

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет обліку та фінансів
Кафедра комп'ютерних технологій
і моделювання систем

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

Українець Валентин Романович
(прізвище, ім'я, по батькові здобувача освіти)

УДК 004.92

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Програмно-апаратний комплекс інтерактивної пісочниці Custom World

(тема роботи)

122 «Комп'ютерні науки»

(шифр і назва спеціальності)

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр

кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

(підпис, ініціали та прізвище здобувача вищої освіти)

Керівник роботи
Молодецька Катерина Валеріївна
(прізвище, ім'я, по батькові)
доктор технічних наук, професор
(науковий ступінь, вчене звання)

Житомир – 2021

Висновок кафедри _____
за результатами попереднього захисту: _____

Протокол засідання кафедри _____
№ ___ від «___» _____ 20___ р.

Завідувач кафедри _____

(науковий ступінь, вчене звання)
«___» _____ 20___ р.

(підпис)

(прізвище, ім'я, по батькові)

Результати захисту кваліфікаційної роботи

Здобувач вищої освіти _____ захистив (ла)
(прізвище, ім'я, по батькові)

кваліфікаційну роботу з оцінкою:

сума балів за 100-бальною шкалою _____

за шкалою ECTS _____

за національною шкалою _____

Секретар ЕК

(науковий ступінь, вчене звання)

(підпис)

(прізвище, ім'я, по батькові)

АНОТАЦІЯ

Українець В.Р.. Програмно-апаратний комплекс інтерактивної пісочниці *Custom World*. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 122 – комп'ютерні науки. – Поліський національний університет, Житомир, 2021.

Дипломна робота присвячена розробленню програмно-апаратного комплексу інтерактивної пісочниці *Custom World*, який дозволяє реалізувати новітні підходи до навчання і досліджень в галузі природничих наук, а також є ефективним засобом для реабілітації дітей та дорослих. Проєкт реалізовано в рамках співпраці Поліського національного університету і ГО “Асоціація Ноосфера” на базі інжинірингової школи Ноосфера. Інтерактивна пісочниця демонструє особливості поверхонь планет Сонячної системи і фізичні процеси на них. Створені екземпляри інтерактивного експонату встановлено в Поліському університеті та планетарії міста Дніпро.

Робота містить 27 сторінок рисунків, 15 рисунків, 8 літературних джерел та 2 таблиці.

Ключові слова: доповнена реальність, інтерактивна пісочниця, інтерактивний експонат, програма, програмно-апаратний комплекс.

SUMMARY

Ukrainets V.R. Software and hardware complex of interactive sandbox *Custom World*. - Qualification work on the rights of the manuscript.

Qualifying work for a master's degree in specialty 122 - computer science. - Polissya National University, Zhytomyr, 2021.

Thesis dedicated to the developer of software and hardware complex of interactive literature *Custom World* allows you to implement the latest approaches to teaching and research in the field of natural sciences, and is an effective tool for the rehabilitation of children and adults. The project was implemented in cooperation between Polissya National University and the NGO "Noosphere Association" on the basis of the Noosphere Engineering School. The interactive sandbox demonstrates the features of the surfaces of the planets of the solar system and the physical processes on them. Copies of the interactive exhibit created at the University of Polissya and the Dnipro Planetarium have been created.

The work contains 27 pages, 15 drawings, 8 literature sources and 2 tables.

Key words: augmented reality, interactive sandbox, interactive exhibit, software, software and hardware complex.

ЗМІСТ

Анотація	стр. 3
Перелік умовних скорочень	5
Вступ	6
Розділ 1 Аналіз необхідності створення інтерактивних експонатів	8
1.1 Аналіз особливостей ринку інтерактивних експонатів	8
1.2 Технології створення інтерактивних експонатів	9
1.3 Висновки до першого розділу	11
Розділ 2 Розроблення програмно-апаратного комплексу інтерактивної пісочниці Custom World	12
2.1 Розроблення конструкції	12
2.2 Вибір апаратних засобів реалізації	16
2.3 Розроблення програмного забезпечення	18
2.4 Висновки до другого розділу	21
Розділ 3 Реалізація програмно-апаратного комплексу	22
3.1 Розроблення інтерфейсу	22
3.2 Керівництво користувача	23
3.3 Висновки до третього розділу	24
Висновки	25
Список використаних джерел	26
Додатки	27

