

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХЕРСОНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК, ФІЗИКИ ТА  
МАТЕМАТИКИ  
КАФЕДРА ІНФОРМАТИКИ, ПРОГРАМНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА  
ЕКОНОМІЧНОЇ КІБЕРНЕТИКИ**

**МОДЕЛЮВАННЯ ТА РОЗРОБЛЕННЯ ДОДАТКУ ДОПОВНЕНОЇ  
РЕАЛЬНОСТІ З РОБОТОТЕХНІКИ**

**Кваліфікаційна робота (проект)**

на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

Виконав: студент 4 курсу 441 групи

Спеціальності: 121 Інженерія  
програмного забезпечення

Освітньо-професійної програми:

Інженерія програмного забезпечення

Корнієнко Олександр Миколайович

Керівник: доктор педагогічних наук,  
доцентка Валько Наталія Валеріївна

Спецкерівник: доктор педагогічних наук,  
професор Співаковський Олександр  
Володимирович

Рецензент: Кожевніков Дмитро, Senior  
Software Engineer (EPAM)

## ЗМІСТ

<b>ЗМІСТ</b> .....	2
<b>ВСТУП</b> .....	3
<b>РОЗДІЛ 1. Поняття доповненої реальності</b> .....	4
1.1. Доповнена реальність .....	4
1.2. Области застосування доповненої реальності .....	6
1.3. Огляд популярних AR-фреймворків .....	9
<b>РОЗДІЛ 2. Розробка додатку доповненої реальності</b> .....	16
2.1. Unity 3D .....	16
2.2. Фреймворк Vuforia .....	19
2.3. Моделювання додатку .....	23
2.4. Розробка додатку .....	24
<b>ВИСНОВКИ</b> .....	26
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b> .....	27
<b>ДОДАТКИ</b> .....	30
Додаток А.....	30

## ВСТУП

Актуальність впровадження технології доповненої реальності в освітній процес безсумнівно збільшить мотивацію до навчання, підвищить рівень засвоєння інформації за рахунок різноманітності та інтерактивності її візуального представлення.

Ця технологія має великий потенціал і тому вона активно розвивається. При взаємодії з об'єктами в доповненій реальності на мобільних телефонах або будь-яких інших пристроях (ПК або окуляри доповненої реальності) користувач дивиться на реальний світ через камеру свого пристрою і при цьому зображення доповнюється віртуальними об'єктами, інтегрованими в фізичне оточення. Вона містить в собі величезний потенціал, оскільки переносе елементи з віртуального світу в реальний, доповнюючи речі, які ми здатні бачити, чути та навіть відчувати.

**Метою роботи** є моделювання та розроблення додатку доповненої реальності з робототехніки

### **Завдання:**

- моделювання додатку доповненої реальності з робототехніки;
- дослідження технологій доповненої реальності;
- побудова моделі додатку;
- аналіз та вибір інструментів в роботі з доповненою реальністю;
- розроблення програмного продукту.

**Об'єктом дослідження** є додаток доповненої реальності з робототехніки

**Предметом дослідження** є засоби та розроблення додатку доповненої реальності з робототехніки

# РОЗДІЛ 1

## ПОНЯТТЯ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ

### 1.1 Доповнена реальність

Доповнена реальність (тобто AR) - це технологія, яка дозволяє створені за допомогою комп'ютера 3D елементи вбудовувати у поле зору людини. Якщо людина хоче побачити віртуальні об'єкти, які доповнюють звичну реальність, необхідно використати один із гаджетів:

Спеціальні окуляри або AR шолом;

Смартфон або планшет із встановленою програмою доповненої реальності.

Розширена реальність використовується для передачі інформації в Інтернеті, створення інтерактивних моделей, представлення продуктів та послуг, а також як креативний інструмент з великим потенціалом.

У чому основна різниця між віртуальною та доповненою реальністю: AR не створює нового віртуального світу, він лише доповнює існуючий. VR використовується для створення повнофункціональних комп'ютерних симуляцій з можливістю повного занурення.

Реальність AR часто є основою онлайн-ігор. Наприклад, кілька років тому Інтернет-гра Pokemon Go стала настільки популярною через можливість зловити Пікачу у власній вітальні.

Перша згадка про доповнену реальність відноситься до 1950-х років, коли режисер Мортон Хайліг задумався про розвиток кіно та залучення глядачів, використовуючи всі людські органи чуття.

У 1968 році Сазерленд першим створив систему доповненої реальності з використанням оптичного прозорого головного дисплея.

Наступним експериментатором у галузі доповненої реальності був Стів Манн, який у 1980 році винайшов перший апарат AR, який можна було носити на голові. Це було не зручно, але дозволяло накладати текст із зображення, що зберігається на ноутбучі, прихованого в рюкзаку тестера, на реальну картинку. Перші пристрої AR взагалі не були призначені для розважальних цілей. Цю технологію застосували вчені з корпорації Boeing: вона полегшила роботу монтажників літаків. Вони носили спеціальні шоломи, які мали напівпрозорі панелі дисплея. На них відображалася необхідна інформація: креслення, настанови та таблиці. Пристрої також були пов'язані з ноутбуками. З моменту свого винаходу технологія застосовується у військовому секторі, де вона розвивається найшвидше. Super Cockpit - це розумна система доповненої реальності для пілотів. Спеціальний шолом відображав текст у полі зору пілота, що містить всю інформацію, необхідну для швидкого прийняття рішень. Пізніше AR-інтерфейси також були розроблені для управління польотом.

AR почав користуватися популярністю, поширюючись на нові сфери життя. Наприклад, перші ігри з'явилися з використанням доповненої реальності та суміжних технологій. Під час запису спортивних матчів обладнання використовувалося для демонстрації траєкторії руху м'яча.

У 2009 році на сторінках журналу Esquire з'явилися спеціальні штрих-коди. Коли ви наведете на них камеру свого мобільного пристрою, ви зможете побачити зображення. Пізніше повнофункціональні гарнітури AR з'явилися у масовому виробництві, і Apple надала розробникам можливість вільно створювати додатки з доповненою реальністю в 3D.

Іноді додаткам доповненої реальності для роботи потрібен спеціальний маркер. Це може бути QR-код або штрих-код, а також будь-яке зображення, яке пристрій запрограмовано розпізнавати. Перевагою

маркерної технології є надійність: ця доповнена реальність рідше виходить з ладу. Коли ви вказуєте камеру телефону на контрольну позначку, на екрані з'являється зображення, яке доповнює реальність. Щоб гаджет розпізнавав маркери, потрібно встановити спеціальний додаток.

Хороший приклад доповненої реальності маркерами - Rich Kids Magic. Це програма, яка дозволяє дітям бачити, як оживають зображення на упаковках соків. На додаток до анімованих картинок, коли ви спрямовуєте екран телефону на спеціальний маркер, ви бачите інтерактивні презентації, які в ігровій формі розповідають про закони фізики.

