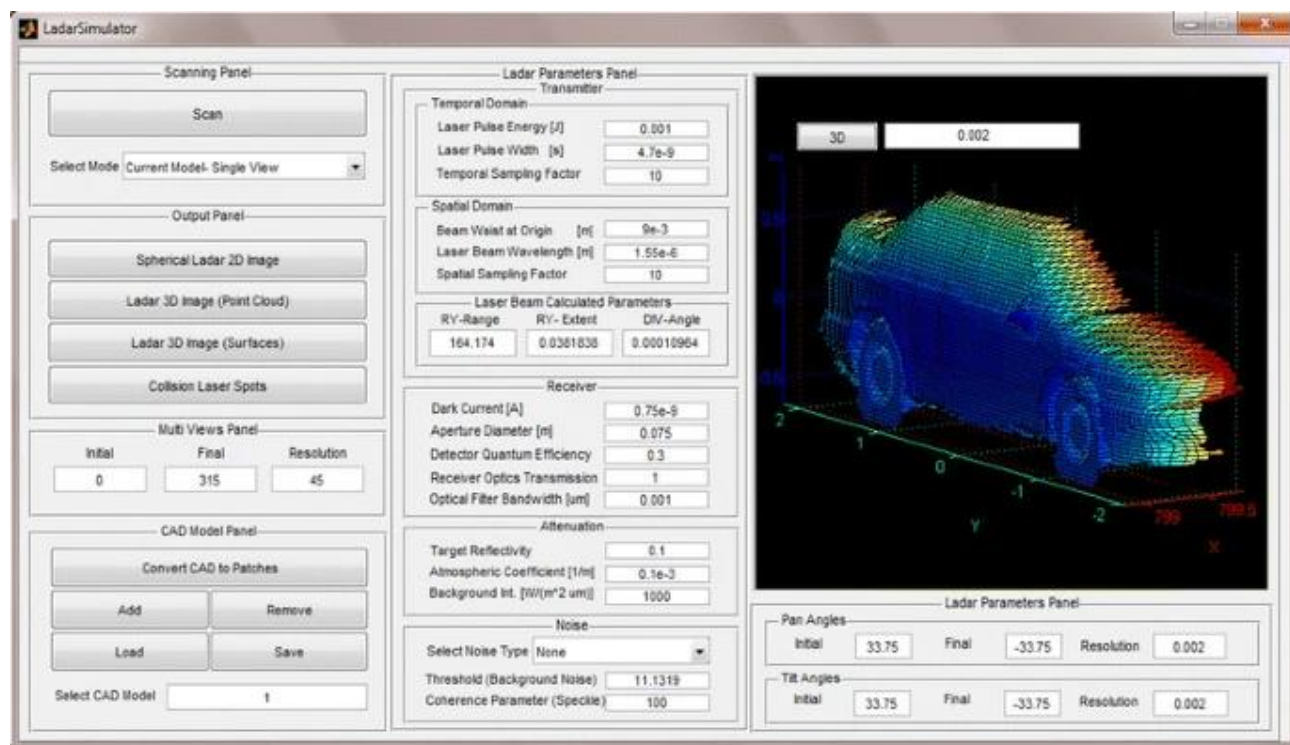


Рис.2.14. Інтерфейс LadarSimulator

До недоліків можна віднести потреба в потужних комп'ютерах та сканування відносно вузького спектру об'єктів.

В той час як VirScan3D елементи симулятора в цій роботі було розроблено, завдяки середовищу Unreal Engine 4 має нескінченний обсяг можливостей.

Програмне забезпечення «FARO SCENE». Програмне забезпечення спеціально розроблено для лазерних сканерів Focus і для сторонніх виробників. Програмне забезпечення «SCENE» має вражаючий функціонал перегляду проекту в режимі віртуальної реальності, що дозволяє користувачам створювати і оцінювати відскановані дані в середовищі віртуальної реальності.

Підтримка обладнання віртуальної реальності - HTC Vive і Oculus Rift. З його допомогою можна переміщатися по хмарах точок проекту, виконувати вимірювання, читати документацію і робити знімки екрану.(рис.2.21)

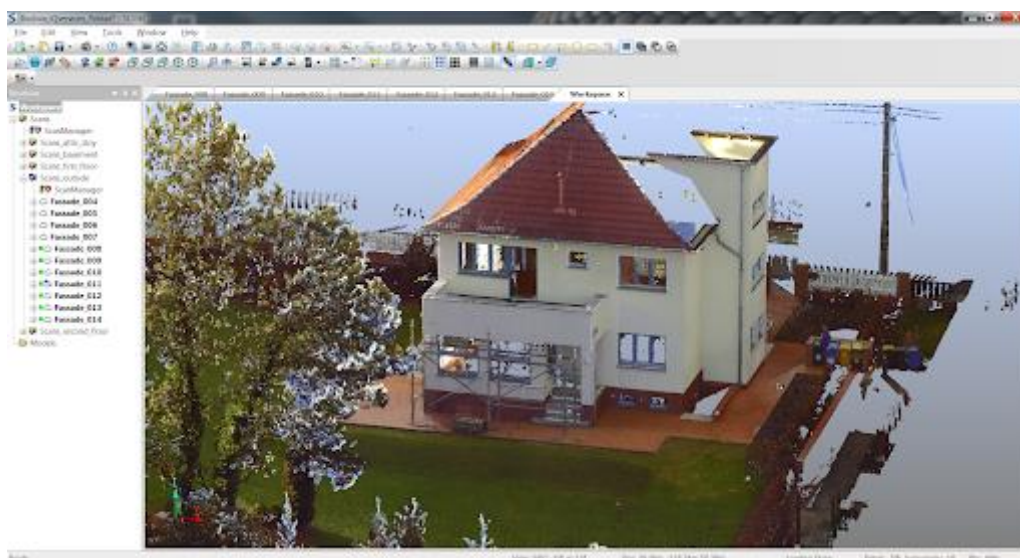


Рис.2.15. Програмне забезпечення «FARO SCENE»

Reality in Virtual Reality Ltd. (RiVR), розробник VR з Великобританії, пропонує навчальні та освітні програми для всіх галузей. Навчальні програми, засновані на VR, можуть занурити користувачів у реалістичні ситуації, такі як місця злочину, місця пожежі, місця ДТП, які неможливо легко відтворити в реальному житті.

Відскановані середовища перетворюються на різноманітні формати тривимірних моделей, до яких застосовуються фотореалістичні текстури та візуалізація. Потім ці моделі можна завантажувати на платформу ігрового двигуна, до якої додаються обмеження та сценарії для створення реалістичного ігрового середовища. Завдяки цьому користувач може вільно ходити по простору за допомогою миші та клавіатури. Існує постійно зростаючий спектр

застосування продуктів такої природи. Будь то тривимірний тур віртуальної реальності для маркетингових цілей, сценарії запуску навчальних програм або процедури евакуації з пожежі, VR все частіше стає основним напрямком у багатьох сферах нашого повсякденного життя.[14]

Сцени RiVR базуються на реальних пожежах (контрольованих опіках). Під час підготовки до кожного сценарію віртуальної реальності будується реалістичне налаштування, наприклад, кімнати, кухні чи офісу.

Потім вогонь розводять на місці події за допомогою підпалу, короткого замикання електроприладів або, наприклад, впалої свічки.

Потім сцена після опіку реєструється за допомогою лазерного сканування та тисяч фотографій. (рис.2.22) [15]

Головна інноваційна ідея проекту - розробка віртуального середовища для створення та обробки цифрових даних 3D-сканування (так звані «великі дані»)

Розробка віртуальної системи дозволяє користувачам створювати дані за відсутності реального вимірювального приладу. Наземні лазерні сканери залишаються малодоступними в Україні (як правило, використовуються в профільних комерційних організаціях). Але використання таких пристроїв та подальша обробка даних сьогодні вже є важливим навиком професійної діяльності широкого кола фахівців, зокрема архітекторів, будівельників, проектувальників, геодезистів, землевпорядників. Отже студенти отримують можливість проходити навчання за віртуальними системами, які є економічно вигідними (фактично безкоштовними у відкритих середовищах), гнучкими та орієнтованими на майбутнє. Віртуальний сканер імітує комерційно доступні інструменти з реалістичними інтерфейсами користувача та створює хмари точок відповідно до індивідуальних специфікацій та налаштувань. В якості навчальних об'єктів може використовуватися будь-яка цифрова 3D-модель (наприклад, об'єкту культурної спадщини чи будівництва), яка віртуально сканується у цифровому середовищі. За допомогою такої системи викладачі та

студенти зможуть навчитися керувати такими системами, генерувати реалістичні великі дані та виконувати повний ланцюжок обробки даних.

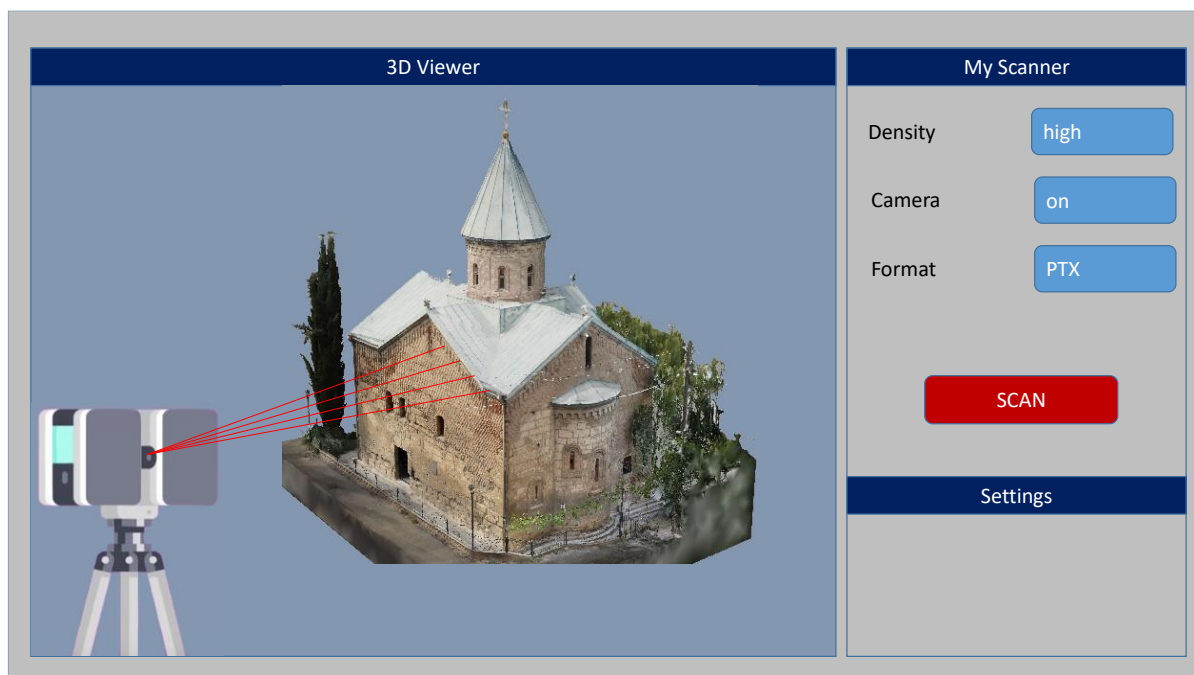


Рис.2.16.Концепція симулятора VirScan3D

Базуючись на даних приведених вище можна зробити порівняння недоліків та переваг різних програмних засобів віртуального симулятора наземного лазерного сканера.

Таблиця 2.3.1

Назва	Переваги	Недоліки
HELIOS	-гнучка система -підключення модулів	-мала функціональність -відсутність можливості участі у процесі сканування
FARO SCENE	-наочність	-відсутність підтримки сторонніх сканерів
LADAR	-великі можливості для створення 3D моделей	-вужька спеціалізація

Продовження таблиці 2.3.1

VirScan3D	-можливість імітації будь-якого сканера(навіть не існуючого) -наочність -гнучка система -в перспективі необмежений функціонал	-рання розробка -тимчасово невелика кількість функцій
-----------	--	--

Висновки до розділу 3

В процесі виконання цього розділу було створено структурно-функціональна модель віртуального симулятора наземного лазерного сканера , що дозволило розуміти логіку роботи лазерного сканера та в подальшого інтегрування в Unreal Engine. Також проведено аналіз різних програмних засобів та виявлено різні переваги та недоліки кожного з них.

**РОЗДІЛ 3. РОЗРОБЛЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ВІРТУАЛЬНОГО
СИМУЛЯТОРА НАЗЕМНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНЕРА**

					МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Виконав		Вакулєнко А.О.			<i>Розроблення елементів віртуального симулятора наземного лазерного сканера</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Консульт.								
Керівник		Горковчук Ю.В.						61
Зав. каф.		Карпінський Ю.О.				КНУБА, група ПІСТ-61		

3.1 Створення віртуального інтерфейсу лазерних сканерів

Створення віртуального інтерфейсу лазерного сканера FARO FOCUS

1. Створення темплейту «Games».

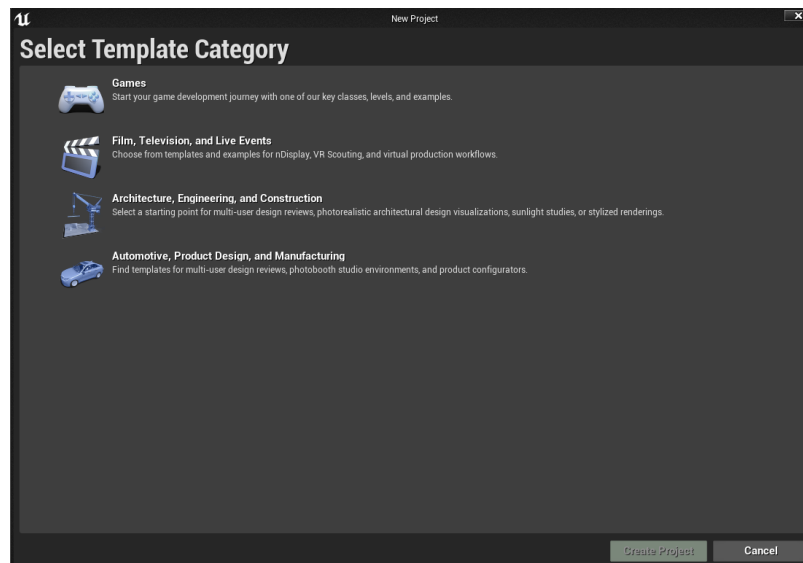


Рис. 3.1.1. Меню створення

2. Налаштування темплейту First Person. Темплейт First Person найкраще підходить для симуляцій реального світу, так як ми можемо асоціювати себе з симуляцією

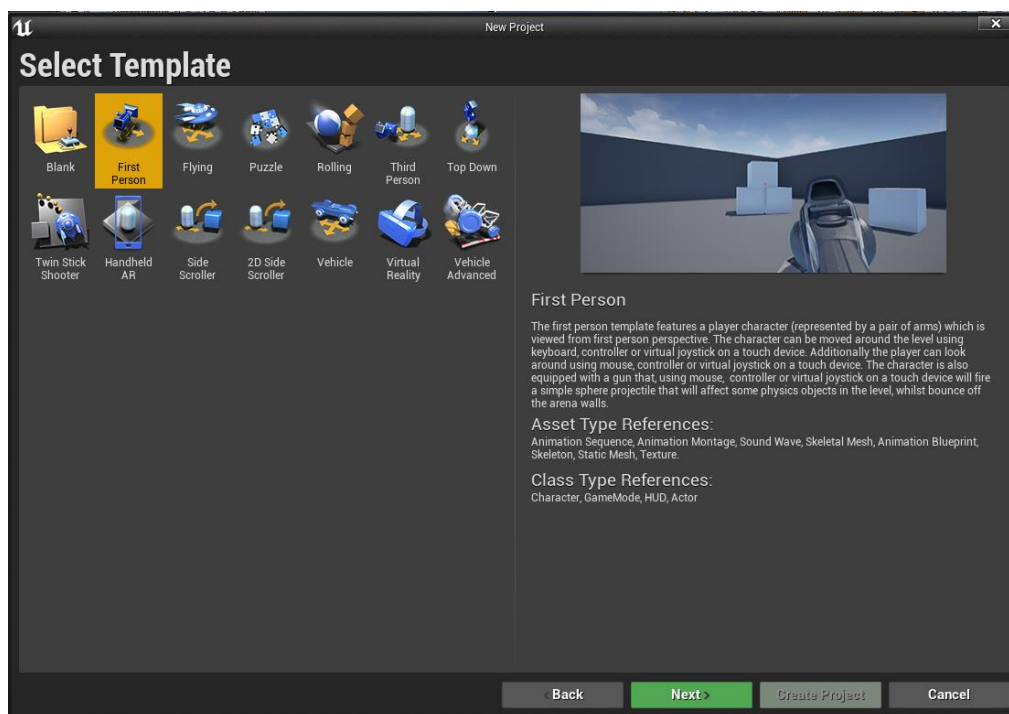


Рис. 3.1.2. Вибір first person

Впровадження структурно-функціональної моделі у середовищі Unreal Engine

4:

Лазерний сканер FARO FOCUS.