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

AR – доповнена реальність

ПК – персональний комп'ютер

ДСП – деревинно-стружкова плита

ВСТУП

На сьогоднішній день важко уявити будь-яку сферу діяльності людини без сучасних технологій. Перед навчальними закладами та музеями все гостріше постає питання осучаснення своєї матеріально-технічної бази. В країнах з більш розвинутою економікою в останні роки відбувається перехід музеїв на матеріальне забезпечення з експонатами, створеними на основі технології доповненої реальності (англ. augmented reality, AR), з якими користувачі можуть взаємодіяти в реальному часі, відразу спостерігаючи зміни, зокрема на екрані свого смартфона.

Одним з найбільш перспективних експонатів з точки зору адаптації до різних проблемних напрямків є інтерактивна пісочниця, в якій користувач може своїми руками змінювати ландшафт, а за допомогою проектору та програмного забезпечення на поверхню піску відразу накладається зображення зі створеним, згідно кольорових карт, рельєфом місцевості. Представлені на ринку програмно-апаратні рішення інтерактивних пісочниць мають низку недоліків, зокрема низьку якість передачі кольору на пісок, повільна реакція на зміну ландшафту піску користувачем, застосування обмеженої кількості сценаріїв, відсутність рішень по сценаріям взаємодії в галузі космічної тематики. Тому створення інтерактивної пісочниці на космічну тематику є актуальним завданням.

Метою дипломної роботи є створення програмно-апаратного комплексу інтерактивної пісочниці *Custom World* як рішення для планетаріїв та освітньо-наукових хабів, яке забезпечить ефективну взаємодію з користувачем та збільшить рівень зацікавленості дітей та юнацтва до вивчення космосу.

Завданням дипломної роботи є:

1. Аналіз необхідності створення інтерактивних експонатів;
2. Розроблення програмно-апаратного комплексу інтерактивної пісочниці *Custom World*.

3. Реалізація програмно-апаратного комплексу.

Об'єктом дослідження є процес розробки та створення інтерактивної пісочниці *Custom World*.

Перелік публікацій автора за темою дослідження:

1. Українець В.Р. Гейміфікація вивчення космосу дітьми на прикладі інтерактивної пісочниці. XXIII Міжнародна молодіжна науково-практична конференція «Людина і космос»: збірник тез, НЦАОМ, Дніпро, 2021. С. 55.
2. Українець В.Р. Аналіз та порівняння сучасних PHP FRAMEWORKS. Інформаційні технології та моделювання систем: матеріали всеукраїнської студентської науково-практичної конференції, м. Житомир, 25 квітня 2019 р. Житомир: ЖНАЕУ, 2019. С. 31-32.

Практичне значення отриманих результатів. Програмно-апаратний комплекс інтерактивної пісочниці *Custom World* встановлено у Поліському національному університеті та у оновленому планетарії міста Дніпро. Експонат отримує позитивні відгуки від відвідувачів планетарію і персоналу, що працює з ним. Отримано рекомендації від психолога щодо доцільності використання інтерактивної пісочниці з кінетичним піском у реабілітаційних цілях.

Дипломна робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел. Дипломна робота містить 15 рисунків. Загальний обсяг роботи 27 сторінок.

Розділ 1. Аналіз необхідності створення інтерактивних експонатів

1.1. Аналіз особливостей ринку інтерактивних експонатів

Доповнена реальність є сучасним та потужним інструментом для подання інформації. Програмне забезпечення та апаратні рішення на основі технології доповненої реальності широко використовуються у навчальних закладах та музеях по всьому світу. Сучасне покоління здобувачів освіти набагато краще засвоює візуальну інформацію у вигляді графічного та відео матеріалу, з яким можна взаємодіяти, ніж застарілі друковані видання й моделі, які використовуються у навчальних, культурно-освітніх та науково-дослідних закладах України.