AR без маркерів не пов'язаний з певним місцем розташування. Тож текст та зображення поверх звичайного малюнка може відображатися там, де хоче користувач. Наприклад, використовуючи додаток Headrix AR, користувачі можуть приміряти окуляри в Інтернеті. Програмне забезпечення розпізнає лице і розміщує 3D-модель окулярів, щоб замовник міг оцінити, підходить чи йому рамка та форма.

## **1.2 Области застосування доповненої реальності**

AR-технологія зручна та надзвичайно багатофункціональна. Ви можете швидко передавати інформацію, демонструвати роботу механізмів, влаштовувати творчі вистави та створювати за її допомогою оригінальні онлайн-ігри.

Ще однією важливою особливістю доповненої реальності є економія бюджету. AR дозволяє економити на різноманітних ресурсах - від паперу до персоналу. Медицина, військова сфера, роздрібна торгівля та ігри: доповнена реальність має багато переваг у всіх цих сферах.

Розширена реальність допомагає художникам, скульпторам та іншим творчим людям самовиражатися, не використовуючи дорогих

матеріалів. Але його застосування в галузі культури та мистецтва не обмежується створенням шедеврів із використанням сучасних технологій. Справжнє шоу було представлено в одному з музеїв Онтаріо з використанням AR. Кожен може побачити, як його експонати оживають. Все, що вам потрібно - це телефон із спеціальною програмою. Таке переосмислення мистецтва збільшило інтерес дітей та молоді до культурних цінностей.

Функції доповненої реальності дозволяють архітекторам вигідно представляти креслення та макети. Більше того, AR дозволяє легко перетворити порожній недобудований будинок на повнофункціональний житловий простір з оригінальним дизайном, світлом та меблями. Оригінальний додаток від LOOKINAR дозволяє архітекторам створювати унікальні візитні картки. Коли ви вказуєте на карту маркером, на ній з'являється модель будівлі, і ви можете переглядати її з різних сторін.

Однією з найважливіших функцій доповненої реальності є інформаційна. Ви не можете працювати без різноманітних презентацій у галузі освіти. Візуальне зображення предмета дослідження, отримане з використанням доповненої реальності в 3D, дозволяє школярам та студентам глибше зануритися у навчальний процес. Одним із прикладів є популярний додаток Jigsawspace. Він поєднує в собі інтерактивні 3D-моделі, завдяки яким можна вивчити принцип дії різних механізмів. Ця програма має великий потенціал, оскільки кожен може створити власну модель та поділитися нею з іншими користувачами. Однією з найважливіших функцій доповненої реальності є інформаційна. Ви не можете працювати без різноманітних презентацій у галузі освіти. Візуальне зображення предмета дослідження, отримане з використанням доповненої реальності в 3D, дозволяє школярам та студентам глибше зануритися у навчальний процес. Одним із прикладів є популярний додаток Jigsawspace. Він поєднує в собі інтерактивні 3D-моделі, завдяки

яким можна вивчити принцип дії різних механізмів. Ця програма має великий потенціал, оскільки кожен може створити власну модель та поділитися нею з іншими користувачами.

Коли доповнена реальність стала дуже доступною, вона зацікавила різних розробників ігор та розважальні програми. Доповнена реальність Пепсі свого часу вражала, радувала і навіть лякала перехожих. Інтерактивний екран, який був розташований на вулиці, фіксував на камеру дії, що відбувалися за ним, і це відео було доступно всім охочим і проходом. На цьому відео всі бачили вигадливі картини, наприклад метеорити, НЛО та страшні чудовиська. Свіжий та оригінальний підхід до реклами допоміг компанії збільшити продажі та кількість переглядів на YouTube, а люди отримували дуже яскраві емоції.

У промисловій галузі використання AR дозволяє спростити роботу співробітників - від інженерів-конструкторів до монтажників. Це чудовий спосіб швидко передати інформацію про об'єкт, не використовуючи ноутбук або роздруківки. Додаток 3D з доповненою реальністю від PTC призначений для розпізнавання об'єктів. Коли ви спрямовуєте камеру на пристрій, на екрані планшета або телефону відображається схема внутрішньої структури з усіма важливими компонентами.

У продажах AR є потужним маркетинговим інструментом. За допомогою спеціальних додатків, яскравих талісманів та незвичайних рекламних акцій легко привернути увагу цільової аудиторії до товару. Бренд Нора був створений для дитячого харчування, тому грайлива форма презентації продукту дуже корисна. Додаток для телефону оживляє смішних істот, яких діти звикли бачити на упаковках йогурту чи сиру. Молоді покупці могли спрямувати свою камеру на упаковку йогурту та отримати коробку для здобичі з одягом та аксесуарами для свого Хмелю. Їх будинок можна розмістити в будь-якому місці: вдома, у



дворі чи в школі, фантазія дитини нічим не обмежена. Результатом такої незвичайної PR-кампанії є відчутне збільшення продажів.

Доповнена та віртуальна реальність викликають великий інтерес серед працівників військово-промислового комплексу. У цій галузі вдалося отримати величезні вигоди від розробок вчених: використання AR економить бюджет і дозволяє в разі зменшити кількість отримання травм. Одним із прикладів є окуляри з доповненою реальністю для американських військових. Тактична доповнена реальність - це складна система, яка також складається з датчиків та лазерного прицілу. З його допомогою командири можуть швидко передавати сигнали та повідомлення солдатам, а самі військові отримують переваги під час стрільби.

Завдяки унікальним властивостям доповненої реальності, вона не конкурує з VR, але є окремим напрямком. AR-технології продовжують вдосконалюватися: зараз вчені зайняті розробкою спеціальних лінз, які можуть замінити телефони в майбутньому. Але навіть сучасні пристрої для роботи з доповненою реальністю відкривають масу можливостей для представників різних сфер: від художників до військових.

AR не створює нової реальності, але робить існуючу яскравішою та інформативнішою, що є основною відмінністю між віртуальною та доповненою реальністю. Сьогодні технологія стала доступною, що сприяє її поширенню в різних сферах життя. Якщо вчені продовжать вдосконалювати AR-пристрої, вони будуть широко розповсюджені найближчим часом.

Доповнена реальність (або AR) - це технологія, яка дозволяє вбудовувати 3D-елементи, створені за допомогою комп'ютера, у поле зору людини.