1. Створення структури

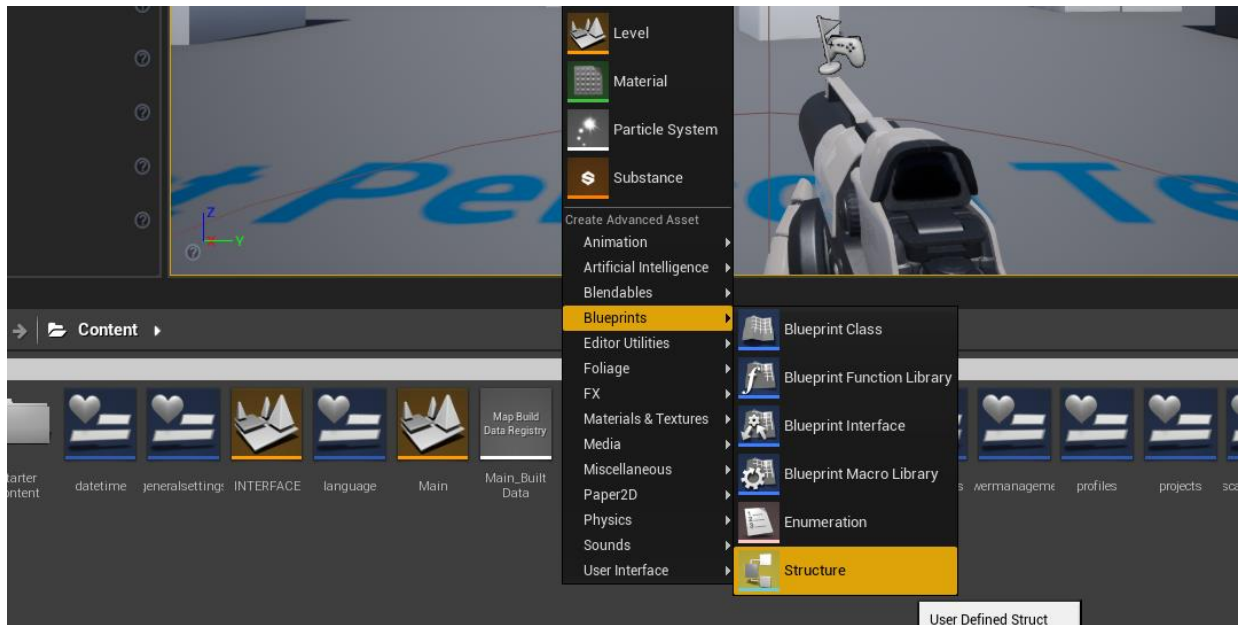


Рис.3.1.3 Створення нової структури

2. Структура наповнюється необхідними атрибутами



Рис.3.1.4 Створені атрибути

3. Наповнення бази набором налаштувань лазерного сканеру FARO.

Row Name	MioPts	Resolution	Quality	Speed	NoiseCompression	NetScanTime	Horizontal Resolution	Vertical Resolution	Point Distance
1	699.099976	1/1	1	976	-	{ "Hours": 0, "Minutes": 14, "Seconds": 19, "Frames": 0, "bDropFrameForma	40960	34134	1.534000
2	699.099976	1/1	2	488	-	{ "Hours": 0, "Minutes": 28, "Seconds": 38, "Frames": 0, "bDropFrameForma	40960	34134	1.534000
3	699.099976	1/1	3	244	-	{ "Hours": 0, "Minutes": 57, "Seconds": 16, "Frames": 0, "bDropFrameForma	40960	34134	1.534000
4	699.099976	1/1	4	122	0	{ "Hours": 1, "Minutes": 54, "Seconds": 32, "Frames": 0, "bDropFrameForma	40960	34134	1.534000
5	174.800003	1/2	1	976	-	{ "Hours": 0, "Minutes": 3, "Seconds": 35, "Frames": 0, "bDropFrameFormat	20480	17068	0.000000
6	174.800003	1/2	2	488	-	{ "Hours": 0, "Minutes": 7, "Seconds": 9, "Frames": 0, "bDropFrameFormat	20480	17068	3.068000
7	174.800003	1/2	3	244	-	{ "Hours": 0, "Minutes": 14, "Seconds": 19, "Frames": 0, "bDropFrameForma	20480	17068	3.068000
8	174.800003	1/2	4	112	-	{ "Hours": 0, "Minutes": 28, "Seconds": 38, "Frames": 0, "bDropFrameForma	20480	17068	3.068000
9	174.800003	1/2	6	122	2x	{ "Hours": 1, "Minutes": 54, "Seconds": 32, "Frames": 0, "bDropFrameForma	20480	17068	3.068000
10	43.700001	1/4	1	976	-	{ "Hours": 0, "Minutes": 0, "Seconds": 35, "Frames": 0, "bDropFrameFormat	10240	8534	6.036000
11	43.700001	1/4	2	488	-	{ "Hours": 0, "Minutes": 1, "Seconds": 47, "Frames": 0, "bDropFrameFormat	10240	8534	6.036000
12	43.700001	1/4	3	244	-	{ "Hours": 0, "Minutes": 3, "Seconds": 35, "Frames": 0, "bDropFrameFormat	10240	8534	6.036000
13	43.700001	1/4	4	122	-	{ "Hours": 0, "Minutes": 7, "Seconds": 9, "Frames": 0, "bDropFrameFormat	10240	8534	6.036000
14	43.700001	1/4	6	122	2x	{ "Hours": 0, "Minutes": 28, "Seconds": 38, "Frames": 0, "bDropFrameForma	10240	8534	6.036000
15	43.700001	1/4	8	122	4x	{ "Hours": 1, "Minutes": 54, "Seconds": 32, "Frames": 0, "bDropFrameForma	10240	8534	6.036000
16	28.000000	1/5	2	488	-	{ "Hours": 0, "Minutes": 1, "Seconds": 9, "Frames": 0, "bDropFrameFormat	8192	6828	7.670000
17	28.000000	1/5	3	244	-	{ "Hours": 0, "Minutes": 2, "Seconds": 17, "Frames": 0, "bDropFrameFormat	8192	6828	7.670000
18	28.000000	1/5	4	122	-	{ "Hours": 0, "Minutes": 4, "Seconds": 35, "Frames": 0, "bDropFrameFormat	8192	6828	7.670000
19	28.000000	1/5	6	122	2x	{ "Hours": 0, "Minutes": 18, "Seconds": 20, "Frames": 0, "bDropFrameForma	8192	6828	7.670000
20	10.900000	1/8	2	488	-	{ "Hours": 0, "Minutes": 0, "Seconds": 27, "Frames": 0, "bDropFrameFormat	5120	4268	12.272000
21	10.900000	1/8	3	244	-	{ "Hours": 0, "Minutes": 0, "Seconds": 54, "Frames": 0, "bDropFrameFormat	5120	4268	12.272000
22	10.900000	1/8	4	122	-	{ "Hours": 0, "Minutes": 1, "Seconds": 47, "Frames": 0, "bDropFrameFormat	5120	4268	12.272000
23	10.900000	1/8	6	122	2x	{ "Hours": 0, "Minutes": 7, "Seconds": 9, "Frames": 0, "bDropFrameFormat	5120	4268	12.272000
24	10.900000	1/8	8	122	4x	{ "Hours": 0, "Minutes": 28, "Seconds": 38, "Frames": 0, "bDropFrameForma	5120	4268	12.272000
25	7.000000	1/10	3	244	-	{ "Hours": 0, "Minutes": 0, "Seconds": 34, "Frames": 0, "bDropFrameFormat	4096	3414	15.340000
26	7.000000	1/10	4	122	-	{ "Hours": 0, "Minutes": 1, "Seconds": 9, "Frames": 0, "bDropFrameFormat	4096	3414	15.340000
27	7.000000	1/10	6	122	2x	{ "Hours": 0, "Minutes": 4, "Seconds": 35, "Frames": 0, "bDropFrameFormat	4096	3414	15.340000
28	7.000000	1/10	8	122	2x	{ "Hours": 0, "Minutes": 18, "Seconds": 20, "Frames": 0, "bDropFrameForma	4096	3414	15.340000
29	2.700000	1/16	3	244	-	{ "Hours": 0, "Minutes": 0, "Seconds": 13, "Frames": 0, "bDropFrameFormat	2560	2134	24.544001
30	2.700000	1/16	4	122	-	{ "Hours": 0, "Minutes": 0, "Seconds": 27, "Frames": 0, "bDropFrameFormat	2560	2134	24.544001
31	2.700000	1/16	6	122	2x	{ "Hours": 0, "Minutes": 1, "Seconds": 47, "Frames": 0, "bDropFrameFormat	2560	2134	24.544001
32	2.700000	1/16	8	122	4x	{ "Hours": 0, "Minutes": 7, "Seconds": 9, "Frames": 0, "bDropFrameFormat	2560	2134	24.544001
33	1.700000	1/20	4	122	-	{ "Hours": 0, "Minutes": 0, "Seconds": 17, "Frames": 0, "bDropFrameFormat	2048	1708	30.680000
34	1.700000	1/20	6	122	2x	{ "Hours": 0, "Minutes": 1, "Seconds": 47, "Frames": 0, "bDropFrameFormat	2560	2134	30.680000
35	1.700000	1/20	6	122	4x	{ "Hours": 0, "Minutes": 4, "Seconds": 35, "Frames": 0, "bDropFrameFormat	2048	1708	30.680000
36	0.700000	1/32	4	122	-	{ "Hours": 0, "Minutes": 0, "Seconds": 7, "Frames": 0, "bDropFrameFormat	1280	1068	49.087002
37	0.700000	1/32	6	122	2x	{ "Hours": 0, "Minutes": 0, "Seconds": 27, "Frames": 0, "bDropFrameFormat	1280	1068	49.087002
38	0.700000	1/32	8	122	4x	{ "Hours": 0, "Minutes": 1, "Seconds": 47, "Frames": 0, "bDropFrameFormat	1280	1068	49.087002

Рис.3.1.5 Таблица с налаштуваннями сканера

Лазерний сканер RTC360

1. Створення структури

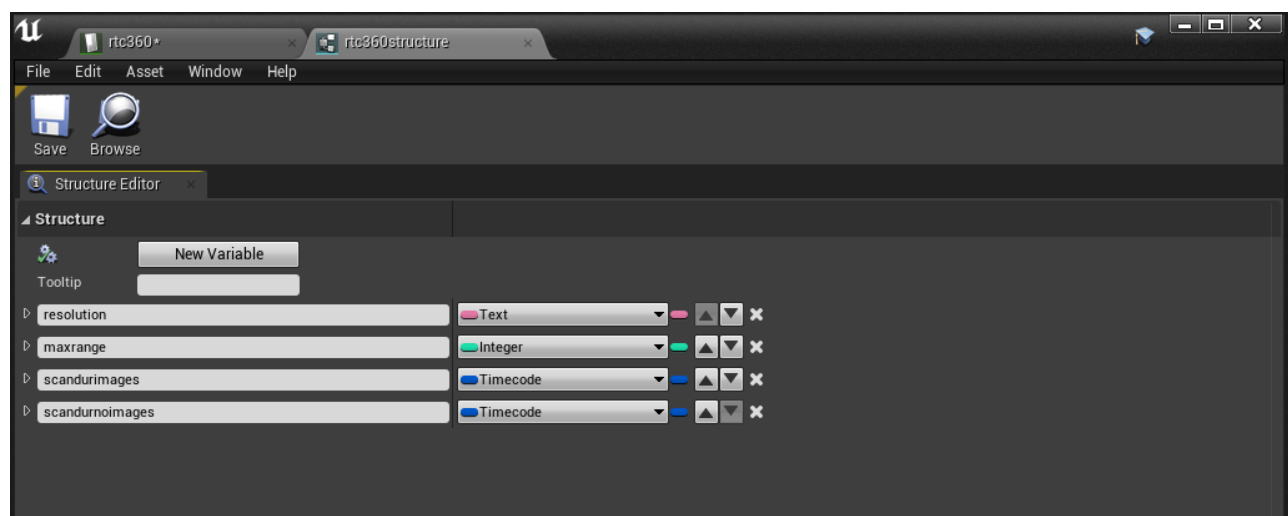


Рис.3.1.6 Створені атрибути

2. Наповнення бази набором налаштувань лазерного сканеру RTC360.

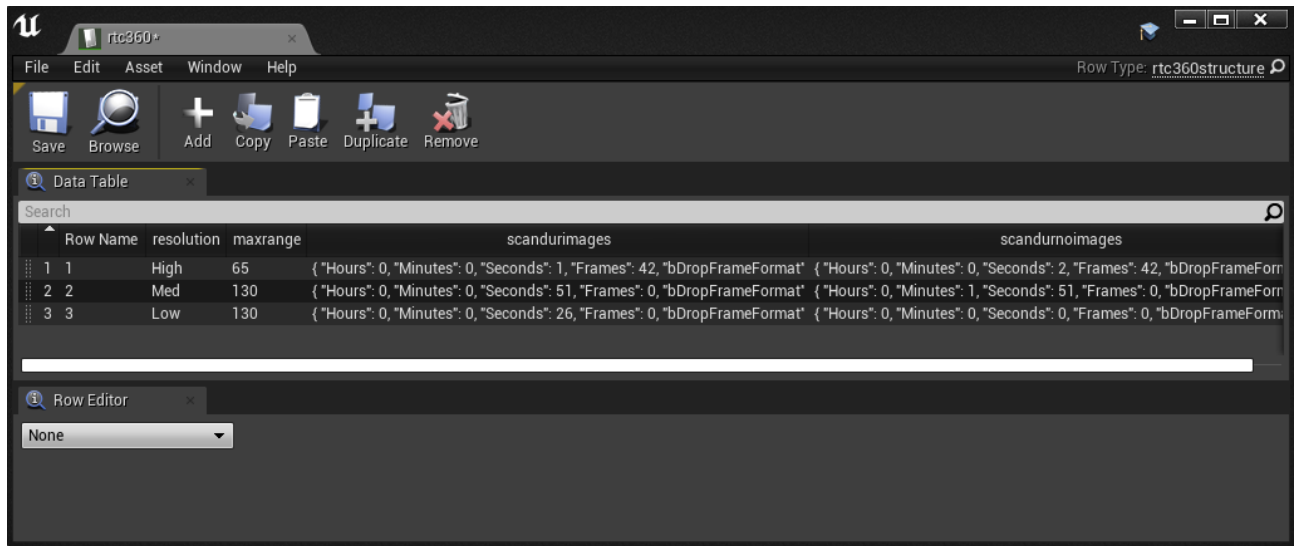


Рис.3.1.7 Таблиця с налаштуваннями сканера

Лазерний сканер VLK360

1. Створення структури

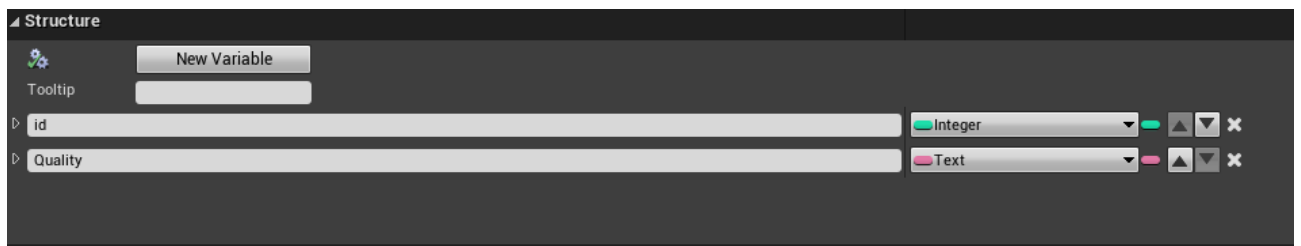


Рис.3.1.8. Створені атрибути

2. Наповнення бази набором налаштувань лазерного сканера VLK360

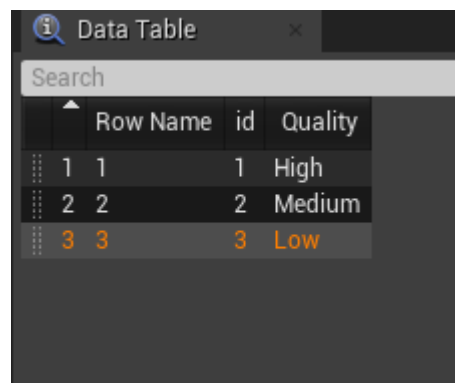


Рис.3.1.9 Таблиця с налаштуваннями сканера

3. Створення меню сканера. Для цього, по перше, необхідно створити так зване «полотно» (Canvas Panel). Canvas Panel - це панель, зручна для дизайнерів, яка дозволяє розміщувати віджети у довільних місцях, закріплювати їх та

упорядковувати за допомогою інших функцій полотна. Для додавання віджетів, функцій, вікон і т.д. використовується панель «Палітра»(Palette). На панелі «Палітра» відображається список усіх функцій та змінних, які можна використовувати в «кресленні»(Blueprints - це система візуальних сценаріїв у Unreal Engine 4 і це швидкий спосіб розпочати прототипування гри. Замість того, щоб писати код рядком за рядком, все виконується візуально: перетягуємо вузли, встановлюємо їх властивості в інтерфейсі та перетягуємо зв'язки для підключення.). Він повністю доступний для пошуку, містить панель «Вибране», яку можна заповнити вузлами, що найбільше використовуються, і є можливість відфільтрувати його для пошуку вузлів, сумісних із певним типом класу.

