

УДК 004.422.81

Канівець Олександр Васильович

доцент, кандидат технічних наук, доцент кафедри загальнотехнічних дисциплін
Полтавська державна аграрна академія, м. Полтава, Україна
ORCID ID 0000-0003-4364-8424
k.alex2222@gmail.com

Канівець Ірина Михайлівна

доцент, кандидат педагогічних наук, доцент кафедри загальнотехнічних дисциплін
Полтавська державна аграрна академія, м. Полтава, Україна
ORCID ID 0000-0002-1670-5553
ira.gorda@rambler.ru

Кононець Наталія Василівна

доктор педагогічних наук, доцент кафедри економіки підприємства та економічної кібернетики
ВНЗ Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі», м. Полтава, Україна
ORCID ID 0000-0002-4384-1198
natalkapoltava7476@gmail.com

Горда Тетяна Михайлівна

викладачка фізики вищої кваліфікаційної категорії, викладач-методист
Полтавський політехнічний коледж Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», м. Полтава, Україна
ORCID ID 0000-0002-6924-0219
gtatana343@gmail.com

РОЗРОБЛЕННЯ МОБІЛЬНИХ ДОДАТКІВ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ТРИВИМІРНИХ МОДЕЛЕЙ ІЗ ІНЖЕНЕРНОЇ ГРАФІКИ

Анотація. Автори актуалізують проблему реалізації мобільного навчання студентів у межах упровадження концепції ресурсно-орієнтованого навчання у вищій школі. На основі аналізу досліджень зроблено висновок про те, що мобільне навчання тлумачиться як форма ресурсно орієнтованого навчання і розглядається як система організаційних і дидактичних заходів, які базуються на використанні мобільних інформаційно-комунікаційних технологій та мобільних педагогічних програмних засобів. Зазначається, що одним із напрямів реалізації концепції ресурсно орієнтованого навчання у вищій школі є розробка таких мобільних педагогічних програмних засобів, які уможливають підвищити якість професійної підготовки фахівців, зокрема, технічних спеціальностей. Проведений аналіз засобів навчання, що використовуються під час вивчення загальнотехнічних дисциплін, дав можливість провести аналогію між фізичними і електронними моделями та обґрунтувати розробку програмного забезпечення для розвитку просторового мислення студентів технічних спеціальностей. Подано методичку створення мобільних додатків для доповненої реальності, висвітлено основні етапи розробки додатку доповненої реальності, починаючи від встановлення ігрового рушія до його тестування та демонстрації роботи. Особливу увагу приділено написанню та обґрунтуванню кожного рядка сценаріїв (scripts). Презентовано власну розробку мобільного додатку для мобільних пристроїв «Програма доповненої реальності», яка реалізує доповнену реальність. Створений мобільний додаток зчитує, розпізнає маркер кресленника та відображає на екрані мобільного пристрою електронну модель виробу. З'ясовано, що розроблена авторським колективом програма доповненої реальності як мобільний педагогічний програмний засіб може бути використана для підтримки як самостійної роботи студентів, так і при організації аудиторних занять у закладах вищої освіти.

Ключові слова: електронна модель; доповнена реальність; мобільний додаток; Unity3D; Vuforia; тестування; ресурсно орієнтоване навчання; мобільне навчання.