Використання технологій доповненої реальності в освітньому процесі забезпечує більшу наочність матеріалу який викладається та більшу зацікавленість учасників освітнього процесу. Завдяки використанню сучасних технологій користувач може побачити фізичні та хімічні явища, які не можна побачити наяву через відсутність компонентів або спеціалізованого обладнання.

Одною з головних переваг використання технології доповненої реальності є доступність, для використання програмних засобів на основі AR користувачу потрібно мати лише смартфон, на який він встановлює програмне забезпечення. Ринок навчальних технічних засобів на основі доповненої реальності в Україні є молодим та незаповненим. Наразі налічується всього 5 компаній, 4 з яких займаються перепродажем та не мають власних розробок та інновацій.

На сьогодні в Україні налічується більше ніж 600 музеїв та більше ніж 15 тисяч навчальних закладів, матеріально-технічна база більшості з них є застарілою, та часто не здатна задовольнити вимоги сучасного споживача, тому перед ними постає питання використання сучасних технологій.

Одним з прикладів використання доповненої реальності в планетарії може стати

планетарій м. Дніпро, в якому є інтерактивна пісочниця, за допомогою якої діти пізнають та вивчають інші планети, зірки і явища на них, та AR – стіна, на якій за допомогою смартфона та встановленого програмного забезпечення користувачі можуть спостерігати за розвитком літальних апаратів по рокам. Такий підхід дозволяє навчати молодше покоління за допомогою гри, тим самим отримуючи більшу їх зацікавленість у навчальному процесі.

1.2. Технології створення інтерактивних експонатів

Наразі узагальненого визначення терміну інтерактивність немає, але прийнято вважати, що інтерактивність – це принцип організації системи, при якому мета досягається інформаційним обміном елементів цієї системи. Елементами інтерактивності є всі елементи взаємодіючої системи, за допомогою яких відбувається взаємодія з іншою системою / людиною (користувачем) [1]. На сьогодні музеї почали інвестувати в сенсорні екрани для передачі інформації, але назвати це повноцінним інтерактивним експонатом не можна, тому що такі пристрої лише надають інформацію про музей, або про експонат, поруч з яким вони розташовані, але вони не здатні якимось чином підвищити рівень зацікавленості відвідувача.

Основним інструментом для створення інтерактивних експонатів на сьогодні є доповнена реальність, музеї замовляють цифрові копії своїх експонатів, та створення спеціального програмного забезпечення, за допомогою якого музейні експонати «оживають» на екрані смартфона, або планшету. Також все частіше в музеях встановлюють програмно-апаратні комплекси на основі доповненої реальності, наприклад віртуальна примірочна, підійшовши до якої користувач може віртуально одягнути на себе космічний скафандр, або стародавній одяг.

Доповнена реальність — це визначення, яке поєднує всі проекти, спрямовані на доповнення існуючої реальності будь-якими графічними елементами. Вважається, що

вперше термін доповнена реальність був запропонований дослідником Томом Коделом у 1990 році, коли той співпрацював з корпорацією Boeing [2].

Для отримання візуальної інформації, при створенні інтерактивних експонатів частіше всього використовується камера Kinect. Kinect – ігровий контролер, який був представлений у 2009 році для ігрової консолі Xbox 360. Kinect – дозволяв гравцям взаємодіяти з консоллю за допомогою рухів. Контролер складається з 2 вимірювачів глибини, камери та комплекту мікрофонів[3]. Зовнішній вигляд камери Kinect подано на рисунку 1.1



Рисунок 1.1 – Камера глибинного зору Kinect

Головною перевагою Kinect є його доступність у порівнянні зі схожими пристроями, камера Kinect є не менш функціональною та значно дешевшою ніж схожі пристрої інших виробників.