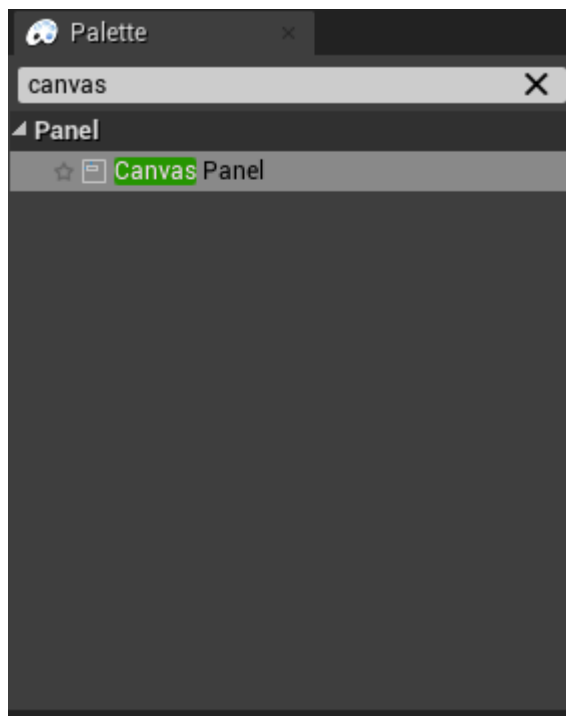


Рис 3.1.10 Обране полотно в палітрі

Після цього полотно редагується під потреби розмірів, розташування, та порядку відображення(Рис.3.1.4,3.1.5).

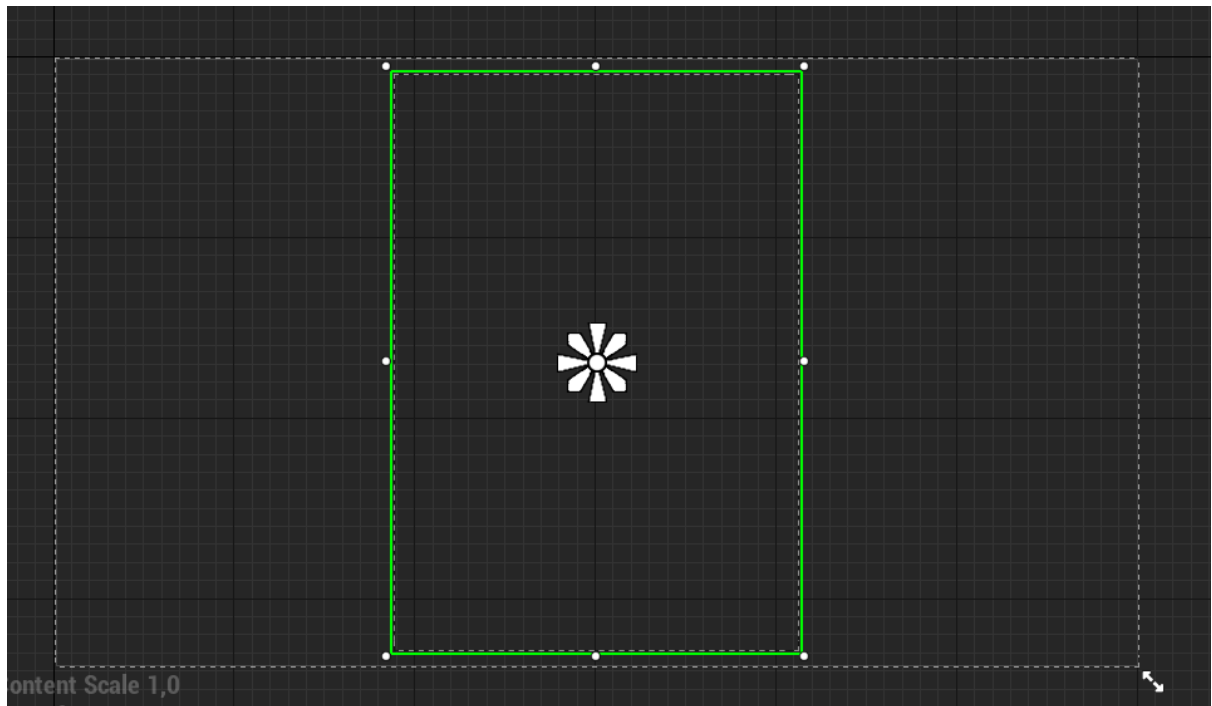


Рис.3.1.11. Створене полотно

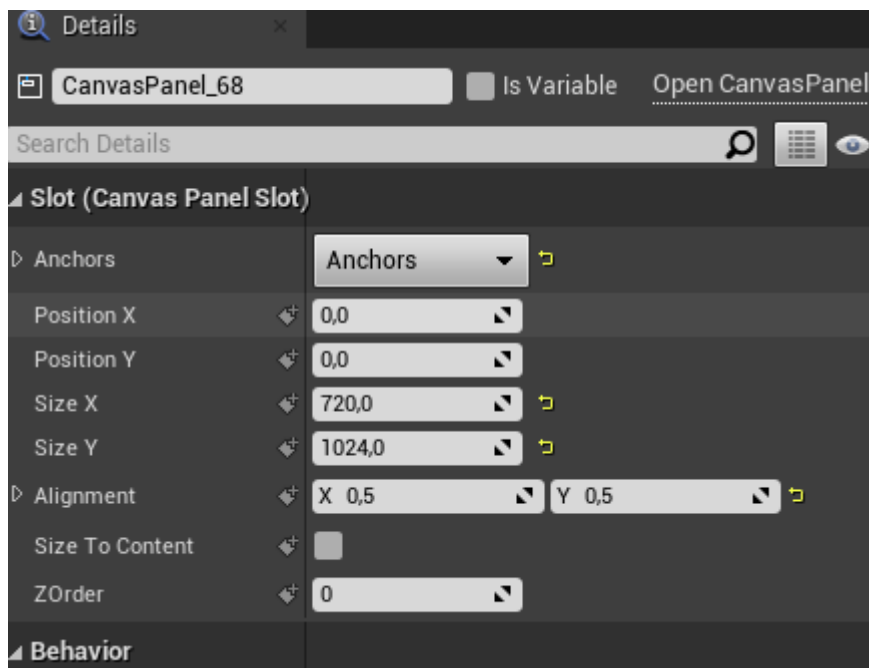


Рис.3.1.12. Налаштування полотна

Після цього додається фон головного меню лазерного сканера FARO FOCUS простим додаванням зображення. Далі додається відповідні клавiші і розташовуються (Рис.3.1.5 ,3.1.6).

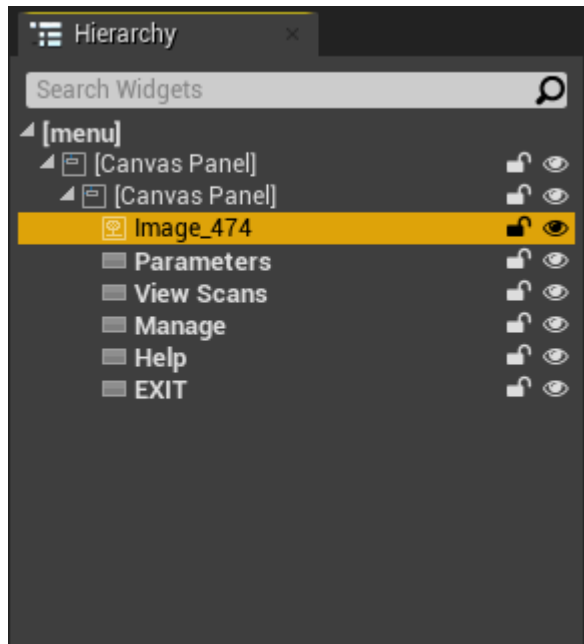


Рис.3.1.13.Додані елементи до полотна



Рис 3.1.14.Створене шаблонів меню

4.Створення функцій для роботи меню.

В першу чергу створюємо функцію клавіші виходу з меню(EXIT).

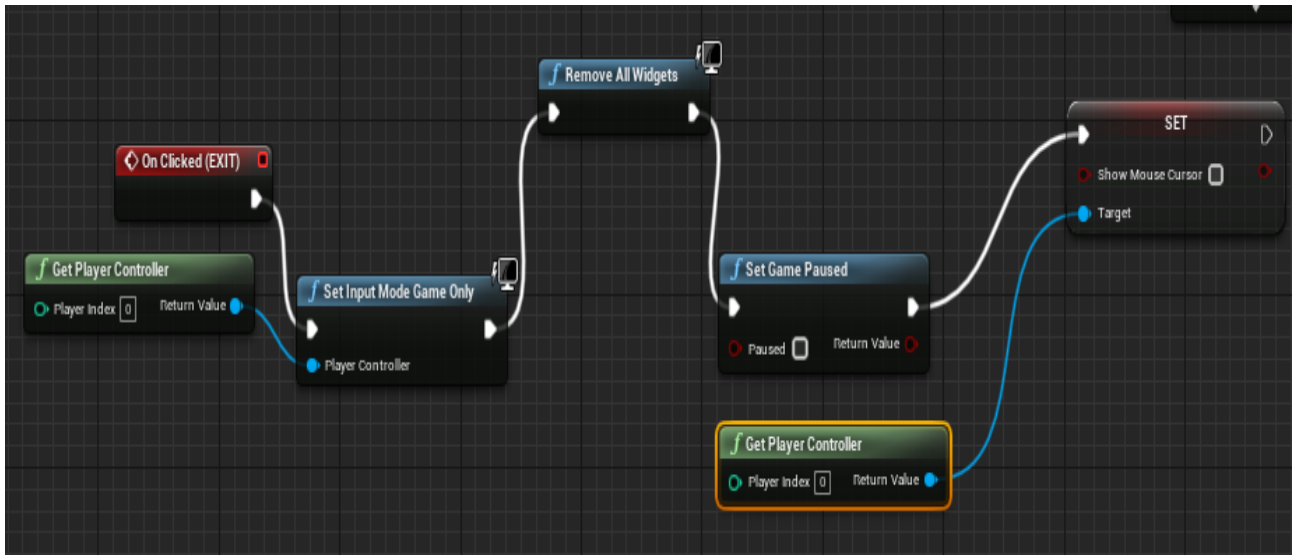


Рис.3.1.15 Функція виходу з меню

Далі створюємо функції клавіш.

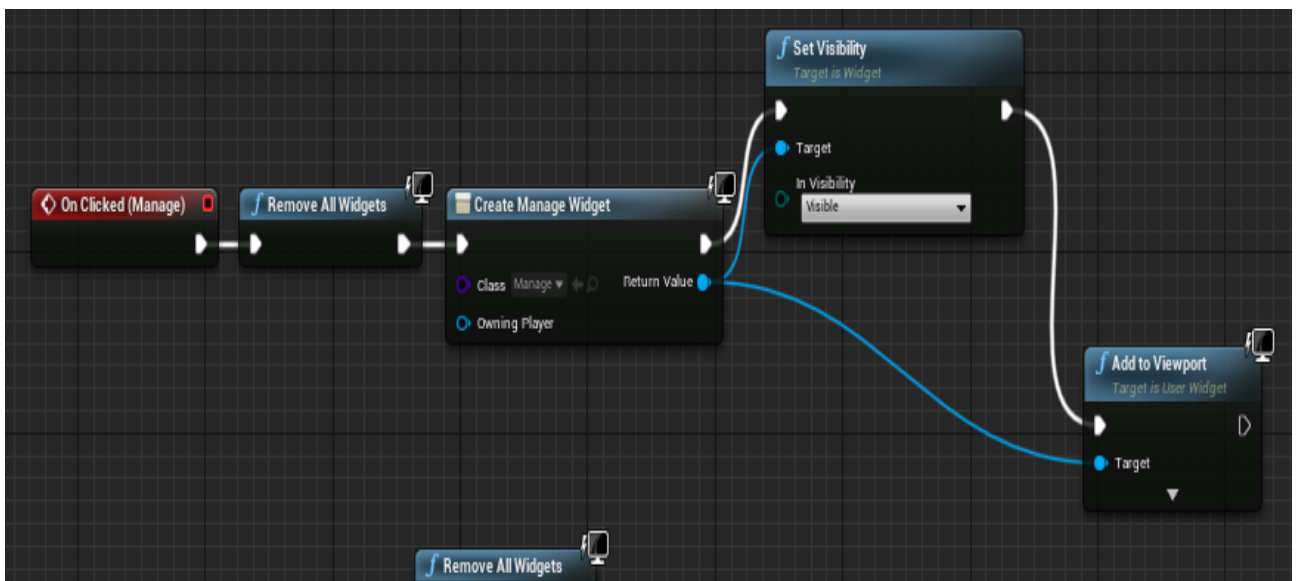


Рис.3.1.16. Функція клавіші Manage

За аналогією створюємо інші клавіші.

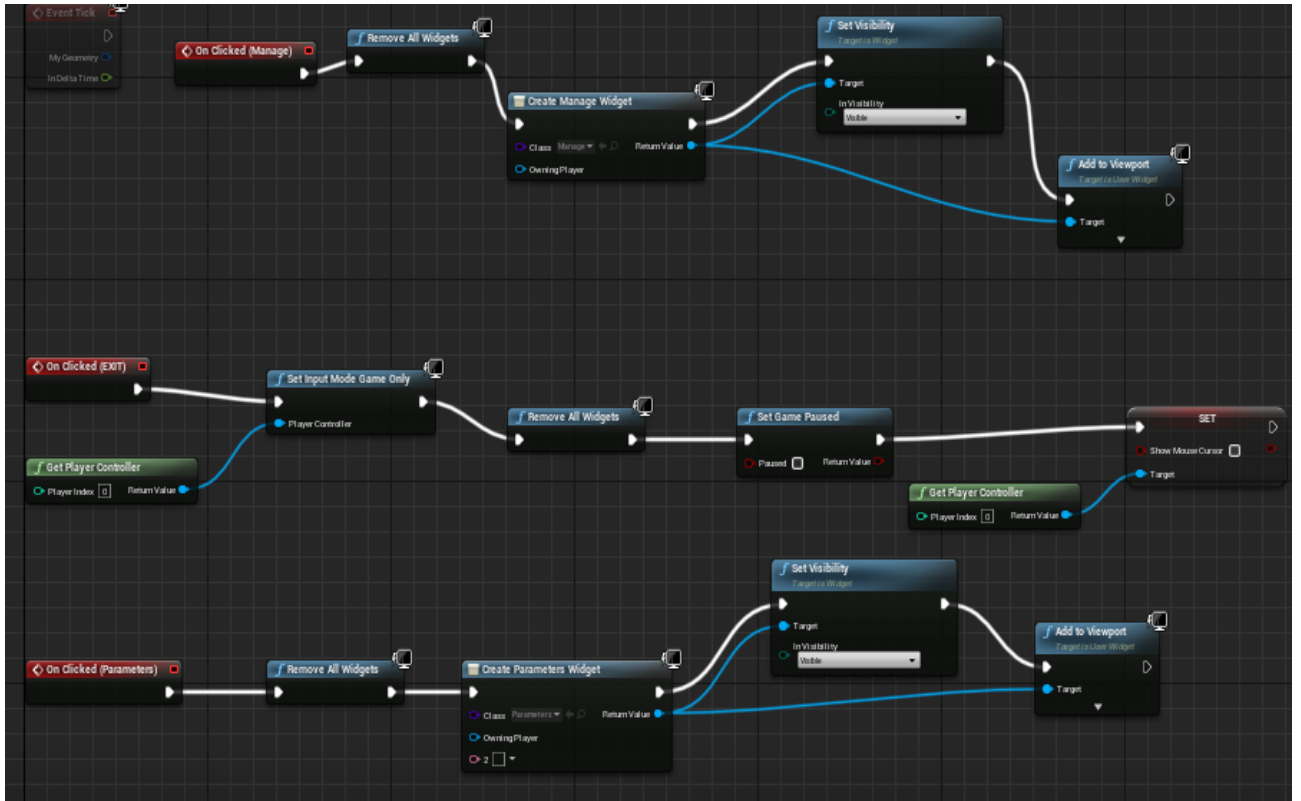


Рис. 3.1.17.Створені функції головного меню

Для виклику меню в ігровій симуляції необхідно призначити клавішу виклику меню. Виклик меню на клавішу «m» виконаний функцією на рис.3.1.11.