### **1.3 Огляд популярних AR-фреймворків**

Цей фреймворк залишив найкраще враження, і, мабуть, тому він коштує дорожче за інші. Для початку вони пропонують онлайн-студію для накладання простих статичних об'єктів доповненої реальності. Для цього вам потрібно завантажити цільове зображення в студію, додати об'єкти AR, згенерувати код JavaScript і вставити його у свій проект. Таким чином, вся візуалізація припадає на ArchitectView з SDK Wikitude JS. Студія виглядає так:

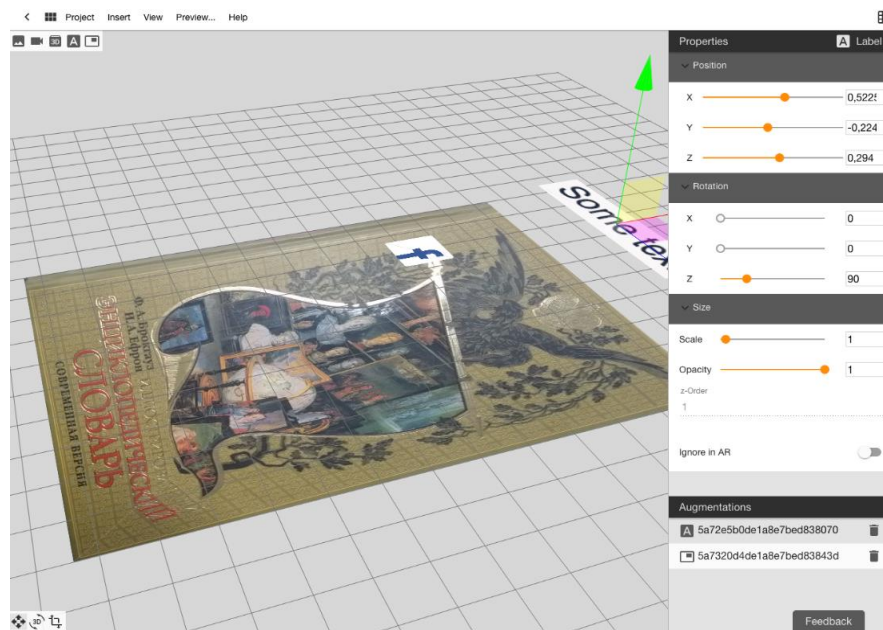


Рисунок 1.1 - Студія фреймворка Wikitude

Щоб розмістити прості статичні об'єкти, досить ініціалізувати ArchitectView за допомогою ліцензійного ключа розробника в нашому компоненті UI і передати шлях до середовища JS AR, створеного студією. У найпростішому випадку це все, що вам потрібно, щоб розпізнати цілі зображення та застосувати доповнену реальність. У цьому випадку Wikitude JS Android SDK опікується всією роботою, пов'язаною з розпізнаванням та візуалізацією.

Але як щодо рідного?

При необхідності ви можете перенести json-об'єкти з коду JS у власний код. Для цього вам потрібно реалізувати ArchitectJavaScriptInterfaceListener і додати слухач до ArchitectView.

Але що, якщо ми хочемо взяти на себе рендеринг і додати динаміку до нашого AR або якось налаштувати поведінку? Для цього ви можете написати свій власний код JS, використовуючи Wikitude JS SDK, або якщо нам потрібна продуктивність та повний контроль над рендерингом, тоді Wikitude надає власний SDK.

Для роботи з цим розширенням нам потрібно передати `wikitudeSdk` реалізацію інтерфейсу `ImageTrackerListener`, яка містить зворотні виклики для розпізнавання об'єктів, втрат тощо та посилання на наш власний візуалізацію (це може бути `InternalRendering` або `ExternalRendering`). По суті, це означає, що у внутрішній реалізації `GLSurfaceView` надається Wikitude SDK, а у зовнішній весь `OpenGL` лягає на плечі розробника. У цьому випадку студія використовується лише для генерації бази даних `wtc` цільових зображень, які ми потім відстежуємо.

Крім того, цей фреймворк підтримує роботу з єдністю та інтеграцію плагінів `C++`.

На жаль, EasyAR не надає жодних інструментів для полегшення життя розробнику. Все, що ми маємо - це SDK, інструкції щодо запуску їх прикладів, невелика документація, що описує основні принципи розпізнавання об'єктів та документація для `C++`, в принципі достатньо ознайомитись із класами SDK, адже все середовище - це обгортка над плюсами.

Цілі - це зображення та їх опис у форматі `json`. Для роботи нам потрібен `CameraDevice` для забезпечення доступу до камери, `CameraFrameStreamer` для передачі даних з камери на трекер і сам `ImageTracker`. Для відстеження цілей ми постійно опитуємо статус відстежувача.

Документація містить лише основні принципи та специфікацію класів. На даний момент вичерпних повноцінних посібників немає, тому для того, щоб зрозуміти, як вбудувати фреймворк у свій проект,

потрібно зрозуміти їх приклади. У прикладах код змішаний: візуалізація залежить від стандартного OpenGL та їх внутрішніх структур даних, а також вона жорстко закодована для цільових зображень та камери.

Vuforia, як і Wikitude, є досить потужним інструментом. У них також є Інтернет-студія, але вона може генерувати лише базу цільових зображень і показувати моменти, за якими відбувається розпізнавання:

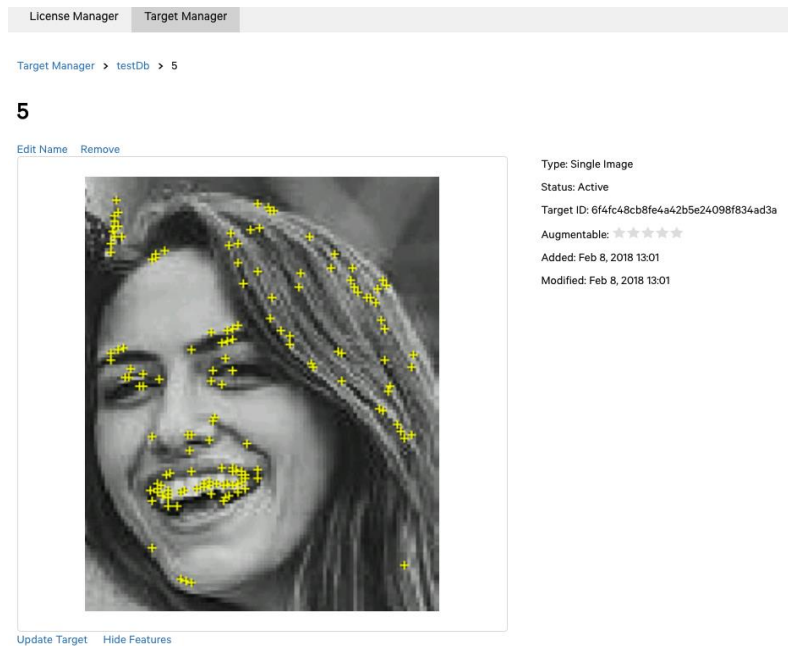


Рисунок 1.2 - Розпізнавання обличчя фреймворком Vuforia

Але на відміну від Wikitude, тут ви можете завантажити зображення, кубовид, циліндр або 3D-об'єкт як цілі.

Загалом, їх приклади подібні до прикладів EasyAR, але існує різниця між візуалізацією, середовищем AR та компонентами програми. Тому легше зрозуміти їх код, і не складе труднощів вирізати будь-які компоненти та негайно використовувати їх у своєму проєкті, не вникаючи в деталі реалізації. Крім того, цей фреймворк має більш обширну документацію в порівнянні з EasyAR, але вони узагальнили її для всіх платформ і зробили приклади з використанням сип-подібного псевдокоду, якого у Wikitude не було.

Що таке ARCore?

ARCore - це інструмент розробки програмного забезпечення, розроблений Google, який дозволяє створювати додатки з доповненою реальністю.