Kinect може з високою точністю визначати відстані до об'єктів та локалізувати джерела звуку, концентруючись лише на людському голосі. Ці можливості дозволяють створювати висотні карти, та виконувати об'ємне сканування об'єктів та поверхонь, що є необхідним для створення інтерактивних експонатів. Використовуючи можливість створення карти висот, можна змоделювати ландшафти

різних планет та космічних тіл, що є необхідним для створення інтерактивної пісочниці.

Висновки до розділу першого

В результаті проведеного аналізу, було визначено, що технічно-матеріальна база сучасних музеїв та освітніх закладів є застарілою та потребує оновлення. Використання технічних засобів, створених з використанням сучасних технологій дозволяє значно підвищити зацікавленість учасників освітніх закладів та підвищити рівень їх знань.

Встановлено, що для створення програмно-апаратного комплексу інтерактивної пісочниці зазвичай використовується технологія доповненої реальності з вимірюванням висот через камеру Kinect та формуванням карти висот за допомогою отриманих даних. Такий підхід дозволяє повністю реалізувати поставлені цілі по створенню програмно-апаратного комплексу інтерактивної пісочниці *Custom World*.

Розділ 2. Розроблення програмно-апаратного комплексу інтерактивної пісочниці Custom World

2.1 Розроблення конструкції

Корпус програмно-апаратного комплексу інтерактивної пісочниці *Custom World* виконано з ДСП та підсилено металом всередині, це забезпечує міцність конструкції та можливість легкого її доопрацювання у випадку необхідності. Висота всієї конструкції підбиралась за декількома параметрами:

- середній зріст у дітей віком від 6 до 12 років;
- фокусна відстань проектору;
- середня висота стелі у навчальних закладах.

В якості наповнювача для пісочниці було обрано кінетичний пісок, так як він не забруднює руки та не створює пилу, що могло б заважати нормальній роботі техніки та шкодити здоров'ю користувачів. Кінетичний пісок – це іграшка, яка створена для розваг, вона містить в собі кварцевий пісок та силіконові масла. Кінетичний пісок має вигляд звичайного піску, але має консистенцію пластиліну та не прилипає до рук і не створює пилу[4]. Розміри конструкції приведено в табл. 2.1.

Таблиця 2.1. – Розміри конструкції.

	Висота	Довжина	Ширина
Розміри програмно-апаратного комплексу інтерактивної пісочниці, мм	2500	1100	1000

Конструкція програмно-апаратного комплексу інтерактивної пісочниці *Custom World* складається з боксу, внизу якого знаходиться тумба під електроніку, а на верху бокс з кінетичним піском. До боксу гвинтами, зображеними на рисунку 2.1 прикручена колона.



Рисунок 2.1 – Гвинт типу «Меблева стяжка»

На верхній частині колони, за допомогою кріплення зображеного на рисунку 2.2 закріплений проектор.



Рисунок 2.2 – Кріплення для проектору

Так як висота встановлення проектору більше довжини стандартних кабелів, то для підключення проектору до ПК було використано HDMI-подовжувач та подовжувач кабелю живлення. Також, за допомогою розробленого та надрукованого кріплення на вершині колони встановлено камеру глибинного зору Kinect, 3D модель тримача представлено на рисунку 2.3.

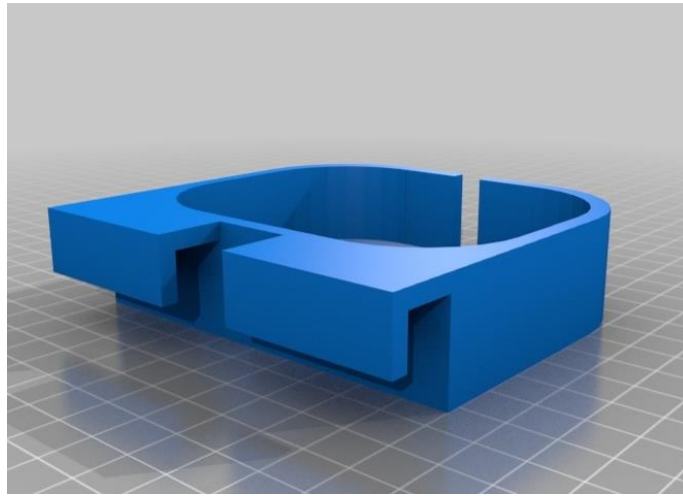


Рисунок 2.3 – Кріплення для камери Kinect

Додатково, програмно апаратний комплекс інтерактивної пісочниці *Custom World* може бути обладнаний системами підігріву та охолодження піску за допомогою повітря. Охолодження здійснюється продувкою піску кімнатним повітрям, а підігрів за допомогою спеціального, вентиляційного нагрівача. Продування піску здійснюється за допомогою каналного вентилятора, зображеного на рисунку 2.4.