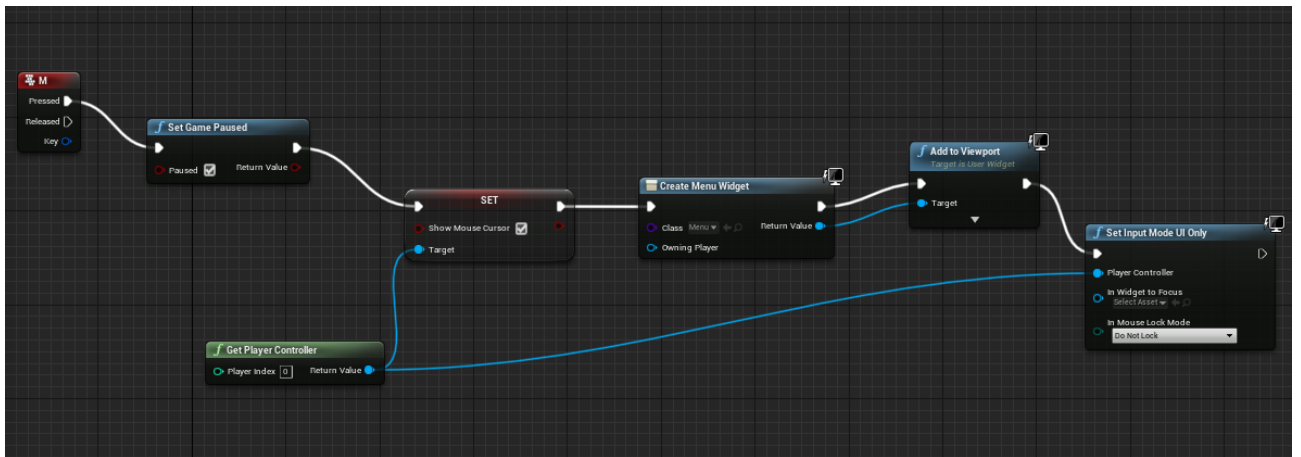


Рис.3.1.18 Функція виклику меню

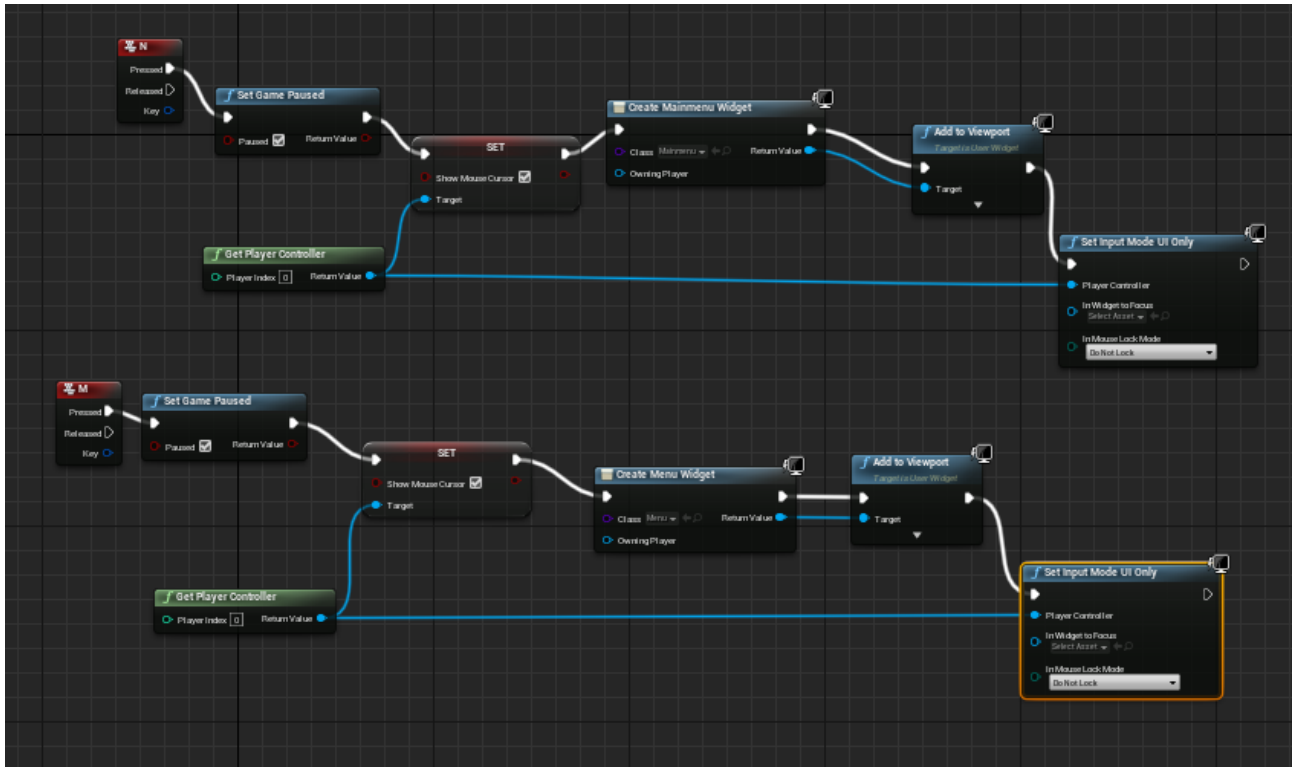


Рис.3.1.19 Функція виклику всіх меню

5.Перевірка меню в процесі виконання проекту



Рис 3.1.20. Виклик меню клавішею «М»

6.За аналогією створюється інші меню(рис.3.1.13) та створюється зв'язок між ними(рис.3.1.14, 3.1.15).

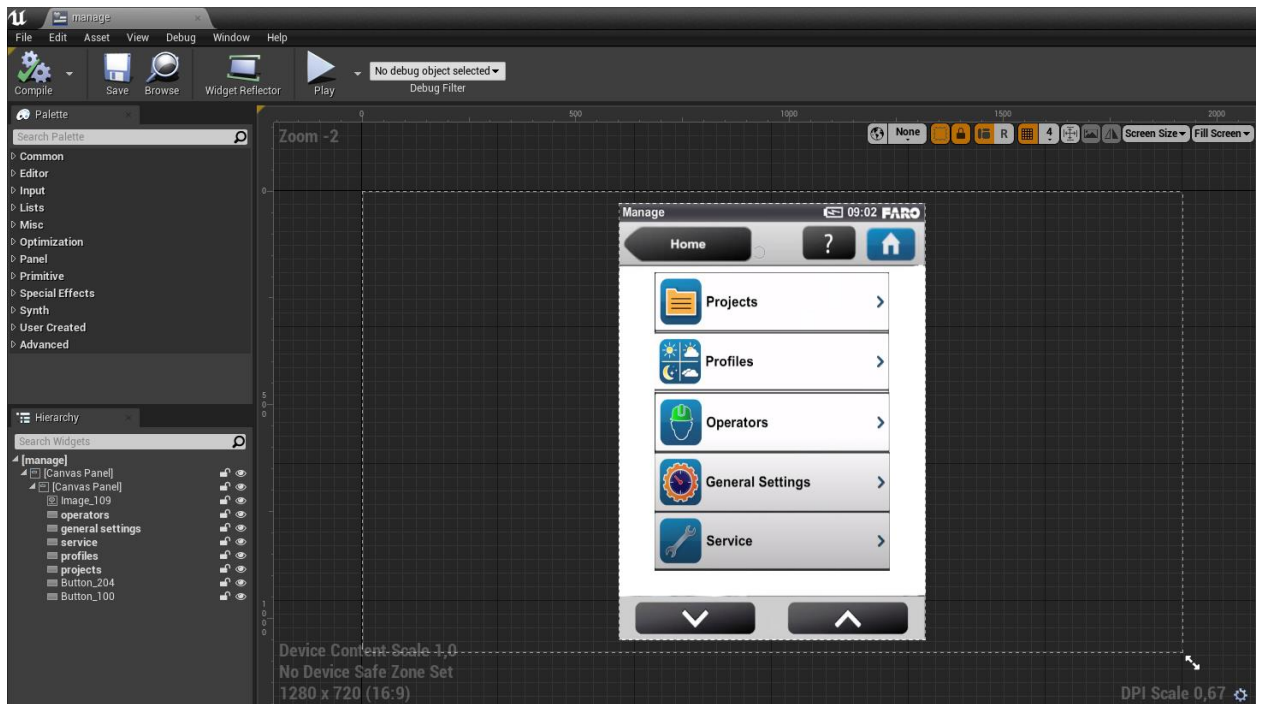


Рис. 3.1.21. Створене меню manage

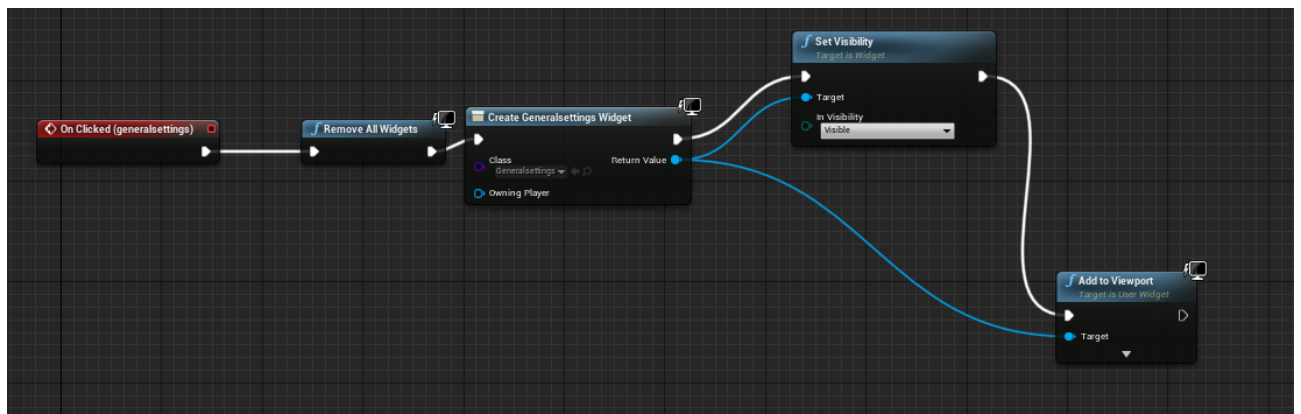


Рис.3.1.22. Приклад зв'язка між полотнами

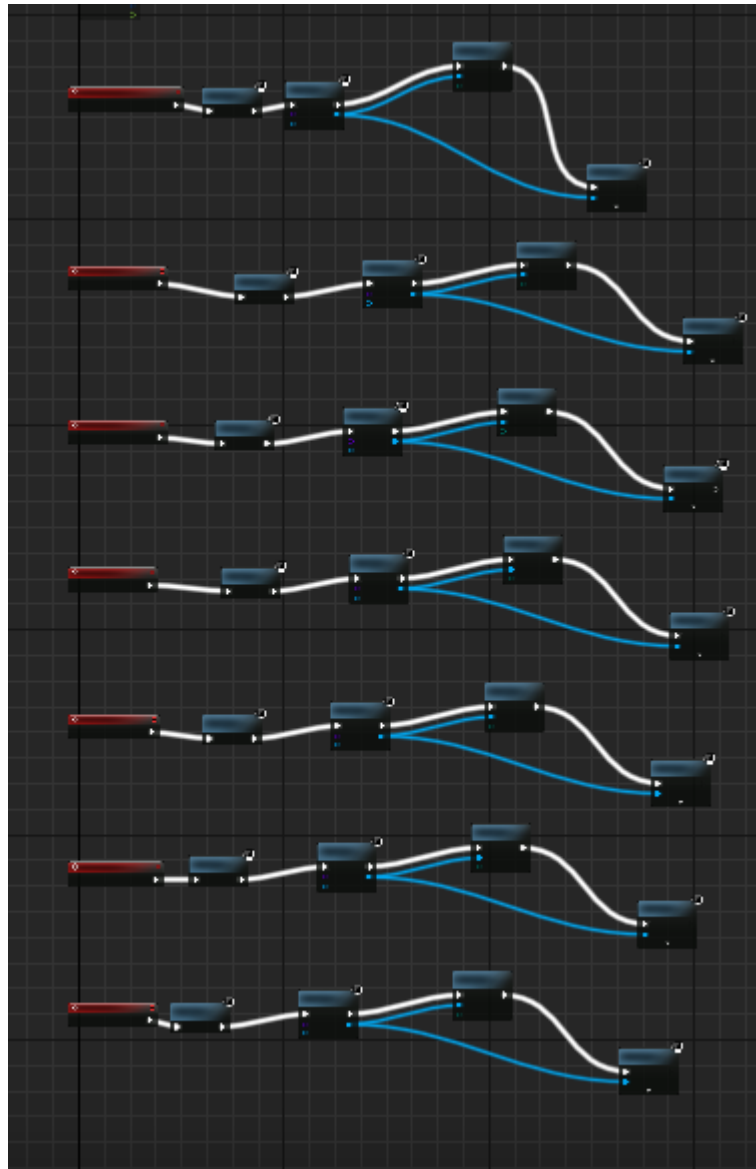


Рис.3.1.23. Загальний вигляд зв'язків меню manage.

Аналогічним чином створюємо всі інші меню цілковито симулюючи реальні меню лазерного сканера FARO FOCUS.

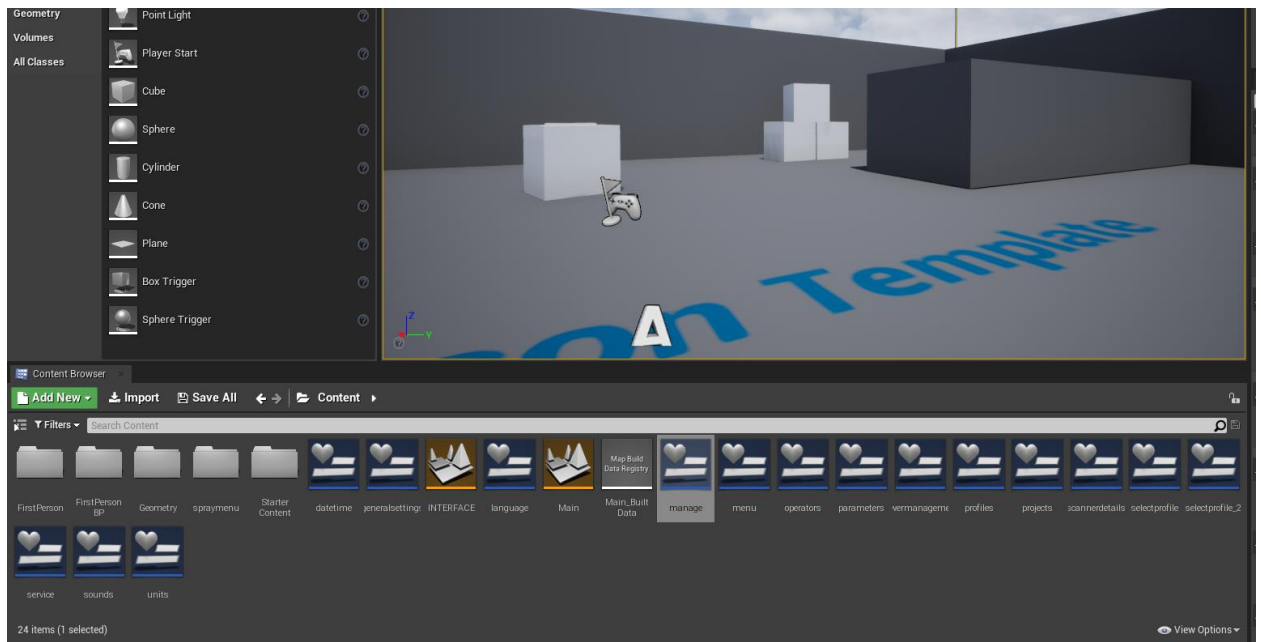


Рис 3.1.24. Створені меню

7. Після налаштування та створення функцій отримуємо робочий інтерфейс.