ARCore використовує три ключові технології для "перенесення" віртуального вмісту в реальний світ:

1. Відстеження руху: це дозволяє смартфону зрозуміти своє становище в реальному світі.
2. Розуміння довкілля: це дозволяє смартфону визначати розмір та розташування всіх типів поверхонь (вертикальних, горизонтальних та кутових).
3. Оцінка освітленості: це дозволяє смартфону оцінювати поточні умови освітлення навколишнього середовища.

Як він працює?

Ви коли-небудь замислювались, чому більшість додатків доповненої реальності вимагають від вас переміщення камери по кімнаті, щоб виявити в ній поверхні? Це необхідно для того, щоб програма могла побудувати власний віртуальний світ на основі фізичного. ARCore в цьому плані нічим не відрізняється.

Коли ви пересуваєте телефон, ARCore запам'ятовує навколишнє середовище і будує власний світ, в якому може розміщувати віртуальні об'єкти. Він також використовує технологію відстеження руху, щоб визначити, як рухаються певні об'єкти, на основі рухів вашої камери.

Ось чому, коли ви розміщуєте віртуальний об'єкт у своїй кімнаті, виходите назад і назад, об'єкт все ще там. ARCore створив власний віртуальний світ, в якому пам'ятає, де знаходиться кожна деталь.

Коли ви розміщуєте об'єкт у цьому просторі, ARCore обчислює його положення по відношенню до інших об'єктів, а коли ви повертаєтесь туди ж, об'єкт відображається знову.

ARToolKit - це набір бібліотек програмного забезпечення, які можна використовувати в додатках AR. Головною перевагою бібліотеки

є її відкритий вихідний код. Тобто бібліотека поширюється абсолютно безкоштовно.

Основні особливості ARToolKit включають:

- розпізнавання 2D-формату;
- відображення надбудов через OpenGL.

Бібліотека призначена для відстеження в кадрі камери мобільного пристрою заздалегідь відомих квадратних маркерів об'єктів і відображення їх положення в просторі на екрані. За допомогою цих даних створюється інтерфейс доповненої реальності.

ARToolKit підходить для роботи на різних платформах: Android, iOS, Windows, Linux, Mac OS X, SGI. Кожна конкретна операційна система потребує власного середовища розробки. Безкоштовні середовища доступні на всіх платформах.

Незважаючи на вільний доступ до бібліотеки, документація для розробників дуже обмежена. Існують тестові програми, але не всі вони можуть бути створені. Зразок коду представлений погано, і немає інформації про подальший розвиток бібліотеки.

Функціональна бібліотека Kudan включає в себе:

- розпознавання зображень;
- відображення доповнення на основі положень користувача та розподілених зображень;
- безмаркерне відслідкування об'єктів (без реперних точок, лише на основі реальних характеристик об'єкта - углів, вигинів або текстур);
- відображення доповнення через окремий компонент-обертку над OpenGL.

Кудан відрізняється від інших фреймворків швидкою дією, дозволяє додаткам відображати мультиполігональні моделі в реальному світі та імпортувати 3D-моделі безпосередньо з популярних програм за моделюванням та анімацією. До додаткового плюсу можна віднести

відсутність обмеження на кількість розпізнаваних зображень та малий обсяг пам'яті, необхідний для зберігання файлів на девайсах.

Розробники можуть використовувати базову документацію при створенні бібліотеки, однак керівництво за користуванням не надто детально та вимагає пошуку додаткової інформації. Крім того, існує ризик, що при створенні додатків не може бути використано вбудовані можливості бібліотеки, а також доступна версія OpenGL відсутня.

У цілому, попередньому перегляді в нашому огляді бібліотеки доповненої реальності надається широкий спектр можливостей розробки - від підтримки різних операційних систем до розроблених інструментів для розробки та відстеження об'єктів.

Тим не менше, зупинившись перед вибором конкретного фреймворка, розробник важливо зрозуміти, що він отримав у своєму розпорядженні. Частина інструментів можна використовувати безкоштовно, просто зайдіть на сайт або скачайте невелику програму. Інші вимагають укладення партнерських відносин та регулярної плати, але при цьому забезпечуються більш різноманітні та якісні функції. Детальний вибір у використанні визначеної AR-бібліотеки, перед тим, як відтолкатись від завдань свого проекту, від запланованих результатів та запропонувати їх із можливостями обраних рішень.

Як випливає з назви фреймворку, ви можете використовувати його для перегляду оточення через "шари", що відображаються на екрані мобільного пристрою.

Підтримка LayAR:

- розпізнавання зображень;
- відображення доповнень на основі позиції користувача та розпізнаних зображень.

Кожен із шарів LayAR може містити інформацію про місцезнаходження окремих географічних розташувань або користувачів соціальних мереж. Крім того, використання функціональних

можливостей цієї бібліотеки в додатку розширює можливості друкованої продукції. Наприклад, ви можете зробити покупку в каталозі або послухати музичний твір, про який писали в журналі.

Вся робота з бібліотекою відбувається на сервері через JSON, включаючи логіку для відображення додаткових елементів під час розпізнавання. Через те, що вся конфігурація відбувається на сервері, робота з фреймворком не надто гнучка.

## РОЗДІЛ 2

### РОЗРОБКА ДОДАТКУ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ

#### 2.1 Unity 3D

Unity - це міжплатформене середовище розробки комп'ютерних ігор. Unity дозволяє створювати додатки, що працюють у понад 20 різних операційних системах, включаючи персональні комп'ютери, ігрові консолі, мобільні пристрої, веб-програми тощо. Unity вийшов у 2005 році і з тих пір постійно розвивався.

Основними перевагами Unity є наявність візуального середовища для розробки, підтримка міжплатформної платформи та модульна система компонентів. До недоліків можна віднести появу труднощів при роботі з багатокomпонентними схемами та труднощів при підключенні зовнішніх бібліотек.

Тисячі ігор, додатків та симуляцій написані в Unity, охоплюючи багато платформ і жанрів. При цьому Unity використовується як великими розробниками, так і незалежними студіями.

Редактор Unity має простий інтерфейс Drag & Drop, який легко налаштувати, що складається з різних вікон, тому ви можете налагодити гру прямо в редакторі. Механізм підтримує дві мови сценаріїв: C #, JavaScript (модифікація). Раніше була підтримка Boo (діалект Python),



але її було видалено у версії 5. Фізичні обчислення виконуються фізичним двигуном PhysX від NVIDIA.

Проект в Unity розділений на сцени (рівні) - окремі файли, що містять їх ігровий світ із власним набором об'єктів, сценаріїв та налаштувань. Сцени можуть містити як, власне, об'єкти (моделі), так і порожні ігрові об'єкти - об'єкти, що не мають моделі ("манекен"). Об'єкти, в свою чергу, містять набори компонентів, з якими взаємодіють сценарії. Крім того, об'єкти мають назву (в Unity допускаються два або більше об'єктів з однаковими іменами), може бути тег (мітка) і шар, на якому він повинен відображатися. Отже, будь-який об'єкт на сцені повинен мати компонент Transform - він зберігає координати розташування, обертання та розміру об'єкта вздовж усіх трьох осей. Об'єкти з видимою геометрією також мають за замовчуванням компонент Mesh Renderer, що робить об'єктну модель видимою.