Рисунок 2.4 – Канальний вентилятор

Загальне креслення конструкції приведено на рисунку 2.5, на ньому зображені бокс з піском та колона, їх розміри, товщина стінок та інші параметри.

2.2. Вибір апаратних засобів реалізації

Виходячи з поставлених задач, для керування програмно-апаратним комплексом було вирішено використовувати ПК на базі процесору Intel Core i3, повні характеристики ПК приведено у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Характеристики ПК

Тип	Модель
Процесор	Intel Core i3 8100
Графічний адаптер	ASUS GTX 1060 6GB
Оперативна пам'ять	Kingston 16GB X2KIT
Постійна пам'ять	Kingston 256GB SSD
Материнська плата	MSI H310M-PRO

Виходячи з результатів аналізу технічних засобів для створення інтерактивних експонатів у якості камери глибинного зору було обрано Kinect з номером моделі 1414 та відповідний адаптер-блок живлення для нього. Адаптер для камери Kinect зображено на рисунку 2.6.



Рисунок 2.6 – Адаптер живлення для Kinect

Для відображення графіки на поверхні піску було обрано проектор Epson EB X05, який зображено на рисунку 2.7, він обладнаний системою регулювання фокусної відстані та має можливість рухати картинку по поверхні. Головні переваги цього проектору, це тиха робота та мала тепловіддача, що є важливим для експозиційних зон.



Рисунок 2.7 – проектор Epson EB X05

Для системи охолодження піску було обрано вентилятор Вентс ВКМ 150 ЕС, так як він має достатню потужність для продування повітря по вентиляційним каналам пісочниці, низький рівень шуму та низьке енергоспоживання, а також обладнаний всіма необхідними системами захисту, що важливо в експонатах, які розраховані на дітей.

В якості нагрівача було обрано каналний нагрівач Вентс 150-1,2-1 У, він здатний швидко розігріватися, та давати тепле повітря, а також обладнаний всіма необхідними системами захисту, такими як: захист від короткого замикання та захист від перегріву.

Для керування системами охолодження та підігріву було обрано твердотільні реле SSR-25 DA, ці реле спеціально створені для керування потужними двигунами та нагрівачами, мають радіатор для відводу тепла, та керуються постійним током. Головною перевагою таких реле є те, що вони не можуть заклинити у відкритому

положенні, це унеможливило випадки, коли після вимкнення системи продувки повітря нагрівач залишається увімкненим.

У якості керуючого пристрою для реле було обрано мікрокомп'ютер Arduino UNO, він здатний давати керуючий сигнал на реле SSR-25 DA, та отримувати інформацію від ПК через віртуальний COM-порт.

Для керування програмно-апаратним комплексом інтерактивної пісочниці *Custom World* обрано сенсорний монітор Asus VT168H, він має компактний розмір, hdmi – роз'єм та підтримує multi-touch до 10 одночасних натискань. Монітор

2.3. Розроблення програмного забезпечення

Програмне забезпечення інтерактивної пісочниці розроблено на мові програмування C++ з використанням фреймворку OpenFrameWorks. Фреймворк обирався по декільком параметрам:

- Мова програмування, яка лежить в основі фреймворку;
- Можливість швидкої взаємодії з камерою глибинного бачення Kinect 1414;
- Наявність готових бібліотек для розроблення інтерфейсу.

Виходячи з цих потреб було проведено аналіз декількох фреймворків та обрано найбільш відповідний з них.