Рис 3.1.25. Приклад робочого інтерфейс

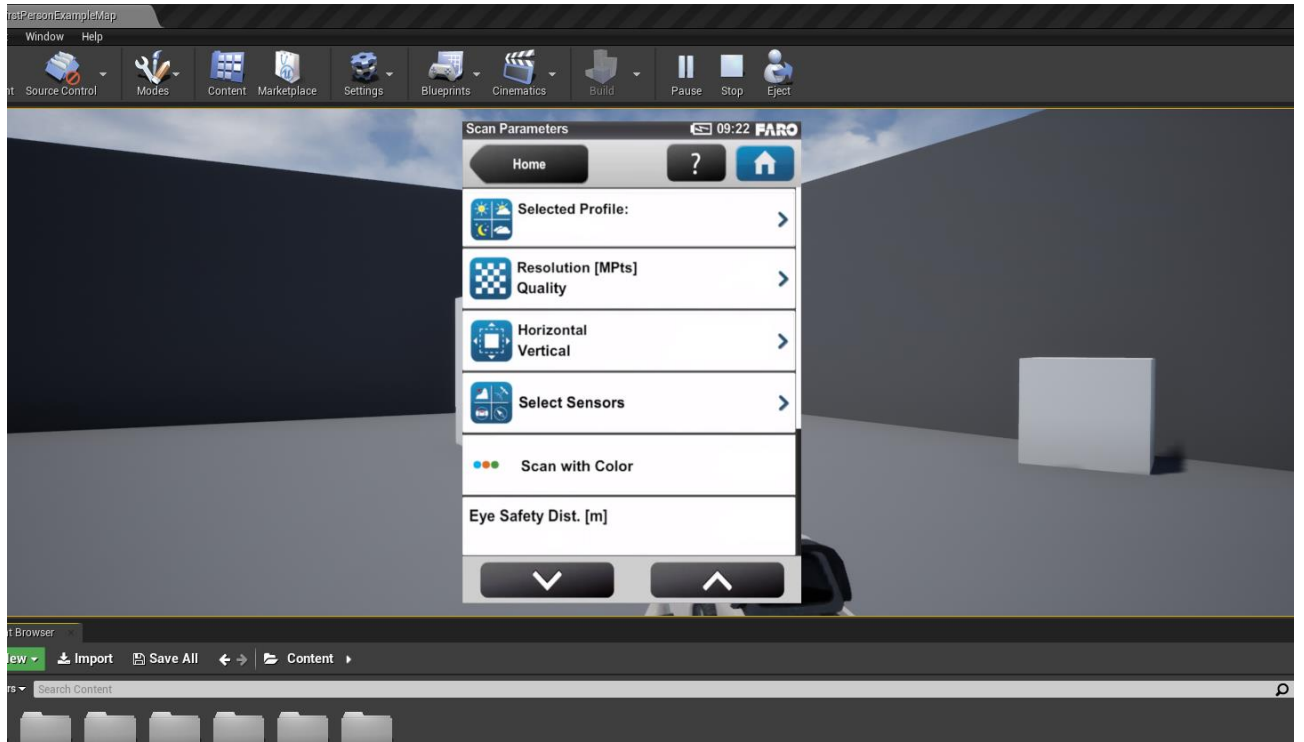


Рис 3.1.26.Приклад робочого інтерфейсу

За такою схемою виконується створення інтерфейсу і інших лазерних сканерів.

Створення віртуального інтерфейсу лазерного сканера RTC360

1. Додавання всіх необхідних елементів(Рис.3.1.25).

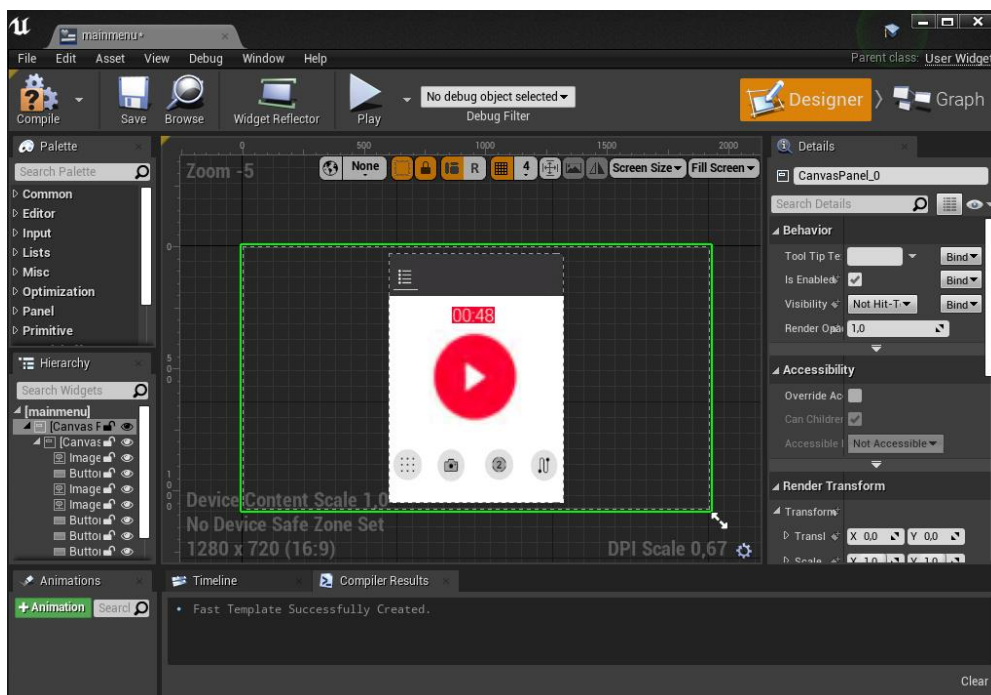


Рис.3.1.27.Головне меню RTC360

2.Перевірка працезданості в симуляторі(Рис.3.1.26).

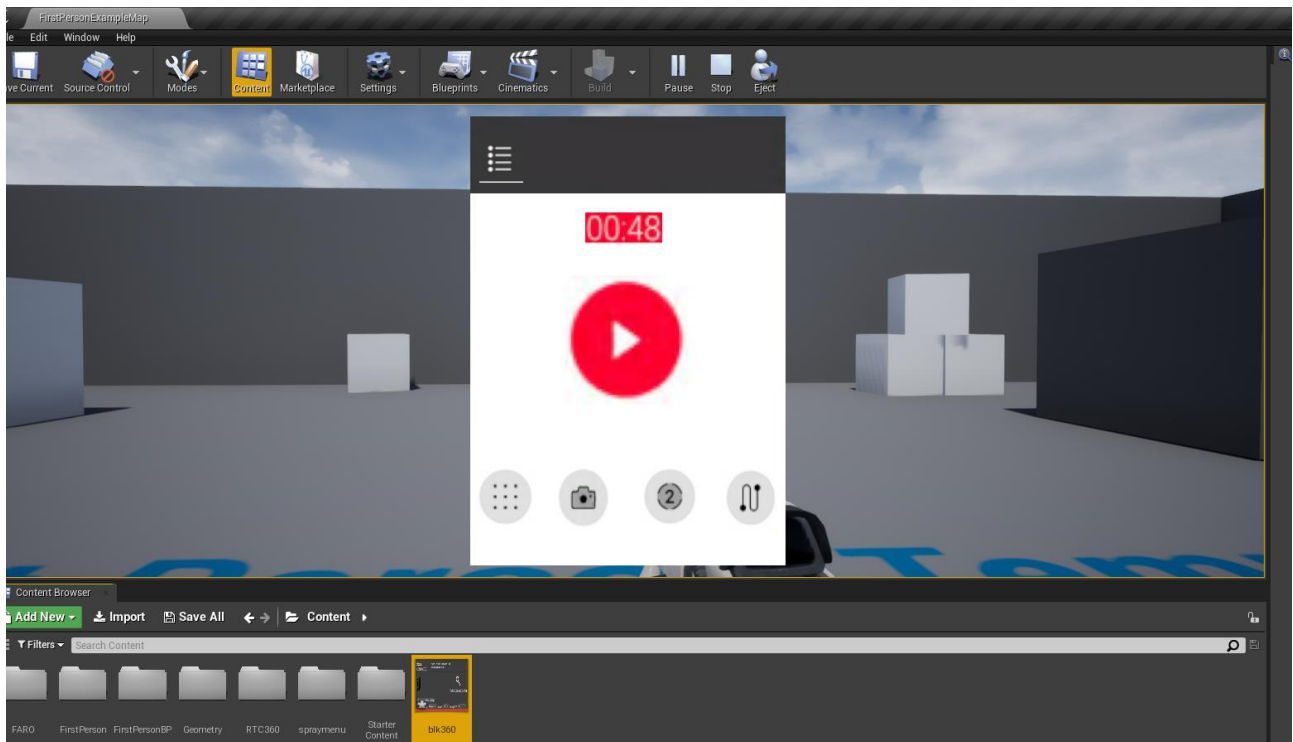


Рис.3.1.28. Приклад робочого інтерфейсу

Створення віртуального інтерфейсу лазерного сканера BLK360

1. Додавання всіх необхідних елементів(Рис.3.1.27).

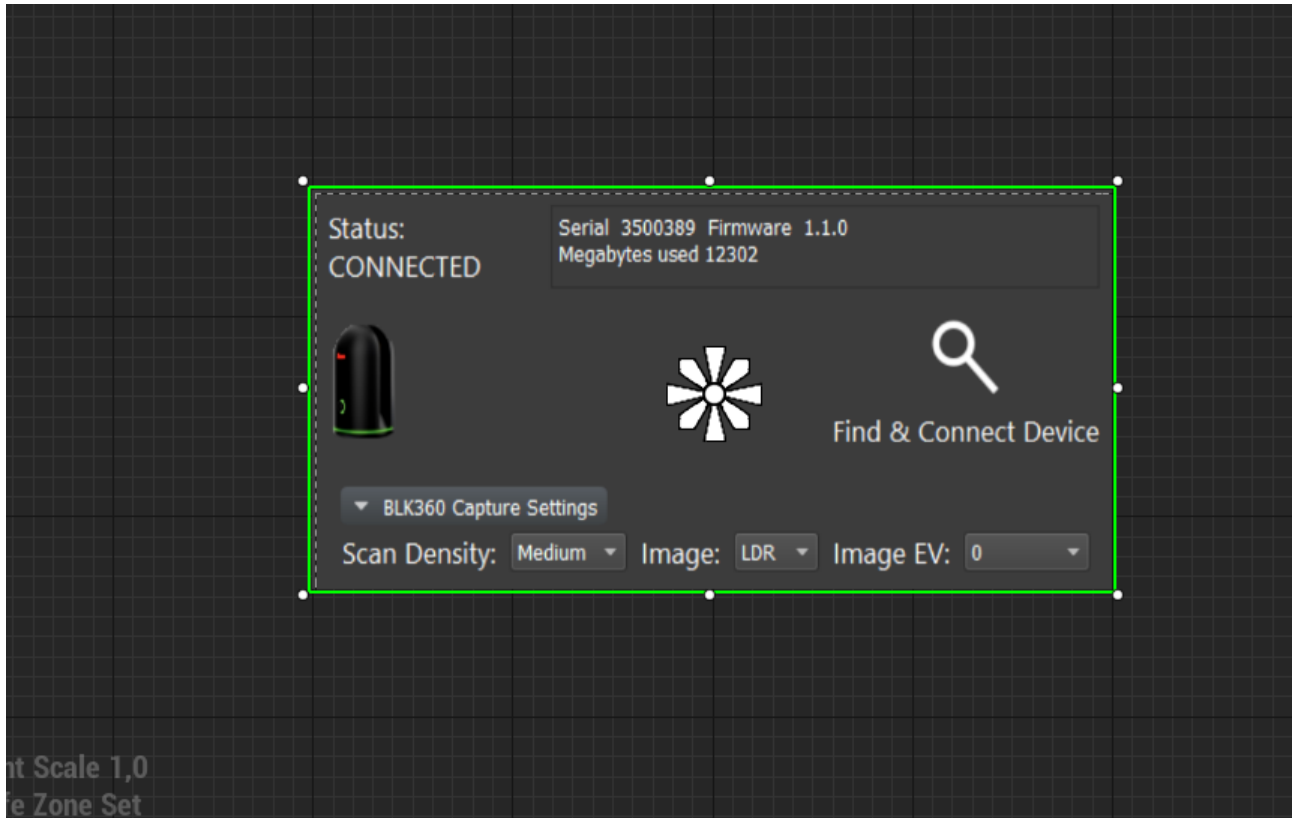


Рис.3.1.29.Головне меню BLK360

2.Перевірка працезданості в симуляторі(Рис.3.1.28).

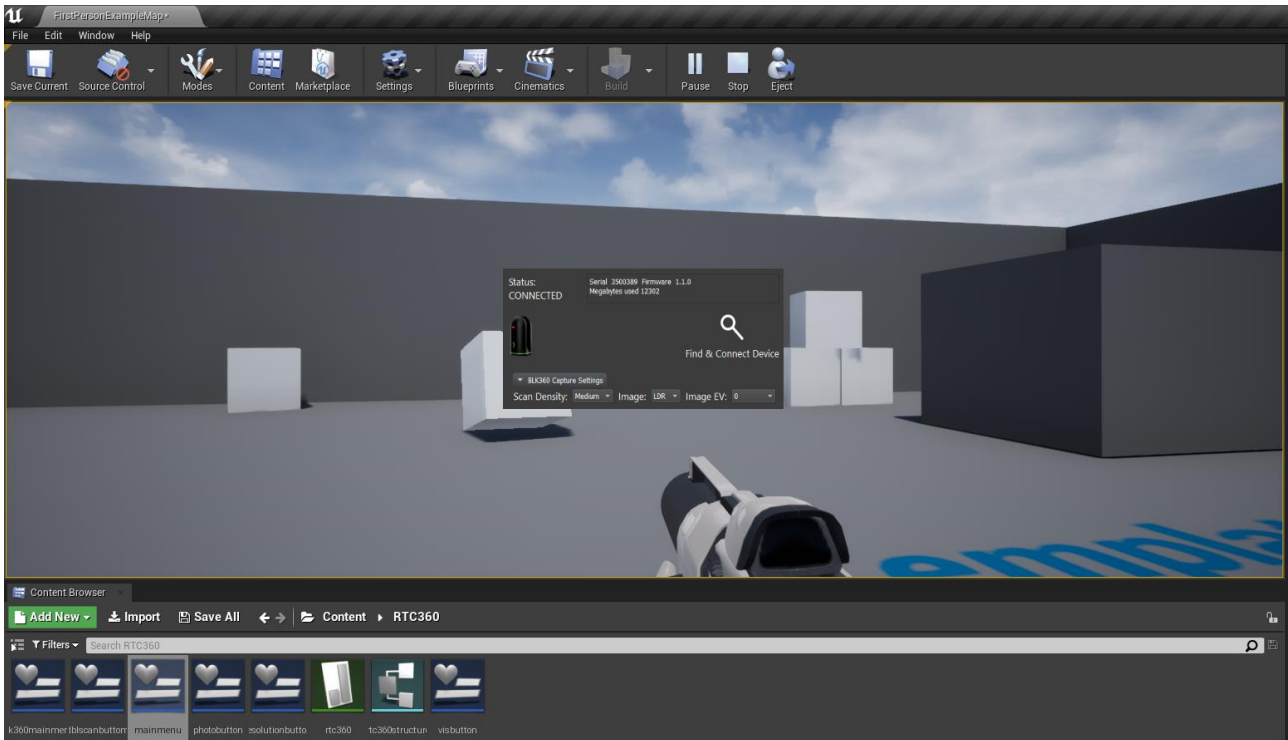


Рис.3.1.31. Приклад робочого інтерфейсу

На цьому етапі було створено інтерфейси трьох наземних лазерних сканерів.Для початку розроблення симулятора ці сканери

3.2 Програмування основних функцій

Для роботи симулятора необхідно , щоб в інтерфейсі можна було вибирати різні профілі сканування , що змінюють налаштування лазерного сканеру. Для цього було запрограмовано на клавіші вибору профіля (Рис.3.2.1) функцію (Рис.3.2.2) , що задає змінній проекту значення , які базуються відповідно до таблиці профілів сканера FARO (Рис.2.8)

Написана на мові C ++, програма дозволяє створювати віртуальні об'єкти для більшості операційних систем і платформ: Microsoft Windows, Linux, Mac OS і Mac OS X; консолей Xbox, Xbox 360, Xbox One, PlayStation 2, PS3, PlayStation 4, PSP, PS Vita, Wii, Dreamcast, GameCube і ін., а також на різних портативних пристроях, наприклад, пристроях Apple (iPad, iPhone), керованих системою iOS і інших.

Для спрощення портування програма використовує модульну систему залежних компонентів; підтримує різні системи рендеринга (Direct3D, OpenGL, Pixomatic; в ранніх версіях: Glide, S3, PowerVR), відтворення звуку (EAX, OpenAL, DirectSound3D; раніше: A3D), засоби голосового відтворення тексту, розпізнавання мови), модулі для роботи з мережею та підтримуваних пристроїв введення.