Зіткнення можуть застосовуватися до об'єктів (в Unity, так званих колайдерах), яких існує кілька типів.

Єдність також підтримує фізику твердих тканин і тканин, а також фізику Редолла. Редактор має систему успадкування об'єктів; дочірні об'єкти будуть повторювати всі зміни положення, обертання та масштабу батьківського об'єкта. Скрипти в редакторі приєднуються до об'єктів як окремі компоненти.

Під час імпорту текстури в Unity ви можете генерувати альфа-канал, рівні мип, карту нормалей, карту світла, карту відображення, але ви не можете прикріпити текстуру безпосередньо до моделі - буде створений матеріал, до якого буде призначено шейдер, а потім матеріал буде прикріплений до моделі. Редактор Unity підтримує написання та редагування шейдерів. Редактор Unity має компонент для створення анімації, але анімацію також можна створити заздалегідь у 3D-редакторі та імпортувати разом із моделлю, а потім розділити на файли.

Unity 3D підтримує систему Level Of Detail (скорочено LOD), суть якої полягає в тому, що на далекій відстані від програвача високодеталізовані моделі замінюються на менш деталізовані, і навпаки, а також система відбору Оклюзії суть якого полягає в тому, що об'єкти, геометрія та зіткнення, які не потрапляють у поле зору камери, не візуалізуються, що зменшує навантаження на центральний процесор і дозволяє оптимізувати проект. Коли компілюється проект, створюється виконуваний (.exe) файл гри (для Windows), а дані гри (включаючи всі рівні гри та бібліотеки динамічних посилань) створюються в окремій папці.

Двигун підтримує багато популярних форматів. Моделі, звуки, текстури, матеріали, сценарії можуть бути упаковані у формат .unityassets і передані іншим розробникам, або викладені для вільного доступу. Той самий формат використовується у внутрішньому магазині Unity Asset Store, де розробники можуть ділитися різними елементами, необхідними їм під час створення ігор безкоштовно та за гроші. Щоб використовувати Магазин активів Unity, потрібно мати обліковий запис розробника Unity. Unity має всі компоненти, необхідні для створення багатокористувацької гри. Ви також можете використовувати метод контролю версій, який підходить користувачеві. Наприклад, Tortoise SVN або Source Gear.

Unity включає Unity Asset Server, набір інструментів спільної розробки, заснований на Unity, який є доповненням, що додає контроль версій та цілий ряд інших серверних рішень.

Як правило, ігровий движок надає безліч функціональних можливостей, які дозволяють його використовувати в різноманітних іграх, включаючи фізичне моделювання, звичайні карти, динамічні тіні тощо. На відміну від багатьох ігрових движків, Unity має дві основні переваги: візуальне середовище розробки та підтримку міжплатформних платформ. Перший фактор включає не тільки засоби візуального

моделювання, але й інтегроване середовище, ланцюжок побудови, що спрямоване на підвищення продуктивності розробника, зокрема, на етапи прототипування та тестування. В рамках крос-платформної підтримки передбачаються не тільки місця розгортання (установка на персональному комп'ютері, мобільному пристрої, консолі тощо),

Третьою перевагою називається модульна система компонентів Unity, за допомогою якої будуються ігрові об'єкти, коли останні є комбінованими пакетами функціональних елементів. На відміну від механізмів успадкування, об'єкти в Unity створюються комбінуванням функціональних блоків, а не розміщенням у вузлах дерева успадкування. Цей підхід полегшує створення прототипів, що важливо при розробці ігор.

Обмеження візуального редактора при роботі з багатокомпонентними діаграмами, коли візуальна робота ускладнена у складних сценах, наводиться як недолік. Другий недолік - Unity не підтримує посилання на зовнішні бібліотеки, які програмісти повинні налаштовувати самостійно, а це також ускладнює роботу в команді. Інший недолік пов'язаний із використанням шаблонів екземплярів (англійські префаби). З одного боку, ця концепція Unity пропонує гнучкий підхід до візуального редагування об'єктів, але з іншого боку, редагування таких шаблонів є складним. Крім того, версія движка WebGL через специфіку своєї архітектури (переклад коду з C# на C++ і далі в JavaScript) має ряд невирішених проблем з продуктивністю, споживанням пам'яті та продуктивністю на мобільних пристроях.

## 2.2 Фреймворк Vuforia

Для розробки додатку я використовував фреймворк Vuforia.

Vuforia - це платформа для створення augmented reality додатків для телефонів і планшетів на операційних системах iOS і Android.

Ядром платформи є бібліотека QCAR, написана на C ++ і ховає за свої інтерфейси практично все від визначення мішені (target) і закінчуючи рендерингом картинки.

Крім бібліотеки, платформа включається в себе: iOS і Android Vuforia SDK для розробників; Target Manager - систему для створення і управління мішенями; а також набір web сервісів (Vuforia Web Services) в які можна винести зберігання мішеней і ще певний функціонал. Платформа розвивається дуже динамічно і нові частини додаються досить часто.

Щоб щось додати в реальний світ, потрібно в цьому світі "зацепитися" за який-небудь об'єкт. Саме для цієї мети і служать мішені. Іншими словами, мета - це якийсь реальний об'єкт, знаючи який наш додаток може розставити віртуальні об'єкти в потрібних місцях і відповідних пропорціях.

Vuforia надає багатий вибір мішеней:

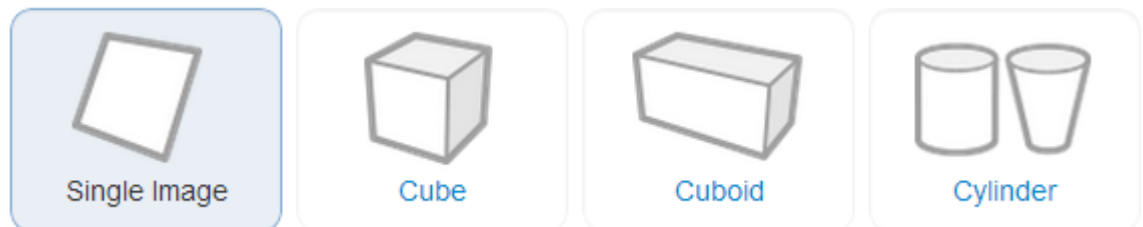


Рисунок 1.3 - Мішені фреймворка Vuforia

- **Image targets** - базовий вид мішеней, що представляє собою звичайну картинку, наприклад, обкладинку журналу, фотографію або афішу нового фільму. Картинка виконує роль свого роду двовимірного штрих-коду, тільки без чорно-білих регіонів. По ній ми можемо визначити, яка саме картинка потрапила в об'єктив камери, а також її розташування в просторі і масштаб. Варто сказати, що не будь-яка картинка підійде для створення мішені. Добрими мішенями є ті, в яких багато контрастних деталей. Саме на

цих деталях і будується опорна матриця для подальшого розпізнання мішеней.