Програмне забезпечення інтерактивної пісочниці моделює графічний контент на основі даних про висоти піску отриманих від камери Kinect. Графічний контент створюється з використанням кольорових карт, за допомогою яких можна задати різні рівні ландшафту, та створювати ландшафти різних планет.

Для початку створення програмного забезпечення необхідно встановити середовище розробки Microsoft Visual Studio 2015 та завантажити відповідну версію OpenFrameworks. Через вбудований у OpenFrameworks генератор проєктів було створено проєкт з підключенням необхідних модулів, що зображено на рисунку 2.8.


```

<key>
  <height>-170.00000000</height>
  <color-r>0</color-r>
  <color-g>30</color-g>
  <color-b>100</color-b>
</key>
<key>
  <height>-150.00000000</height>
  <color-r>0</color-r>
  <color-g>50</color-g>
  <color-b>102</color-b>
</key>
<key>
  <height>-125.00000000</height>
  <color-r>19</color-r>
  <color-g>108</color-g>
  <color-b>160</color-b>
</key>
<key>
  <height>-7.00000000</height>
  <color-r>61</color-r>
  <color-g>54</color-g>
  <color-b>249</color-b>
</key>
<key>
  <height>-2.00000000</height>
  <color-r>135</color-r>
  <color-g>206</color-g>
  <color-b>250</color-b>
</key>

```

Рисунок 2.10 – Кольорова карта сценарію взаємодії земля

Так як проектор є окремим пристроєм, який система вважає додатковим монітором, було створено додаткове вікно, яке автоматично набуває необхідних розмірів та запускається на додатковому екрані. В це вікно відбувається виведення змодельованого зображення інтерактивної пісочниці, що зображено на рисунку 2.11.

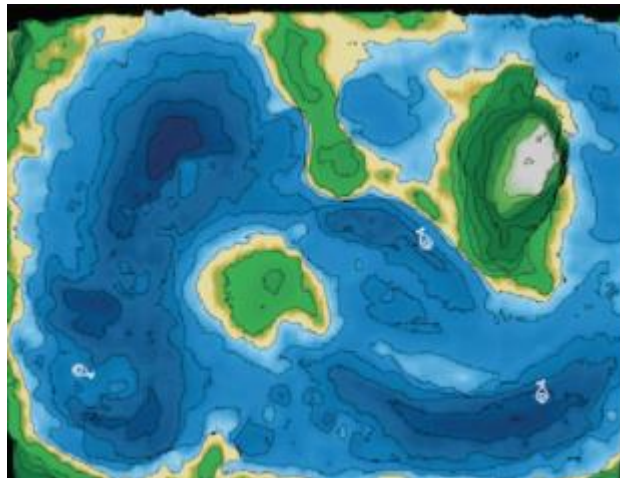


Рисунок 2.11 – Додаткове вікно з виводом

Для додавання віртуальних об'єктів на поверхню піску було використано `void`-контролер, що дозволило реалізувати на поверхні піску відображення та рухи тварин, техніки та інших об'єктів.

Так як програмно-апаратний комплекс має відображати різні поверхні та ландшафти, то наступним кроком стало розроблення системи сценаріїв взаємодії, що

дозволяє створювати нові сценарії за допомогою зміни кольорових карт.

Після створення всіх основних модулів програмного забезпечення було зроблено підключення всіх підсистем та повний запуск програмно-апаратного комплексу. Результат запуску зображено на рисунку 2.13.