На даний момент функціонально UE, завдяки Blueprints (візуальне програмування), потужному редактору матеріалів та штучному інтелекту, попереду своїх конкурентів. У інших програм немає можливості 70 використовувати зручне візуальне програмування, що сильно скорочує витрати часу. Постійно додаються нові параметри, ком'юніті створює власні блюпринти, які безборонно можна використовувати. А якщо цього недостатньо, то за допомогою C++ можна зробити все, що завгодно. Є модуль для додавання Шарпа, що полегшує перехід Unity-розробників.

Завдяки тому, що Unreal Engine 4 є двигуном для створення різних віртуальних об'єктів, його можна використовувати в самих різних цілях. Наприклад, у сфері освіти як особистого помічника в розвитку розумових здібностей. У майбутньому ця програма допоможе дуже багатьом, в тому числі юному поколінню. [16]

Робота с інтерфейсом буде відбуватись в «**Blueprint**» головного персонажа «**FirstPersonCharacter**».

Сторення функцій лазерного сканера FARO FOCUS.



Рис.3.2.1 Меню вибору профілей

При створенні функції вибору профіля лазерного сканера FARO в «Blueprint» було використано такі оператори як:

- «On clicked» - оператор , що викликається при натисканні відповідної клавіші, як ,наприклад, «indoor 10m button»(Рис.3.2.2).

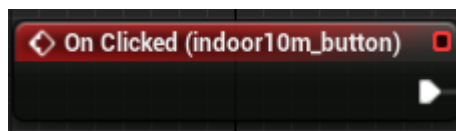


Рис.3.2.2 Оператор «On clicked»

- «Cast to» - оператор , що посилається на гравця , в даному випадку «FirstPersonCharacter»(Рис.3.2.3).

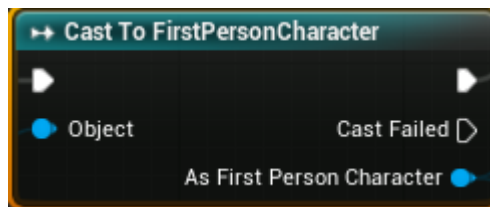


Рис.3.2.3 Оператор «Cast to»

- «SET» - оператор , що задає значення змінної(Рис.3.2.4).

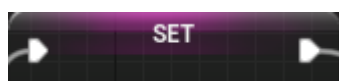


Рис.3.2.4.Оператор SET

- «Get data table row» - оператор , що виклає рядки з бази даних(Рис.3.2.5).

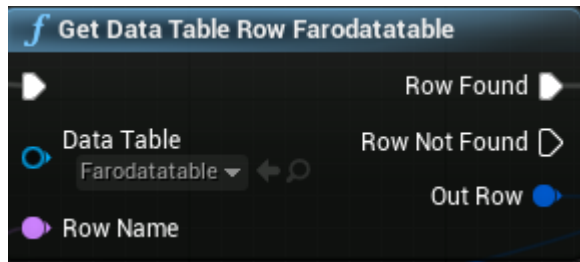


Рис.3.2.5.Оператор Get data table row

- «Break» - оператор , що розділяє структуру на окремі атрибути таблиці(Рис.3.2.6).

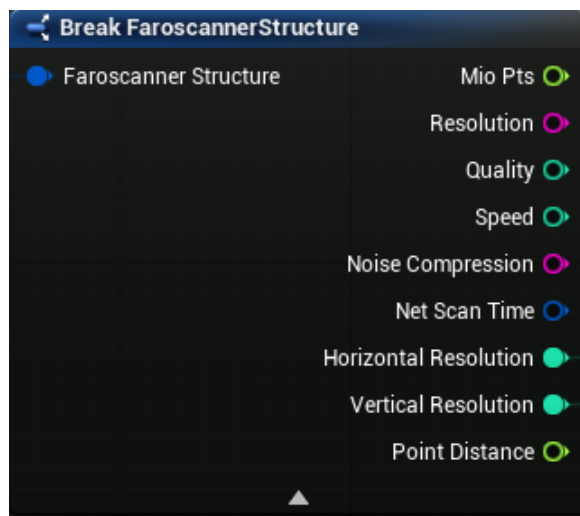


Рис.3.2.6 Оператор Break

- «Arpend» - оператор , що поєднує декілька змінних для отримання одного значення.(Рис.3.2.7).

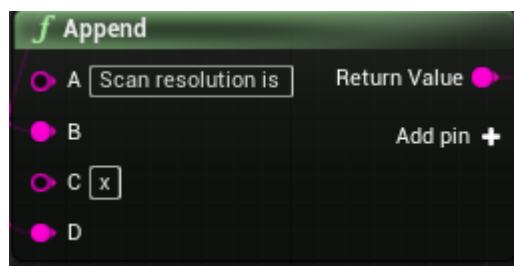


Рис.3.2.7.Оператор Arpend

- «Print string»- оператор , що виводить інформацію в текстовому форматі у випадку успішної зміни(Рис.3.2.8).

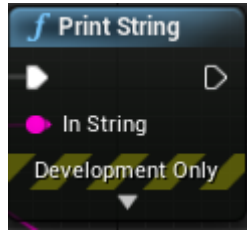


Рис.3.2.8.Оператор Print String

Створивши всі потрібні для виконання цієї функції оператори на BluePrint, необхідно створити такий алгоритм: при натисканні клавіші функція посилається на гравця , при цьому діставши рядки з бази даних , задає необхідне значення рядка , виводячи вертикальну та горизонтальну роздільну здатність.Після цього поєднує вертикальну та горизонтальну роздільну здатність в один рядок та виводить зміни в текстовому форматі.

На основі цього алгоритму було створено функцію що наведена на Рис.3.2.9.

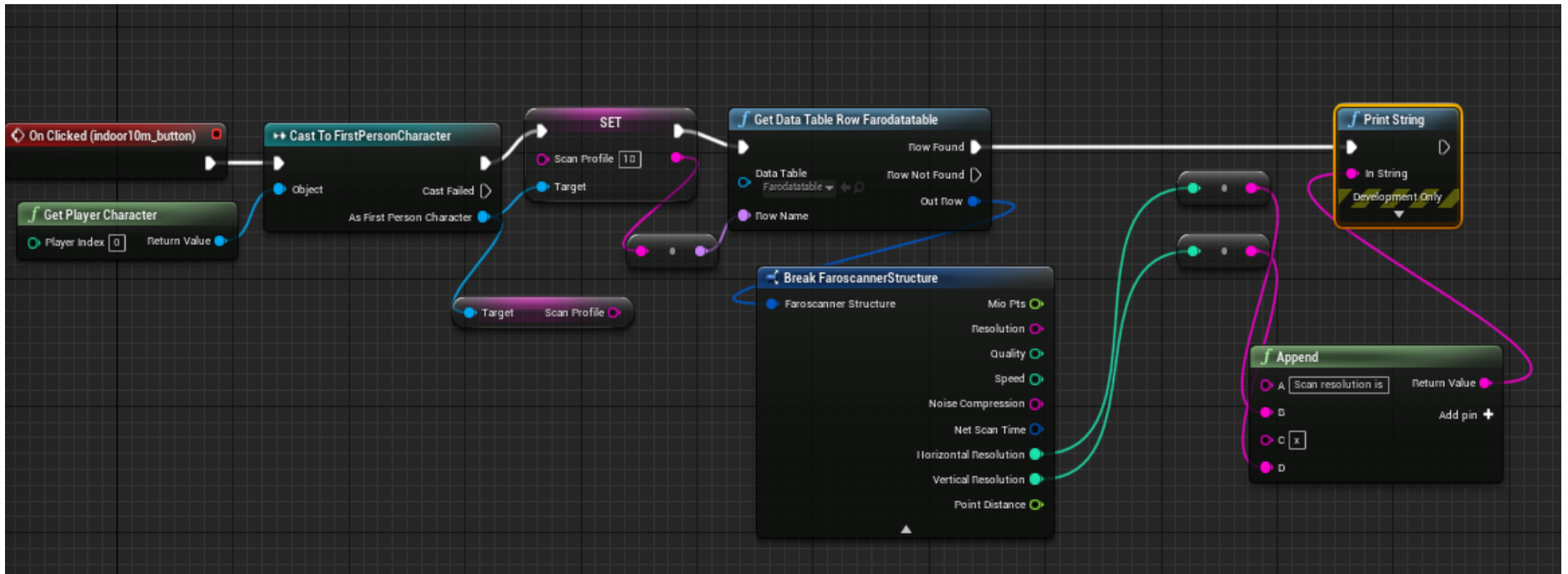


Рис.3.2.9 Функція вибору профіля

За таким самим принципом будується функція вибору якості сканування в меню «Resolution/Quality». (Рис.3.2.10)

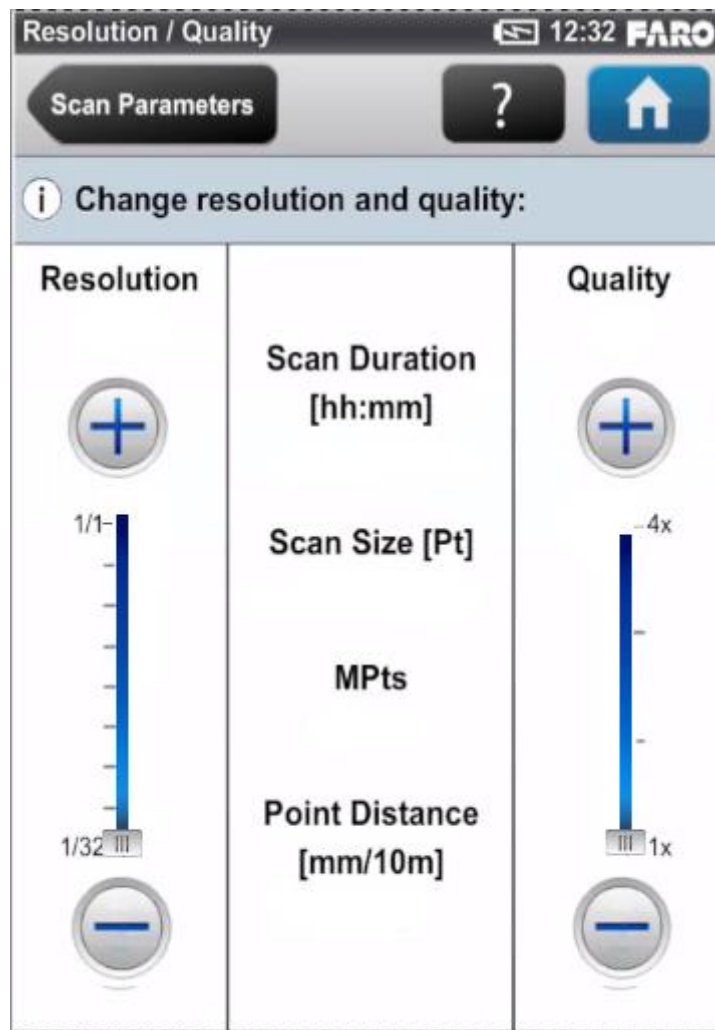


Рис.3.2.10 Меню вибору якості сканування

В цій функції будуть використані такі оператори як:

- «Get data table row» - оператор , що виклає рядки з бази даних;
- «Get data table row names» - оператор , що виклає рядок names з бази даних(Рис.3.2.11);

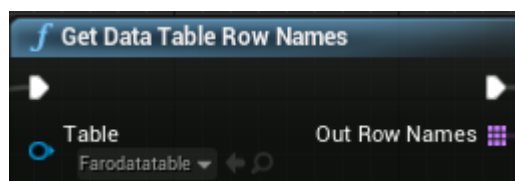


Рис.3.2.11. Оператор Get data table row names

- «Break» - оператор , що розділяє структуру на окремі атрибути таблиці;
- «Append» - оператор , що поєднує декілька змінних для отримання одного значення.
- «For Each Loop»- оператор , що запускає цикл для кожного рядка(Рис.3.2.12)

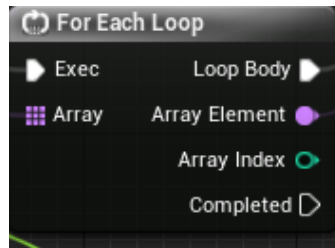


Рис.3.2.12.Оператор For Each Loop

- «To text» - оператор , що переводить змінну в текстовий формат(Рис.3.2.13).



Рис.3.2.13.Оператор To text

- «On value changed» - оператор , що викликається при зміні значення в даному випадку слайдера вибору якості сканування(Рис.3.2.14).

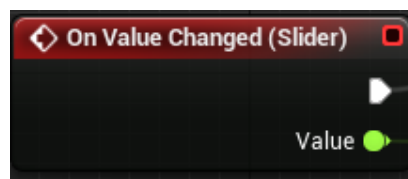


Рис.3.2.14.Оператор on value changed

Особливість цієї функції полягає в використанні циклу «For each loop» і функції «Get data table row NewDataTable», для того, щоб функція перевірила кожен елемент таблиці на влучання. Це необхідно для вилучення лише тих рядків які підходять під роздільну здатність , щоб надалі змінити лише якість скаунвання, тому що в лазерному сканері FARO до кожної роздільної здатності відповідає декілька налаштувань якості. В функції було створено цикл , що вилучає спочатку назву рядка , а потім необхідний рядок у випадку якщо Branch видає значення True , при цьому видає необхідні значення , що повертаються оператором Print String. Функція надана на рис.3.2.15.

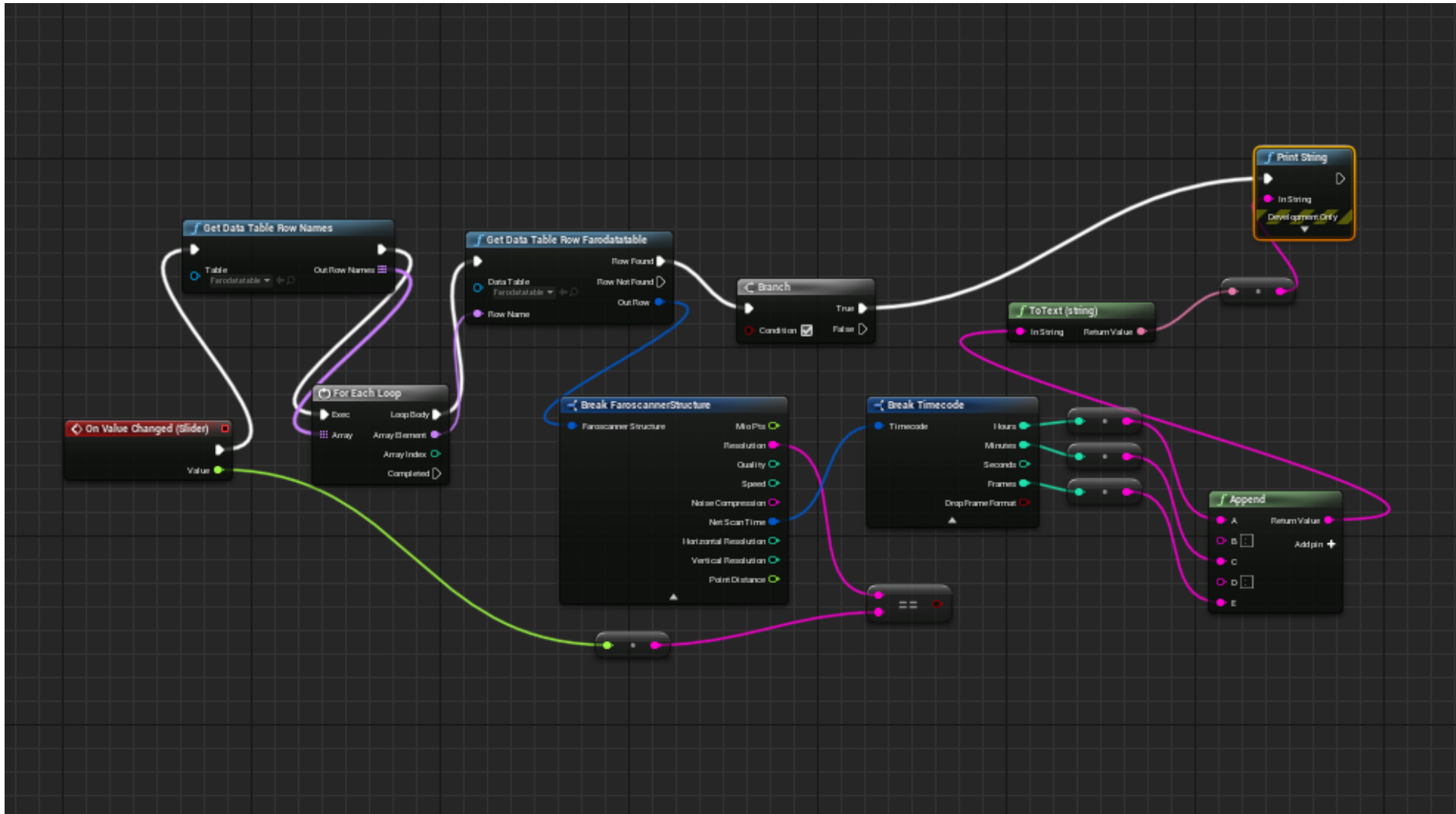


Рис.3.2.15.Функція вибору якості сканування

Перевіряється працездатність меню. Для цього було виведено текстову строку, що виводить зміни в наслідок виконання функції