- **Simple 3D targets** (Cube and Cuboid) - це мішені у вигляді прямокутних паралелепіпедів (включаючи куб). Наприклад, такий мішенню може служити упаковка з-під сухих сніданків, сірникову коробку або тільки що куплена настільна гра. Як і будь-яка коробка, така мішень складається з шести площин, і щоб створити її, нам знадобиться шість картинок для кожної з них. Якщо ви коли-небудь склеювали кубик з паперу - то швидко впораєтеся із завданням.
- **Cylinder targets** - цей вид мішеней, незважаючи на назву, являє собою усічений конус з можливістю задавати діаметри підстав. Звичайно якщо вибрати однакові діаметри, то вийдуть якраз циліндр, але все ж це окремий випадок. Для того, щоб створити таку мету нам знадобиться не тільки вказати діаметри підстав і висоту, але також додати три картинки - по одній для кожного з двох підстав, і ще одну для бічної поверхні.
- **Frame markers** - ця мета у вигляді спеціально підготовленої рамки, яка вже куди більше скидається на штрих-код. У таку рамку можна помістити будь-яку картинку. Даний вид мішеней відмінно підходить в разі, якщо картинка не була достатньо деталізована і створити з неї розумну image target не вийшло.
- **Text (word targets)**. У бібліотеку Vuforia вбудовано ще і розпізнання тексту, тому будь-яке слово або їх поєднання може бути мішенню. На даний момент підтримується тільки латиниця, але і це вже дуже цікаво. Тільки уявіть наскільки цікавим може стати вивчення іноземних слів.

В залежність від кількості мішеней, необхідних для вашого застосування, ви можете або зберігати їх в так званій Device Database, завжди мати до них доступ і розпізнавати їх безпосередньо на самому пристрої, або перекласти частину цього тягара на Cloud Databases - сервіс з набору Vuforia Web Services , призначений для зберігання мішеней і визначення їх на підставі надісланих з пристрою даних. Обидва підходи мають свої плюси і мінуси, але визначившись з цілями вашого застосування вибрати буде не так складно.

Крім цього, мішені можуть бути створені безпосередньо з самого додатка використовуючи картинку отриману з камери.

Варто також відзначити, що QCAR не вимагає попадання всієї мішені в кадр. Для того, щоб її розпізнати і використовувати досить буде лише частини. Це дуже важливо і дозволяє розглядати всю магію вашого застосування під різними кутами.

Більш побитої крилатої фрази ніж "Дайте мені точку опори, і я переверну Землю!" придумати складно, але тут вона підходить якнайкраще. Тепер, отримавши можливість "зачепитися", ми можемо починати додавати ту саму магію, яку можна буде побачити на екрані смартфона в нашому реальному світі.

Для цього давайте розберемося яку магію ми можемо собі дозволити. Для цього я постарався зібрати основні приклади використання augmented reality і все з них можуть бути використані з Vuforia.

- Статичні і динамічні 3D моделі. Ми можемо додати будь-який 3D об'єкт починаючи від улюбленого всіма чайника і закінчуючи складною анімацією. Vuforia активно підтримує можливість інтеграції з Unity, що ще сильніше розв'язує нам руки. Обмежені ми тільки фантазією і потужністю смартфонів / планшетів.

- Віртуальний кнопки взаємодіяти з якими доведеться цілком собі предметами реальними. Наприклад, це може бути кнопка на вашій мішені, натискання на яку запускає віртуальну ракету земля-повітря з вашого робочого столу розглянути яку можна тільки через екран смартфона.
- Відео та картинки, які дозволяють замінити нашу мету або зробити її трішечки більш живою.
- Зміна фону, крім усього іншого, ви можете змінювати і саму картинку отриману з камери. Іншими словами, ми можемо не тільки доповнювати картинку, але і оперувати з нею самою.

### 2.3 Моделювання додатку

Для початку я створив UML діаграму користувача, де ми побачимо, як буде працювати додаток.

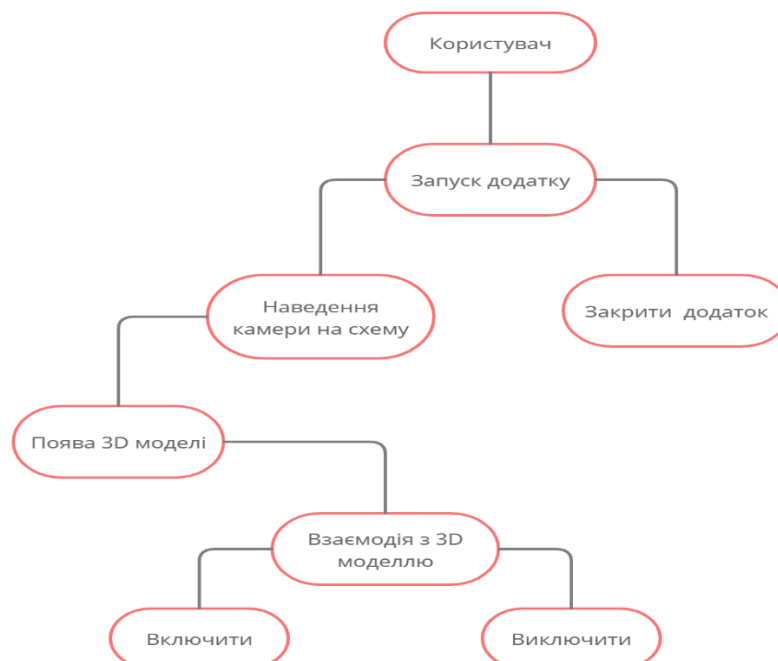


Рисунок 1.4 - Діаграма користувача

Спочатку користувач запускає додаток, далі він може вимкнути чи навести камеру на зображення схеми, де після цього буде показано 3D модель елемента, якому відповідає ця схема, користувач також може взаємодіяти с 3D елементом, наприклад вимкнути його чи вимкнути.

## 2.4 Розробка додатку

Для початку я знайшов уже готові моделі елементів, також їх можна створити самому в програмі Blender. Завантажили зображення, схем та додали на них наші моделі для того, щоб додаток розумів при наведенні на яку схему нам показувало той чи інший 3D елемент. Маємо 3 елементи (резистор, світлодіод і конденсатор) та 3 схеми для кожного елемента окремо.