1. ВСТУП

Постановка проблеми. Нині очевидна тенденція стрімкого розвитку комп'ютерних засобів та цифрових технологій, їх широке впровадження в усі сфери суспільного життя, прагнення студентської молоді широко застосовувати їх у повсякденному житті і професійній діяльності актуалізують потребу їх використання в освітньому процесі [1; 2; 3]. За останні роки цифрові технології зробили величезний стрибок у розвитку і розширенні сфер використання. Доповнена реальність (Augmented Reality, AR) – середовище з доповненням фізичного світу цифровими даними в режимі реального часу за допомогою комп'ютерних пристроїв – планшетів та смартфонів, а також програмного забезпечення до них. Якщо раніше ця технологія застосовувалась переважно у військовій промисловості та комп'ютерних іграх, то зараз доповнена реальність проникає практично в усі сфери соціальної діяльності людини: економіку, медицину, освіту, архітектуру, рекламу і т.д. [4]. Доповнена реальність привертає до себе велику увагу, особливо в освіті, не лише як нова технологія, яка забезпечує зниження інформаційного перевантаження освітнього процесу, але і як можливість реалізації концепції ресурсно орієнтованого навчання (resource-based learning) студентів у вищій школі, одним із основних положень якої є розробка та впровадження електронних освітніх ресурсів, зокрема для мобільного навчання [5].

Ґрунтовно вивчаючи проблему організації мобільного навчання (mobile learning, m-learning), вітчизняні та зарубіжні вчені В. Биков [2; 6], Б. Чен [7], Р. Сейлхамер [7], Л. Беннет [7], О. Семеріков [8], І. Сулейман [9], А. Рахман [9], К. Петерс [10] зазначають, що впровадження мобільного навчання за допомогою різноманітних мобільних девайсів є ефективним способом отримання студентами знань, збільшення їх обсягів, формування вмінь та навичок здобування інформації в освітніх цілях, а також своєрідною формою професійної підготовки та підтримки продуктивності процесу навчання незалежно від часу, місця і простору. У нашому дослідженні мобільне навчання тлумачиться як форма ресурсно орієнтованого навчання і розглядається як система організаційних і дидактичних заходів, які базуються на використанні мобільних інформаційно-комунікаційних технологій та мобільних педагогічних програмних засобів. Безперечно, нині актуалізується і проблема розробки таких мобільних педагогічних програмних засобів, які зможуть підвищити якість професійної підготовки фахівців, зокрема, технічних спеціальностей [5].

Основною задачею під час професійної підготовки студентів технічних спеціальностей у перші роки навчання є розвиток просторового мислення для якісного читання креслеників, навичок креслення. Для цього використовують різні навчальні засоби, як-от епюри, фотографії та технічні рисунки. Навчити студентів читати кресленики є досить складно, що пов'язано з необхідністю розвитку навичок орієнтації у тривимірному просторі, просторової уяви. Це вимагає від студентів додаткових зусиль, щоб візуалізувати об'єкти у різних проекціях та орієнтаціях (аксонометриях), а також для маніпуляції уявними тривимірними моделями для створення двох або трьох плоских видів. Таким чином, в закладах освіти прийнято використовувати тривимірні фізичні об'єкти або інші моделі в якості додаткових засобів навчання.

Тривимірні фізичні моделі широко використовуються під час вивчення таких курсів, як «Інженерна графіка», «Нарисна геометрія, інженерна та комп'ютерна графіка», «Вища математика», «Фізика», «Теоретична механіка», «Опір матеріалів», «Теорія механізмів і машин», та інших загальнотехнічних дисциплін. Типовим прикладом є застосування тривимірних фізичних моделей для розв'язування метричних та позиційних задач із курсу нарисної геометрії, які допомагають студентам подивитись

на розв'язок з різних точок зору та покращують розуміння взаємозв'язку між реальним об'єктом і двовимірним зображенням [11].

Використання фізичних моделей також має ряд недоліків, як-от: висока вартість, яка призводить до покупки моделей тільки з базових тем дисципліни. У процесі роботи моделі зношуються та ламаються їх деталі, а іноді, через необачність та труднощі в переміщенні, знищуються цілі моделі.