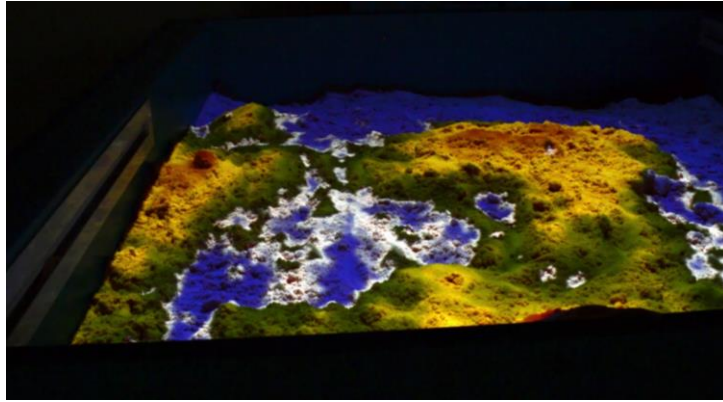


Рисунок 2.13 – Робота програмного забезпечення

Висновки до другого розділу

У другому розділі було визначено розміри конструкції та розроблено її креслення. Було обрано апаратні засоби реалізації програмно-апаратного комплексу інтерактивної пісочниці *Custom World*. Виконано розробку та перевірку роботи програмного забезпечення інтерактивної пісочниці. Розробку всіх необхідних модулів, системи калібрування та створення сценаріїв. В результаті було розроблено та перевірено робочу версію програмного забезпечення інтерактивної пісочниці.


```

<?php
    if ( isset($_POST['text']) ) {
        $str = $_POST['text'];
        $fd = fopen("software/rmt.txt", 'w');
        fwrite($fd, $str);
        fclose($fd);
        die($_POST['text']);
    }
?>

```

Рисунок 3.2 – Код обробник запитів

Такий підхід до розробки інтерфейсу дозволяє спростити керування програмно-апаратним комплексом інтерактивної пісочниці *Custom World* та мінімізувати витрати часу на навчання персоналу, що буде працювати та обслуговувати пісочницю. Також перевагою використання web-інтерфейсу є можливість внесення змін до нього без змін у основному програмному забезпеченні комплексу, що значно спрощує випадки, коли необхідно замінити назву сценарію взаємодії, виправити помилку, або замінити якусь з картинок. Також перевагою такого підходу є можливість керування з декількох пристроїв одночасно, що може бути використано в майбутніх сценаріях взаємодії з програмно-апаратним комплексом інтерактивної пісочниці *Custom World*.

3.2. Керівництво користувача

Першим кроком для початку використання інтерактивної пісочниці є підключення її до мережі живлення 220V та запуск, шляхом натискання на кнопку ввімкнення, що знаходиться на лицевій стороні пісочниці. В автоматичному режимі буде запущено встановлений всередині персональний комп'ютер та проектор.

Після запуску ПК відбудеться автозавантаження програмного забезпечення інтерактивної пісочниці, та перевірка на калібрування. У випадку якщо всі перевірки пройдено, користувач має натиснути на кнопку «Запуск», що знаходиться у

верхньому, правому куті вікна програмного забезпечення. У разі успішного запуску, на поверхні піску буде відображено ландшафт стартового сценарію «Земля».

У випадку, якщо з якихось причин пристрій не запускається, не працюють деякі функції, або було збито калібрування, необхідно відімкнути його від живлення та звернутися до команди розробників для вирішення проблем.

Після завершення роботи з пристроєм, необхідно вимкнути його шляхом натискання на кнопку вимкнення, та відімкнути його від живлення.

Висновки до розділу третього

У цьому розділі дипломної роботи було розроблено інтерфейс, який забезпечує зручне та зрозуміле керування програмно-апаратним комплексом інтерактивної пісочниці *Custom World*. Також було розроблено інструкцію користувача, для правильного запуску експонату, описані процедури запуску інтерактивної пісочниці та дії, у випадку виникнення неполадок.

ВИСНОВКИ

В сучасних умовах швидкого технічного розвитку навчальним закладам та музеям необхідно осучаснювати матеріально-технічну базу. Найбільш перспективним варіантом для осучаснення в таких закладах є інтерактивні експонати, які здатні підвищити рівень залученості та зацікавленості до процесу навчання та пізнання інформації. Завдяки співпраці з планетарієм у місті Дніпро та в рамках функціонування інжинірингової школою Noosphere було спроектовано та реалізовано проєкт інтерактивної пісочниці *Custom World*. Мета проєкту полягала в створенні ефективного та сучасного інструменту для навчання у формі гри.