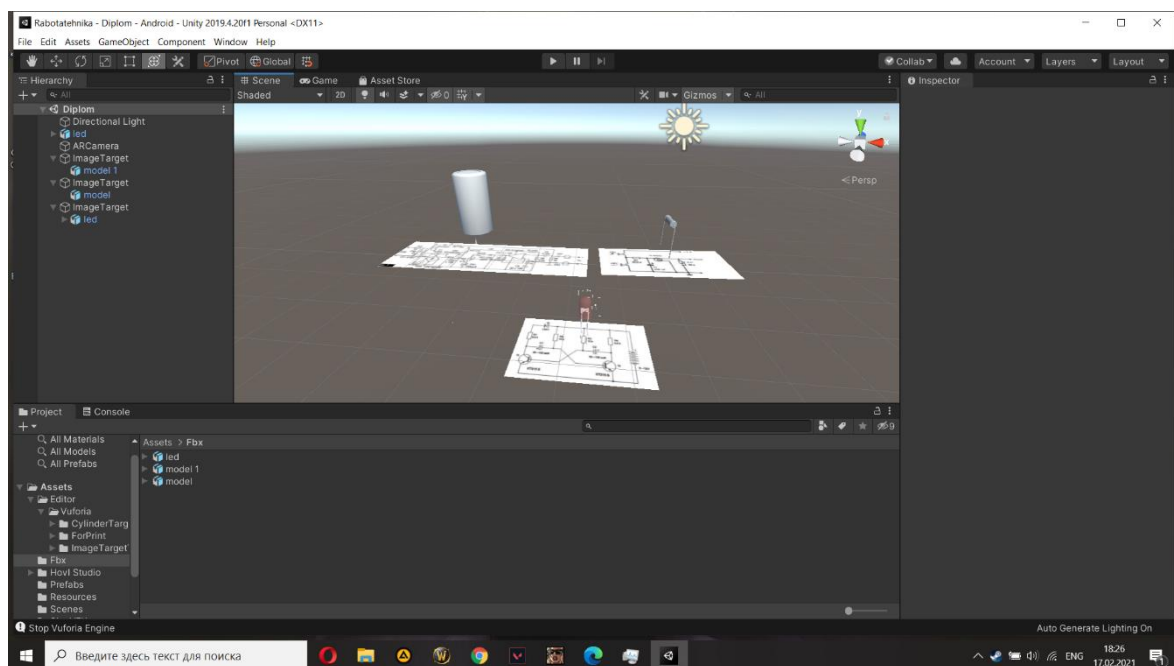


Рисунок 1.5 - 3D елементи

Коли ми наводимо камеру на схему, наприклад світлодіода, отримуємо таке зображення



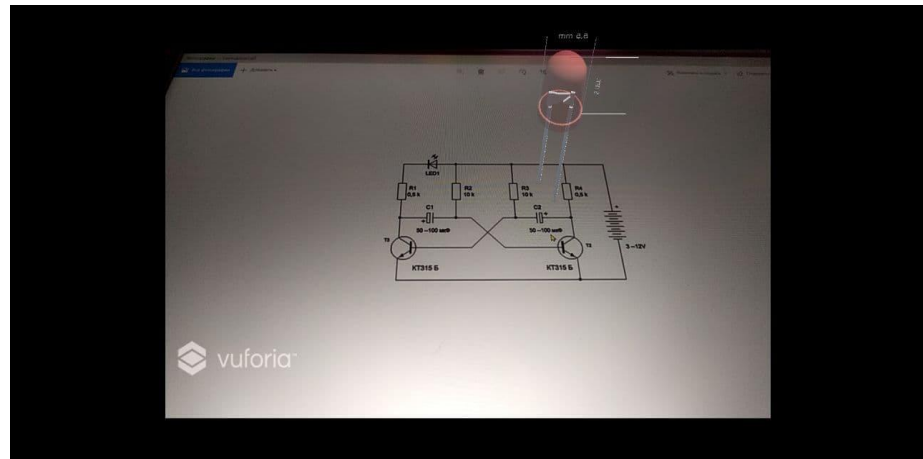


Рисунок 1.6 - 3D елемент світодіода

Також для резистора

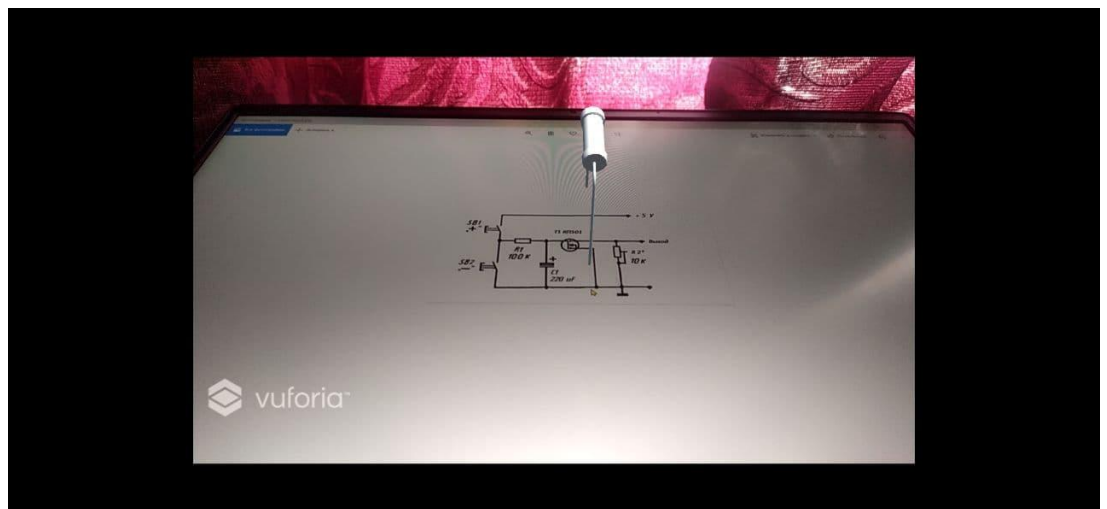


Рисунок 1.7 - 3D елемент резистора

## ВИСНОВКИ

Технологія доповненої реальності має серйозний потенціал розвитку і може застосовуватися в різних областях. Її використання дозволяє полегшити деякі види професійної діяльності, підвищити наочність навчальних матеріалів, а зміст зробити більш інтерактивним.

Доповнена реальність - це реальний шлях предвіження вперед не тільки тому, що ми живемо в епоху інформаційних технологій, а тому, що доповнена реальність, як для учня, так і для дорослої людини - це найбільш результативний спосіб пізнання навколишнього нас предметного середовища і простору.

Під час написання роботи було виконано такі завдання:

- Ознайомлено з програмним середовищем Unity;

Досліджено популярні фреймворки та як вони працюють, також обрали самий зручний для себе і ним став фреймворк Vuforia.

- Досліджено що таке доповнена реальність, та методи її технології

Визначено, що доповнена реальність буває маркерна та безмаркерна. Дізнались історію появи доповненої реальності, а також чим відлічається доповнена реальність від віртуальної.

- Змодельовано модель додатку доповненої реальності  
Створено UML діаграму користувача та розповіли, як вона працює
- Розроблено додаток доповненої реальності з робототехніки

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Дополненная реальность [Электронный ресурс]: статья о технологии дополненной реальности // Википедия - свободная энциклопедия. - Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Дополненная\\_реальность](https://ru.wikipedia.org/wiki/Дополненная_реальность).
2. Алексанова Л.В. Возможности и особенности применения технологии дополненной реальности в образовании // Управление инновациями: теория, методология, практика: сборник материалов IX международной практической конференции. - Новосибирск: ЦРНС, 2014. - С. 123-127.
3. Дополнительная реальность – это будущее? [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://futurosophy.com/technology/dopolnennaya-realnost/>.
4. Примеры дополненной реальности в образовании. AR NEXT. Янв 31, 2013 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://arnext.ru/articles/20-areksperimentov-v-obrazovanii-2353>.
5. Зильберман М.А. Использование дополненной реальности в образовании: из опыта работы. //Рождественские чтения. Материалы

XVIII Региональной научно-методической конференции по вопросам применения ИКТ в образовании. Пермь, 2015. С. 22-25.