Для вирішення цих проблем доцільно використовувати електронні моделі виробів. Їх легко завантажити з Інтернет-ресурсів на смартфон, планшет або комп'ютер та працювати з електронною моделлю на екрані гаджета або моделлю з доповненої реальності. Але деякі науковці [12; 13] підкреслюють важливість використання фізичних моделей в освітньому процесі, обґрунтовуючи це зниженням цін на цифрові технології виробництва, зокрема 3D-принтери.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Використання 3D електронних моделей дає можливість знівелювати деякі негативні фактори, які мають реальні фізичні моделі, такі як поломки або руйнування, оскільки мобільний додаток, що демонструє електронні моделі, може бути завантажений на різних «розумних» електронних пристроях без втрати його навчального призначення. Також вирішуються проблеми транспортування, зберігання та обміну навчальних засобів за межами лабораторії, у зв'язку з можливістю їх розміщення на хмарних носіях або віртуальних навчальних класах в мережі Інтернет.

Ряд учених [12; 13; 14, 15] наводять порівняльні дані щодо використання фізичних та електронних моделей. Проаналізувавши можливість заміни фізичної (матеріальної) моделі тривимірною електронною під час вивчення курсу креслення, науковці зафіксували, що студенти не відчували ніякого дискомфорту при роботі з електронними моделями.

Відображення цифрових моделей на планшетах та смартфонах, зазвичай, побудовано на можливостях *доповненої реальності*, яка привертає все більшу увагу освітянської спільноти не лише тому, що в її основі – найсучасніші технології, але вона й допомагає користувачам уберегтись від інформаційного перевантаження. На відміну від мультимедіа та віртуальної реальності (VR), AR відображає електронні об'єкти як голограми, що накладені на реальний світ [16]. Доповнена реальність частково заміняє фізичний світ, який включає в себе додаткову цифрову інформацію (наприклад, віртуальні плоскі та тривимірні об'єкти) для розширеного та полегшеного сприйняття реальних моделей. Варто зазначити, що хоча можливості доповненої реальності вивчаються вже понад сорок років, лише недавно, із розвитком цифрових та комп'ютерних технологій, дослідники почали розробляти AR-додатки, зокрема й такі, які призначені для навчального процесу. Більшість опублікованих досліджень у сфері AR представлені на перспективних технологіях (відображення, пасивні візуалізації), також зустрічаються додатки на експериментальних прототипах із активним інтерфейсом [17].

Мета статті. Розглянути методіку створення мобільних додатків з використанням технології доповненої реальності та презентувати власну розробку для вивчення тривимірних моделей.

2. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Проблема розробки та створення електронних освітніх ресурсів як засобів мобільного навчання в контексті розмаїття сучасних програмних додатків набуває сьогодні особливої актуальності, оскільки це шлях до модернізації освіти, удосконалення змістового наповнення освітнього простору, забезпечення рівного

доступу всіх учасників освітнього процесу незалежно від місця їх проживання та форми навчання до якісних навчально-методичних матеріалів, створених на основі сучасних інформаційно-комунікаційних технологій.

Розробку мобільного додатка доповненої реальності ми виконували на ноутбучі HP EliteBook 2570p, що має такі характеристики: процесор Intel Core i7-3520M із частотою 2,9 ГГц, оперативна пам'ять DDR3-1600 12 ГБ, відеокарта Intel HD 4000, вебкамера та мережева карта із встановленою системою Windows 7 Ultimate (64-розрядна версія). Рекомендовані параметри комп'ютера для реалізації проекту залежать від використаних програм, які можна подивитись на офіційних сайтах розробників.

Даний проект можна розділити на чотири етапи:

- ✓ проектування електронних моделей;
- ✓ встановлення та налаштування Unity3D;
- ✓ розробка програми;
- ✓ тестування.

На першому етапі розробки необхідно запроєктувати всі моделі. Під час роботи мобільного додатка на екрані телефону відображається електронна модель збірки, що, у нашому випадку, складається із 10 оригінальних та стандартних деталей, змодельованих по ДСТУ, ГОСТу або інших стандартах. Найпростіше їх розробити в CAD програмах, наприклад, AutoCAD, Inventor, Solidwork чи Компас3D або використати програмне забезпечення для 3D-моделювання, таке як 3ds Max, Cinema4d чи Maya з подальшим збереженням моделей у форматах *.fbx або *.obj. Вище перерахований програмний продукт дуже потужний, а для їх використання необхідно мати відповідні знання та навички. Але основним недоліком для нас є їх висока ціна. Тому у проекті ми використали програму з відкритим програмним кодом, але не менш функціональну – Blender [18].