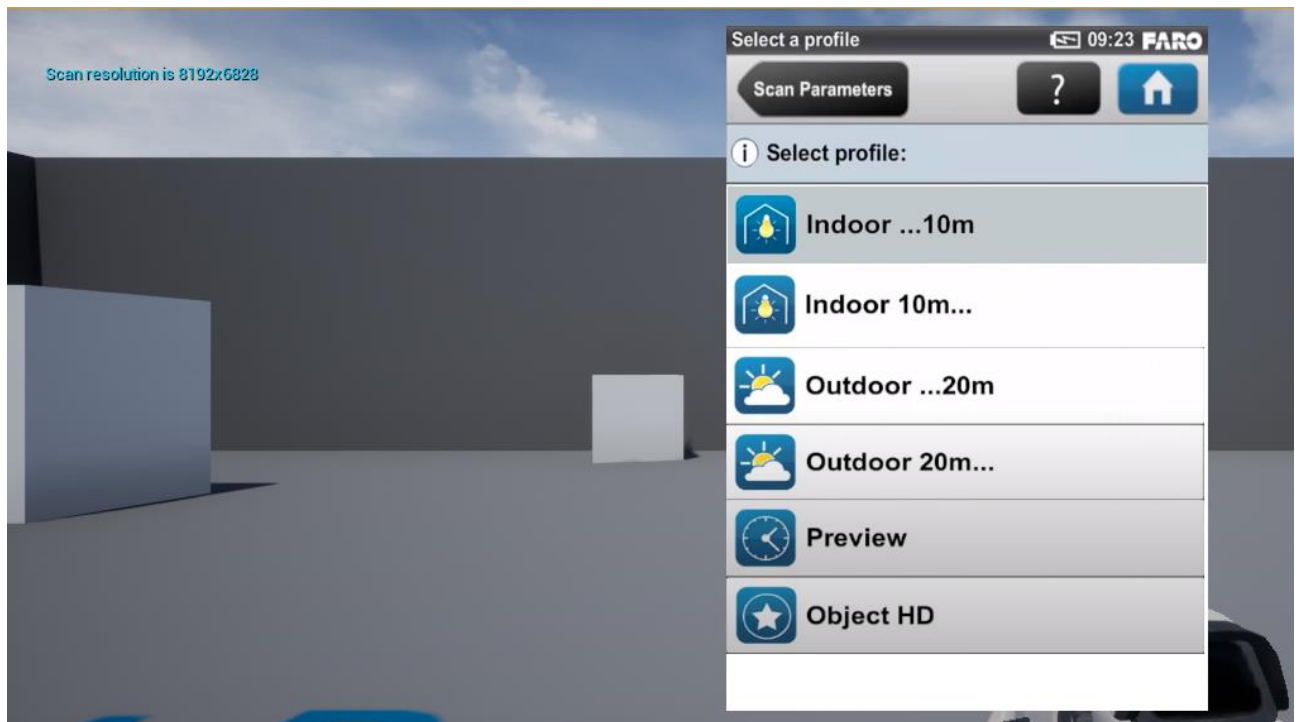


Рис.3.2.16 Вибір профіля і зміна роздільної здатності

Також перевіряється працездатність інших профілей(Рис.3.2.6)



Рис.3.2.17 Перевірка іншого профілю

Як можна побачити роздільна здатність успішно змінюється в залежності від вибраного профіля.

Створення функцій лазерного сканера RTC360

Далі створюємо функції для лазерного сканера RTC360.Цей сканер має одне головне меню , необхідними налаштуваннями є роздільна здатність та функція фотографування.

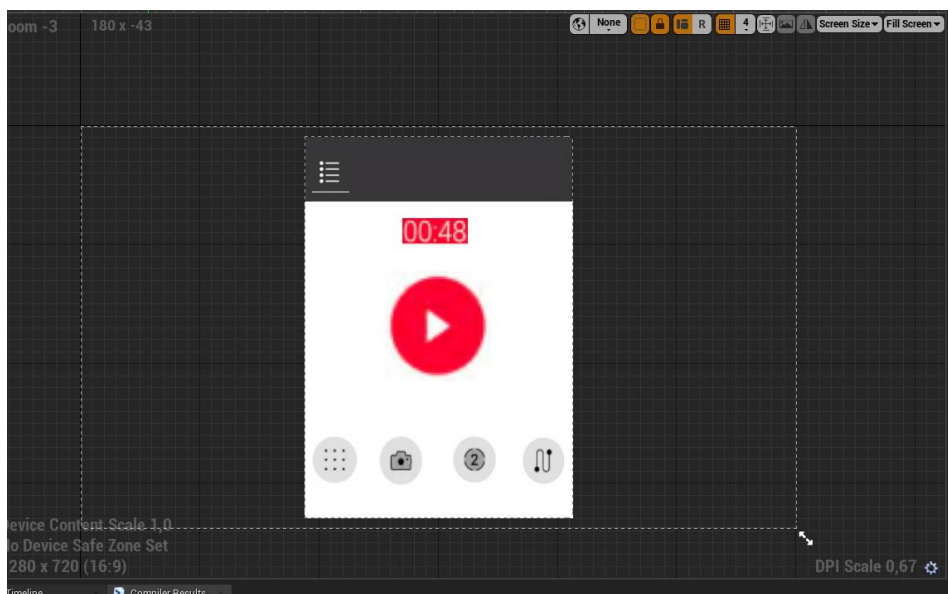


Рис.3.2.18 Головне меню сканера RTC360

Далі на BluePrint додаються всі необхідні оператори . Алгоритм вибору роздільної здатності та часу сканування схожий з вибором профілю в лазерному сканері FARO. А саме:

Створивши всі потрібні для виконання цієї функції оператори на BluePrint, необхідно створити такий алгоритм: при натисканні клавіші функція посилається на гравця , при цьому діставши рядки з бази даних , задає необхідне значення рядка , виводячи вертикальну та горизонтальну роздільну здатність.Після цього поєднує вертикальну та горизонтальну роздільну здатність в один рядок та виводить зміни в текстовому форматі.

На основі цього алгоритму було створено функцію вибору роздільної здатності та часу сканування що наведена на Рис.3.2.19 та Рис.3.2.20.

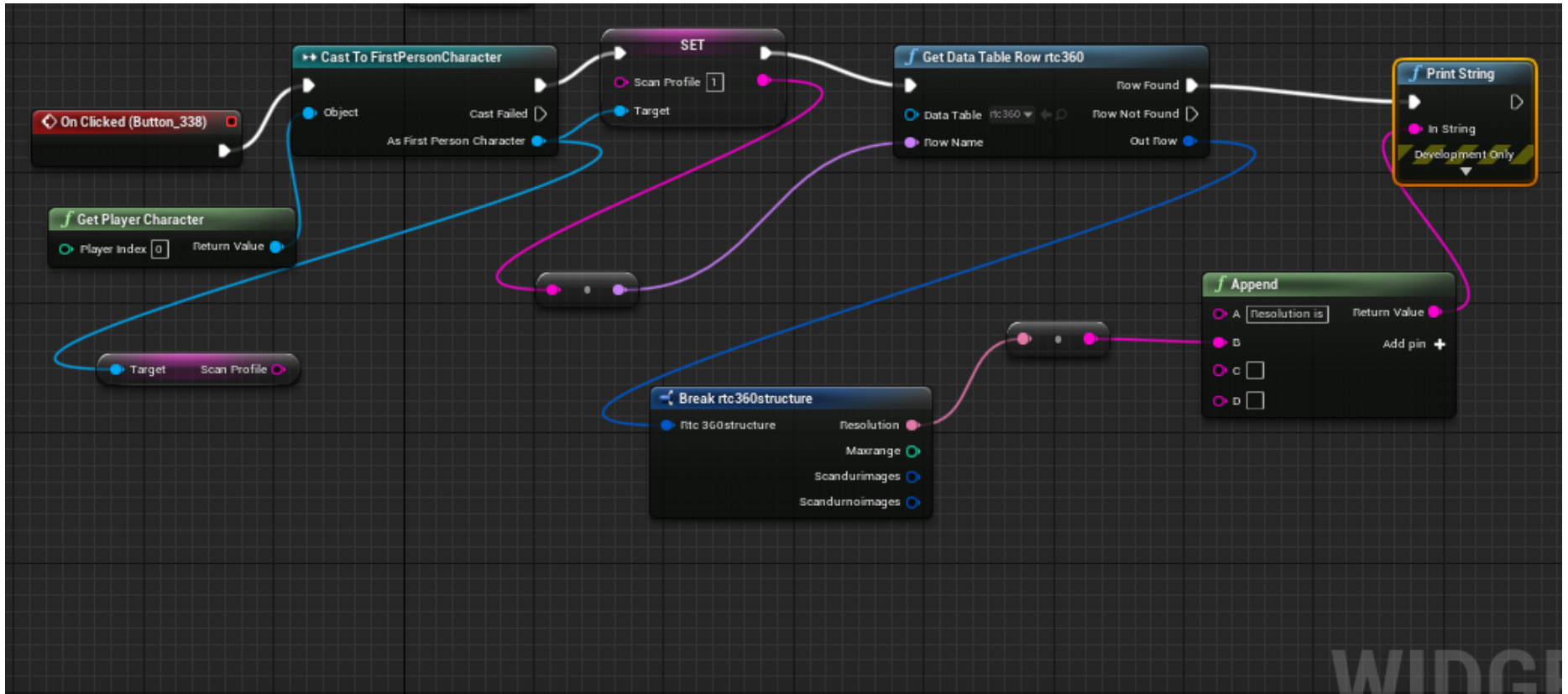


Рис.3.2.19.Функція зміни роздільної здатності

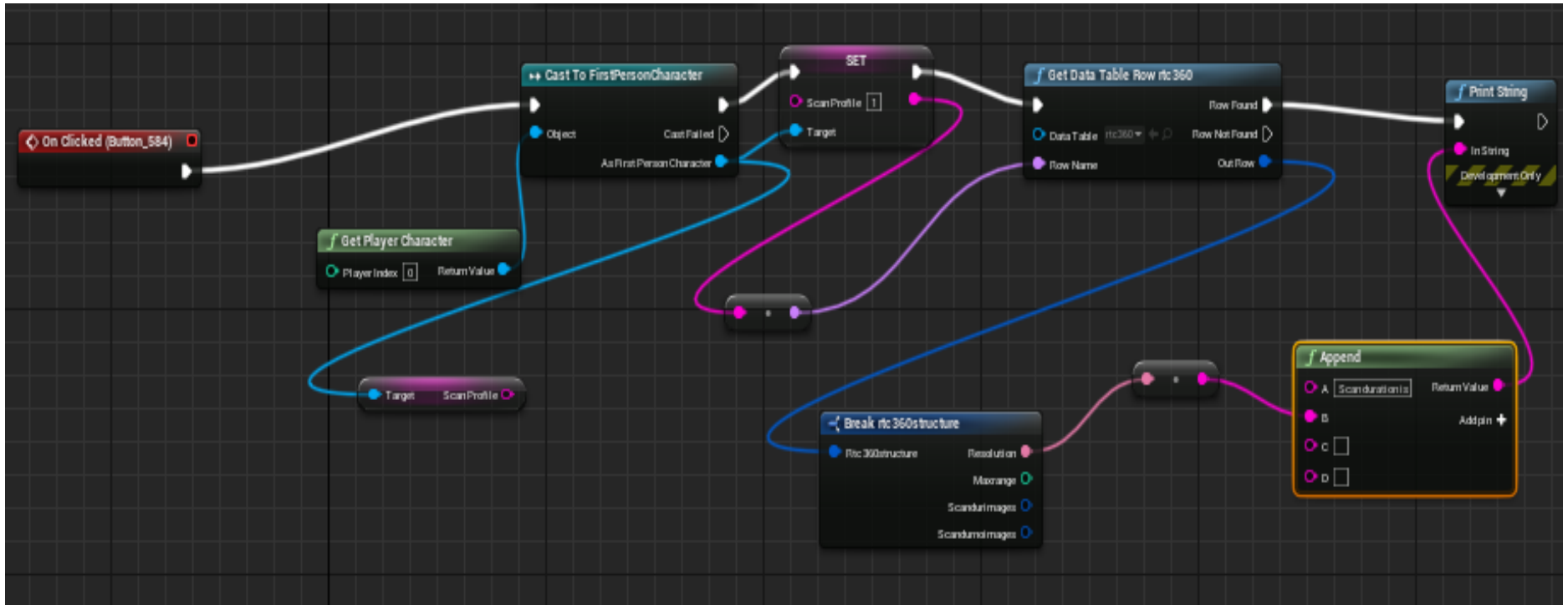


Рис.3.2.20.Функція зміни часу

Перевіряємо працездатність кнопки. Для цього було виведено текстову строку , що виводить зміни в наслідок виконання функції(Рис.3.2.8 , 3.2.9).

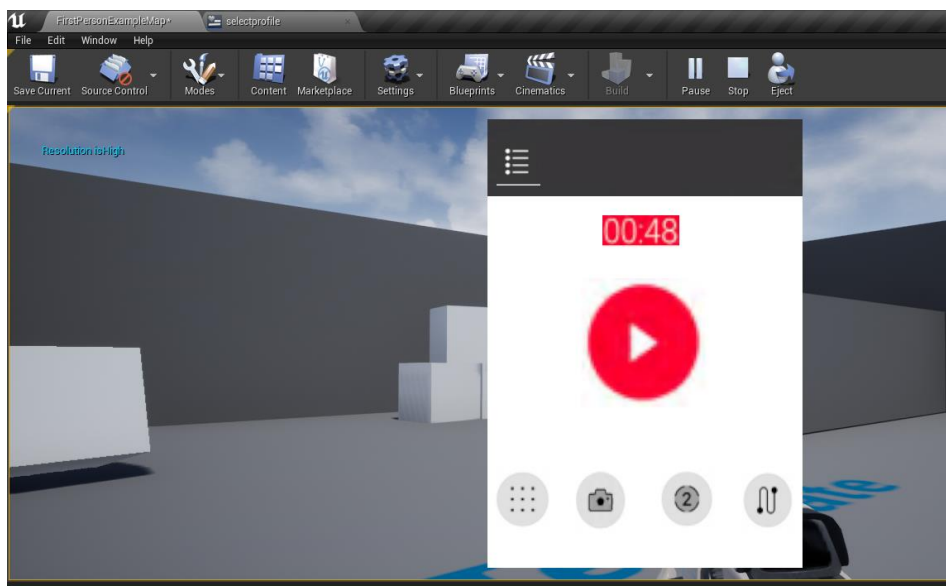


Рис.3.2.21 Зміна роздільної здатності

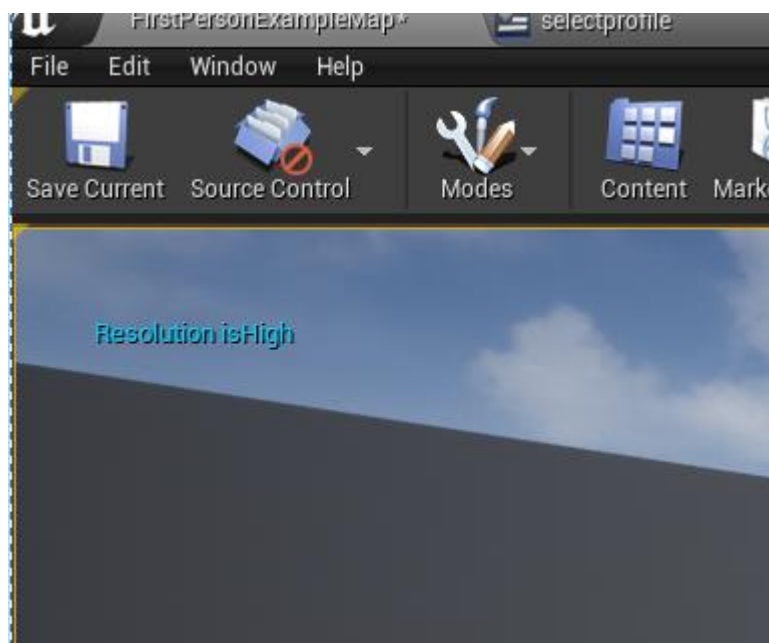


Рис.3.2.22.Індикатор успішної зміни

Сторення функцій лазерного сканера VLK360

Лазерний сканер VLK360 має лише налаштування якості зйомки , тому було створено лише одну функцію зміни якості сканування(Рис.3.2.23). Алгоритм виконання такий самий як при виборі роздільної зданості сканера RTC360.