6. Бова В.В., Лежебоков А.А., Нужнов Е.В. Образовательные информационные системы на основе мобильных приложений с дополненной реальностью //Известия ЮФУ. Технические науки. 2015. № 6 (167). С. 200-210.

7. Алексанова Л.В. Технология дополненной реальности как часть социальной коммуникации // МОЛОДЕЖЬ XXI ВЕКА: ОБРАЗОВАНИЕ, НАУКА, ИННОВАЦИИ Материалы II Всероссийской студенческой научнопрактической конференции с международным участием, Новосибирск: НГПУ, 2013. С. 38-40.

8. Алексанова Л.В. Возможности и особенности применения технологии дополненной реальности в образовании // УПРАВЛЕНИЕ ИННОВАЦИЯМИ: ТЕОРИЯ, МЕТОДОЛОГИЯ, ПРАКТИКА сборник материалов IX международной практической конференции, Новосибирск: ЦРНС, 2014. С. 123-127.

9. Благовещинский И. А., Демьянко Н. А. Технология и алгоритмы создания дополненной реальности, 2013 г- 130-138с.

10. Зильберман Н.Н., Сербин В.А. Возможности использования приложений дополненной реальности в образовании // Открытое и дистанционное образование. 2014. № 4 (56). С. 28–33.

11. Крылова А.С. Использование дополненной реальности в образовательных целях // European science. 2016. № 6 (16). P. 87–88.

12. Ступин А.А., Ступин И.А. Дополненная реальность в образовании: возможности и перспективы // Дистанционное и виртуальное обучение. 2012. № 7. С. 75-84.

13. Caudell T.P., Mizell D.W. Augmented reality: an application of heads-up display technology to manual manufacturing processes // System Sci. 1992. № 2.

14. Schmalstieg D., Wagner D. Experiences with Handheld Augmented Reality // The Sixth IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR 2007). November. 2007.
15. Степанов А.В. 2D->3D in Augmented reality // <http://habrahabr.ru/post/139429/>, 2012 (Stepanov A. V. 2D->3D in Augmented reality // <http://habrahabr.ru/post/139429/>, 2012 [in Russian]).
16. Azuma R.A Survey of Augmented Reality // Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 1997. P. 355–385.
17. Augmented reality or AR technology (2019). <http://thefuture.news/lessons/ua/ar> (in Ukrainian)
18. Macokin, D. & Pakhomova, I. (2019). Augmented reality in the educational process during school hours on the topic of "Leonardo's Inventions". <https://u.nu/8g72> (in Ukrainian)
19. Matvienko, U. (2015). The use of augmented reality technology in education <https://u.nu/6p7o> (in Ukrainian)
20. Vuforia: a bit of magic in our reality (2013). <https://habr.com/ru/post/198862> (in Russian)

## ДОДАТКИ

Додаток А

### КОДЕКС АКАДЕМІЧНОЇ ДОБРОЧЕСНОСТІ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ ХЕРСОНЬСЬКОГО ДЕРЖАВНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

Я,

---

учасник(ця) освітнього процесу Херсонського державного університету, **УСВІДОМЛЮЮ**, що академічна доброчесність – це фундаментальна етична цінність усієї академічної спільноти світу.

**ЗАЯВЛЯЮ**, що у своїй освітній і науковій діяльності **ЗОБОВ'ЯЗУЮСЯ**:

– дотримуватися:

- вимог законодавства України та внутрішніх нормативних документів університету, зокрема Статуту Університету;
- принципів та правил академічної доброчесності;
- нульової толерантності до академічного плагіату;
- моральних норм та правил етичної поведінки;
- толерантного ставлення до інших;
- дотримуватися високого рівня культури спілкування;

– надавати згоду на:

- безпосередню перевірку курсових, кваліфікаційних робіт тощо на ознаки наявності академічного плагіату за допомогою спеціалізованих програмних продуктів;
- оброблення, збереження й розміщення кваліфікаційних робіт у відкритому доступі в інституційному репозитарії;
- використання робіт для перевірки на ознаки наявності академічного плагіату в інших роботах виключно з метою виявлення можливих ознак академічного плагіату;

– самостійно виконувати навчальні завдання, завдання поточного й підсумкового контролю результатів навчання;

- надавати достовірну інформацію щодо результатів власної навчальної (наукової, творчої) діяльності, використаних методик досліджень та джерел інформації;
- не використовувати результати досліджень інших авторів без використання покликань на їхню роботу;
- своєю діяльністю сприяти збереженню та примноженню традицій університету, формуванню його позитивного іміджу;
- не чинити правопорушень і не сприяти їхньому скоєнню іншими особами;
- підтримувати атмосферу довіри, взаємної відповідальності та співпраці в освітньому середовищі;
- поважати честь, гідність та особисту недоторканність особи, незважаючи на її стать, вік, матеріальний стан, соціальне становище, расову належність, релігійні й політичні переконання;
- не дискримінувати людей на підставі академічного статусу, а також за національною, расовою, статевою чи іншою належністю;
- відповідально ставитися до своїх обов'язків, вчасно та сумлінно виконувати необхідні навчальні та науково-дослідницькі завдання;
- запобігати виникненню у своїй діяльності конфлікту інтересів, зокрема не використовувати службових і родинних зв'язків з метою отримання нечесної переваги в навчальній, науковій і трудовій діяльності;
- не брати участі в будь-якій діяльності, пов'язаній із обманом, нечесністю, списуванням, фабрикацією;
- не підроблювати документи;
- не поширювати неправдиву та компрометуючу інформацію про інших здобувачів вищої освіти, викладачів і співробітників;
- не отримувати і не пропонувати винагород за несправедливе отримання будь-яких переваг або здійснення впливу на зміну отриманої академічної оцінки;
- не залякувати й не проявляти агресії та насильства проти інших, сексуальні домагання;
- не завдавати шкоди матеріальним цінностям, матеріально-технічній базі університету та особистій власності інших студентів та/або працівників;
- не використовувати без дозволу ректорату (деканату) символіки університету в заходах, не пов'язаних з діяльністю університету;
- не здійснювати і не заохочувати будь-яких спроб, спрямованих на те, щоб за допомогою нечесних і негідних методів досягати власних корисних цілей;
- не завдавати загрози власному здоров'ю або безпеці іншим студентам та/або працівникам.

**УСВІДОМЛЮЮ**, що відповідно до чинного законодавства у разі недотримання Кодексу академічної доброчесності буду нести академічну та/або інші види відповідальності й до мене можуть бути застосовані заходи дисциплінарного характеру за порушення принципів академічної доброчесності.

---

---

---

(дата)

(підпис)

(ім'я, прізвище)