В результаті дипломного проєктування було розроблено проєкт інтерактивної пісочниці, що виконано у вигляді боксу з піском та колони з проєктором і камерою глибинного зору. Спроектовано та надруковано 3Д моделі необхідних кріплень. Створено програмне забезпечення для програмно-апаратного комплексу та проведено його тестування. Описано процес налаштування та запуску інтерактивної пісочниці та дії у випадку технічних неполадок.

Отже використання інтерактивних пристроїв в музеях та освітніх закладах є перспективним шляхом розвитку та дозволяє значно підвищити рівень зацікавленості та залученості до процесу навчання та пізнання інформації у формі гри.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Інтерактивність: веб-сайт. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%86%D0%BD%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C> (Дата звернення: 31.05.2021).
2. Доповнена реальність: веб-сайт. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%B2%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B0_%D1%80%D0%B5%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C (Дата звернення: 31.05.2021).
3. Kinect: веб-сайт. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Kinect> (Дата звернення: 31.05.2021).
4. Кінетичний пісок: веб-сайт. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D1%96%D0%BD%D0%B5%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%BF%D1%96%D1%81%D0%BE%D0%BA (Дата звернення: 31.05.2021).
5. Kinect , кинект – как устроен и работает: веб-сайт. URL: <http://aver.ru/interesno/kinect-kinekt-kak-ustroen-i-rabotaet/> (Дата звернення: 31.05.2021).
6. Язык программирования C++: веб-сайт. URL: <https://learn-code.ru/yazykiprogrammirovaniya/cpp> (Дата звернення: 1.06.2021р).
7. Методичні рекомендації щодо виконання та захисту кваліфікаційної роботи для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіт спеціальності 122 «Комп’ютерні науки» / К.В. Молодецька, В.В. Воротніков, І.Ю. Черепанська, О.В. Маєвський. – Житомир: Поліський національний університет, 2020 - 40с.
8. Бьерн Страуструп Язык программирования C++. Специальное издание: 2017. 1136 с.
9. Documentation | openFrameworks: веб-сайт. URL:

<https://openframeworks.cc/documentation/> (Дата звернення: 1.06.2021р).

10. Базієвський С.Д., Дмитришин В.Ф. Взаємозамінність стандартизація та технічні вимірювання: Київ, 2004. 504 с.
11. В. П. Большаков, В. Т. Тозик, А. В. Чагина Инженерная и компьютерная графика: Петербург, 2012. 288 с.
12. Герасимов А.А. Самоучитель КОМПАС-3D v19. Петербург: БХВПетербург, 2021. 624 с.
13. Никонов В. В. КОМПАС-3D: создание моделей и 3D-печать: Питер, 2020. 208 с.
14. Стефанов Е.В. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Петербург, 2005. 402 с.
15. Дэвид Флэнган JavaScript – Подробное руководство. 5-е издание, 2008. 992 с.
16. В. Большаков, А. Бочков Основы 3D-моделирования. Изучаем работу в AutoCAD, КОМПАС-3D, SolidWorks, Inventor: Питер, 2012. 304 с.
17. Валерий Косенко Технологія конструкційних матеріалів та матеріалознавство. Конспект лекцій: Київ, 2012. 252 с.
18. І. Симдянов, Д. Котеров РНР 7 В подлиннике. БХВ-Петербург, 2020. 1088 с.
19. Е. Мейер CSS – Карманный справочный. Диалектика, 2020. 208 с.
20. Г. Шилдт С++ Полное руководство. Вильямс, 2016. 800 с.
21. Т. Кормен, Ч. Лейзерсон, Р. Ривест, К. Штайн Алгоритмы. Построение и анализ. Вильямс, 2016. 1328 с.
22. М. Фаулер Рефакторинг. Улучшение проекта существующего кода. Вильямс, 2016. 448 с.
23. В. Петин Практическая энциклопедия Arduino. ДМК Пресс, 2020. 166 с.
24. Д. Блум Изучаем Arduino. БХВ-Петербург, 2021. 544 с.
25. С. Прата Язык программирования С++. Диалектика, 2016. 1244 с.

ДОДАТКИ