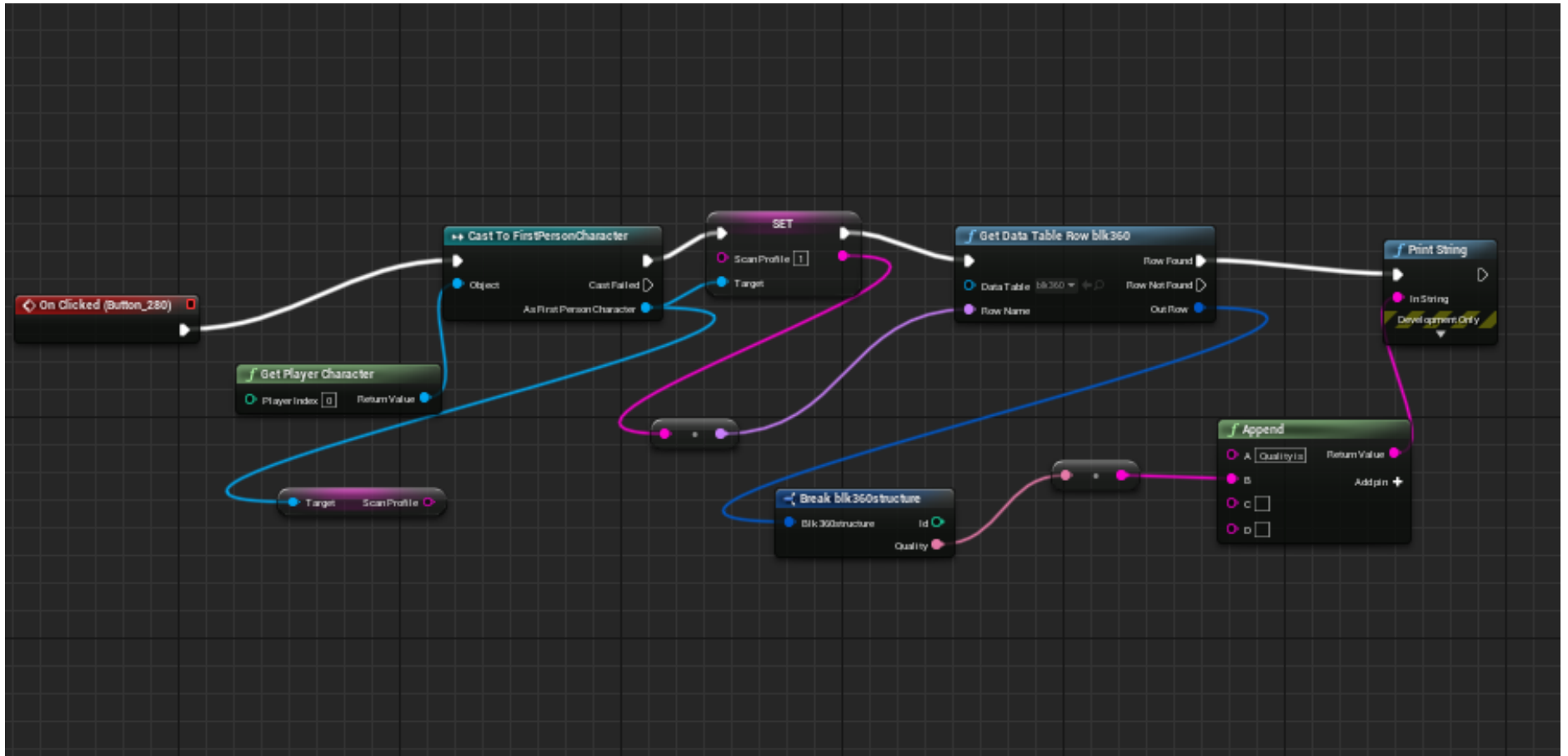


Рис.3.2.23. Функція вибору якості сканування BLK360

3.3 Аналіз та оцінка результатів віртуального симулятора наземного лазерного сканера

В процесі створення інтерфейсів лазерного сканеру було досягнуто досить великий рівень відповідності. Нижче наведено декілька прикладів порівняння симулятора з реальним сканером.



Рис.3.3.1 Порівняння головного меню сканера FARO

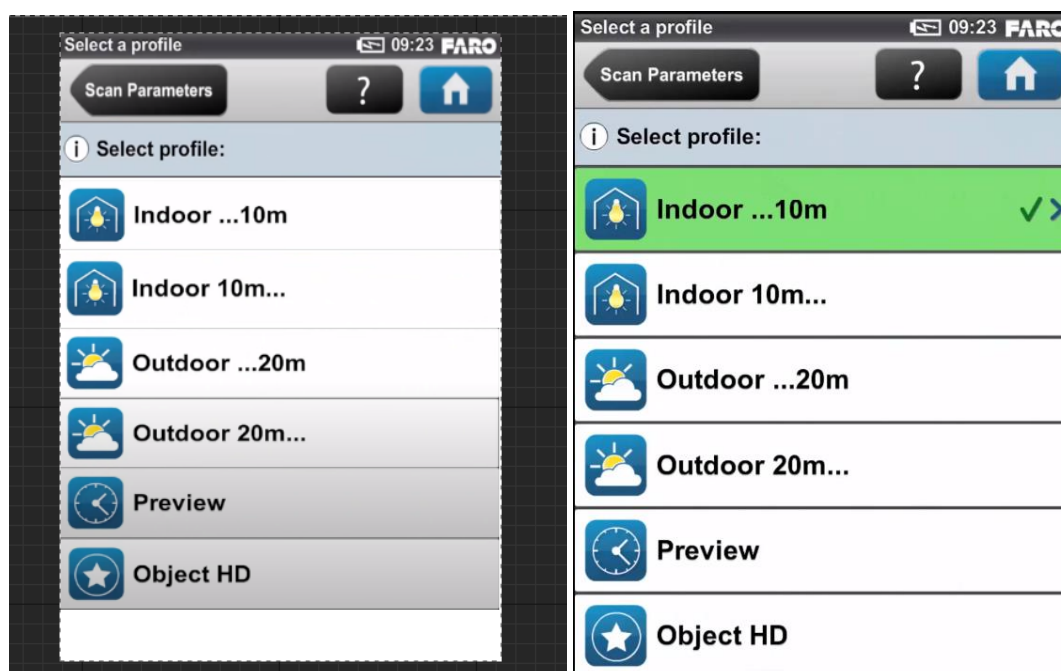


Рис.3.3.2 Порівняння меню вибору профіля FARO

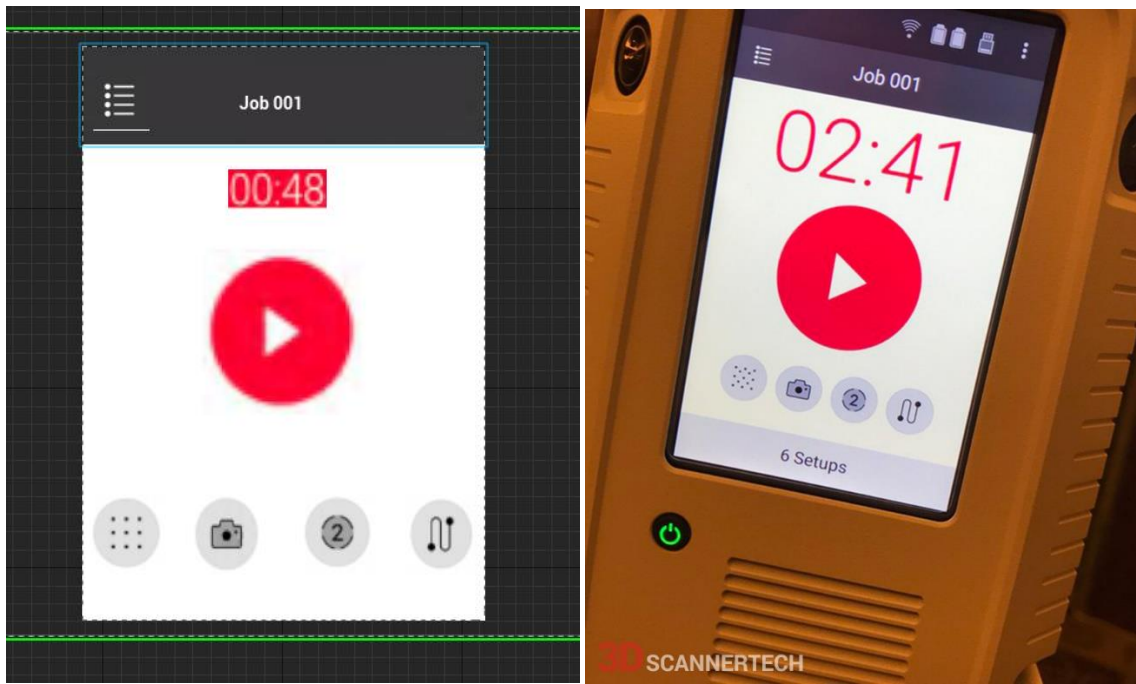


Рис.3.3.3 Порівняння головного меню сканера RTC360

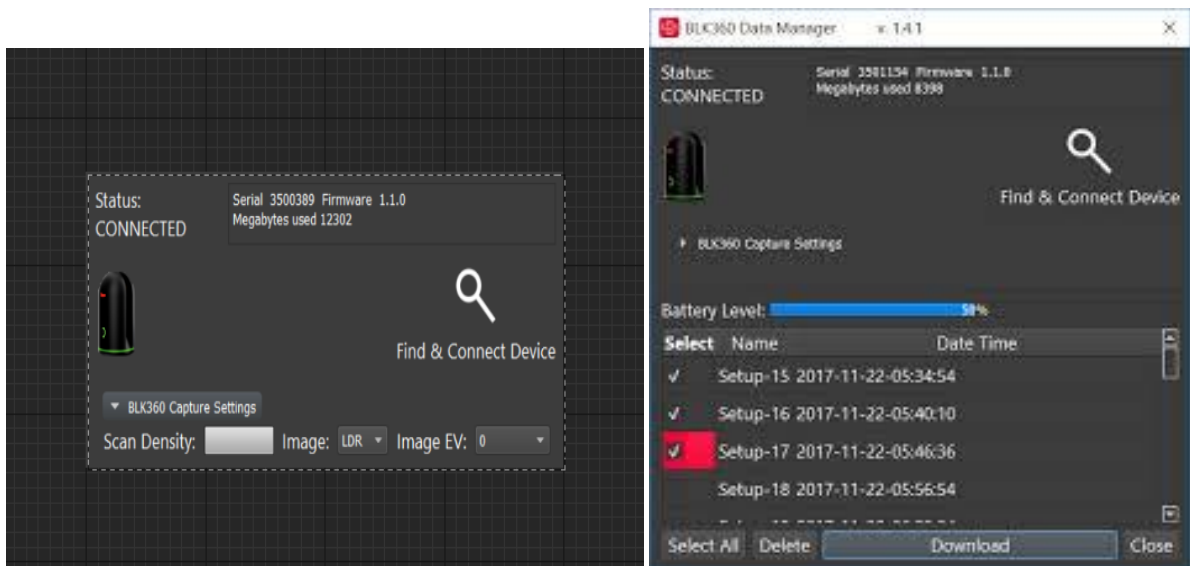


Рис.3.3.4 Порівняння головного меню сканера BLK360

Завдяки різноманітним функціям та великій кількості можливостей в середовищі Unreal Engine 4 було створено достатньо близькі елементи інтерфейсу симулятора лазерного сканера. Також було створено всі необхідні для роботи в симуляторі функції.

В процесі виконання роботи та після аналізу оцінки результату було виділено основні переваги і недоліки симулятора перед реальним лазерним сканером.

Переваги:

- Симуляція сканування в реальному часі відповідає реальній роботі зі сканером
- Швидкість симуляції така ж як при реальному скануванні
- Функціональність відповідає реальному сканеру

Недоліки:

- Складність симулювання інтенсивності різних матеріалів в межах одного об'єкта (наприклад листя і стовбур дерева)
- Симуляція інтенсивності не 100% відповідає інтенсивності реальних сканерів, оскільки виробники сканерів часто додатково «покрощують» результати, наприклад нівелюючи зміну інтенсивності при зміні відстані.

Висновки до розділу 3.

В цьому розділі було створено віртуальний інтерфейс лазерних сканерів , Також було зроблене програмування основних функцій , завдяки цьому створений функціонуючий проект симулятора. проведено аналіз та оцінка результатів віртуального симулятора наземного лазерного сканера

ВИСНОВОК

Перспективність і темпи впровадження технологій віртуальної і доповненої реальності свідчать про те, що засоби навчання, розроблені на їх основі, стануть невід'ємною частиною навчання на всіх рівнях освіти, а їх роль значно зросте як в рамках традиційної очної підготовки, так і в рамках електронної освіти.

В цій роботі було розглянуто основні принципи віртуальної реальності, що показали актуальність і перспективність цієї галузі у багатьох напрямках і насамперед в освітній галузі. Також проведений SWOT аналіз для виявлення сильних та слабких сторін.

В процесі виконання було створена структурно-функціональна модель віртуального симулятора наземного лазерного сканера, що дозволило розуміти логіку роботи лазерного сканера та в подальшого інтегрування в Unreal Engine. Також проведено аналіз різних програмних засобів та виявлено різні переваги та недоліки кожного з них.

В практичній частині роботи було створено віртуальний інтерфейс лазерних сканерів. Також було зроблене програмування основних функцій, завдяки цьому створений функціонуючий проект симулятора. проведено аналіз та оцінка результатів віртуального симулятора наземного лазерного сканера

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. "The Lengthy History of Augmented Reality". Huffington Post. 15 May 2016.
2. Schueffel, Patrick (2017). The Concise Fintech Compendium. Fribourg: School of Management Fribourg/Switzerland. Archived from the original on 24 October 2017. Retrieved 31 October 2017.
3. Wu, Hsin-Kai; Lee, Silvia Wen-Yu; Chang, Hsin-Yi; Liang, Jyh-Chong (March 2013). "Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education...". Computers & Education. 62: 41–49.
4. Rosenberg, Louis B. (1992). "The Use of Virtual Fixtures as Perceptual Overlays to Enhance Operator Performance in Remote Environments".
5. Steuer, "Defining Virtual Reality: Dimensions Determining Telepresence" (PDF). Archived from the original (PDF) on 24 May 2016. Retrieved 27 November 2018., Department of Communication, Stanford University. 15 October 1993.
6. Introducing Virtual Environments Archived 21 April 2016 at the Wayback Machine National Center for Supercomputing Applications, University of Illinois.
7. Rosenberg, L.B. (1993). "Virtual fixtures: Perceptual tools for telerobotic manipulation". Proceedings of IEEE Virtual Reality Annual International Symposium. pp. 76–82. doi:10.1109/VRAIS.1993.380795. ISBN 0-7803-1363-1. S2CID 9856738.
8. Jump up to:^a ^b Dupzyk, Kevin (6 September 2016). "I Saw the Future Through Microsoft's Hololens". Popular Mechanics.
9. "How to Transform Your Classroom with Augmented Reality - EdSurge News". 2 November 2015.
10. Crabben, Jan van der (16 October 2018). "Why We Need More Tech in History Education". ancient.eu. Retrieved 23 October 2018.
11. Chen, Brian (25 August 2009). "If You're Not Seeing Data, You're Not Seeing". Wired. Retrieved 18 June 2019.
12. Maxwell, Kerry. "Augmented Reality". macmillandictionary.com. Retrieved 18 June 2019.
13. Кейк Д. Геоінформаційні технології та інфраструктура геопросторових даних: у шести томах. Том 2: Системи керування базами геоданих для інфраструктури просторових даних. Навчальний посібник /Кейк Д., Лященко А., Путренко В., Хмелевський Ю., Дорошенко К., Говоров М. – К.: Планета-Прінт, 2017. – 456 с.
14. [Електронний ресурс] <https://www.3deling.com/3d-virtual-reality/>

15. [Электронный ресурс] <https://leica-geosystems.com/ru/case-studies/reality-capture/transforming-reality-into-photorealistic-virtual-reality-with-laser-scanning/>

16. Виртуальная академия URL: <http://vacademia.com/site/info>

ДОДАТКИ

					МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Виконав		Вакулєнко А.О.			<i>Розроблення елементів віртуального симулятора наземного лазерного сканера</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Консульт.								
Керівник		Горковчук Ю.В.				98		
Зав. каф.		Карпінський Ю.О.				КНУБА, група ПІСТ-61		