Наступним етапом розробки є встановлення та налаштування Unity3D. Ігровий рушій Unity3D можна завантажити з офіційного сайту [19], де викладені у вільному доступі платні версії програми (Plus або Pro) чи безкоштовна Personal, яку і використовували в подальших розробках, встановивши Unity3D версії 2017.3.1f1 (64-bit) для Windows. Під час установки, крім стандартних компонентів – власне, Unity3D та внутрішньої програми для написання скриптів MonoDevelop – додатково відзначаємо ще й такі: Android Build Support, IOS Build Support та Vuforia Augmented Reality Support, що необхідні для розробки і компіляції програм доповненої реальності для систем Android та IOS.

Запуск Unity починається з діалогового вікна для створення та зберігання нового 3D проекту. Діалог користувача з ігровим рушієм Unity3D можливий за рахунок спеціальної програми, що називається візуальний редактор, та мови програмування C#. Візуальний редактор складається з Scene (сцени) – вікна, у якому відображаються всі моделі, що використовуються у програмі; Inspector – панелі для налаштування властивостей команд; Project – аналога *Проводника* в системі Windows; вікна ієрархії – вікно із переліком усіх об'єктів проекту.

Оскільки програму доповненої реальності розробляємо для платформи Android, тому додатково встановлюємо та налаштовуємо Android SDK [20] та JDK [21]. Це безкоштовні продукти від компаній Google та Oracle, останні версії яких скачуємо з офіційних сайтів.

Розробку мобільного додатка розпочинаємо зі сцени головного меню. У вікні ієрархії заміняємо стандартну камеру на AR та додаємо інструмент Panel. За власними уподобаннями налаштовуємо його параметри: положення, розмір, колір та прозорість. Командою Button додаємо майбутні кнопки меню. Переміщаємо, масштабуємо та перейменовуємо їх, як показано на рис. 1.



Рис. 1. Головне меню

Відтак, за умови тестового запуску програми в системі Unity3D за допомогою кнопки play будемо бачити таке ж зображення, як і на рис.1. При натисканні на кнопки спрацьовує їх анімація, але за кліком не відбувається жодної реакції. Для коректної роботи будь-яких об'єктів (кнопок) необхідно до них додати новий компонент – сценарій, який і буде вказувати, яку дію виконувати при його активації. Під час роботи кнопки Вихід (Exit) спрацьовує наступний скрипт:

```
public class ExitAR : MonoBehaviour {

    public Canvas start;
    public Button exit;

    public void ExitProg ()
    {
        Application.Quit ();
    }
}
```

У коді прописаний дочірній відкритий клас ExitAR, що наслідує всі можливості батьківського класу MonoBehaviour. Для більшої універсальності сценарію відзначимо об'єкт Button як публічний (відкритий), а також зробимо відкритою і область (Canvas), у якій розміщена дана кнопка, що дає можливість використовувати script багато разів незалежно один від одного. Public void ExitProg () – це метод, яким наділений відкритий клас ExitAR. У середині методу прописаний код, що виконується після його запуску – завершення роботи додатка.

Інші кнопки (Button) меню відповідають за переходи між сценами програми, які реалізовані за допомогою скрипта, що показаний нижче

```
public class LoadScene : MonoBehaviour {

    public void SceneLoader (int SceneIndex)
    {
        SceneManager.LoadScene (SceneIndex);
    }
}
```

Даний код має дочірній відкритий клас LoadScene. У відкритому методі Public void SceneLoader () прописана змінна int SceneIndex, яка робить script універсальним для переходу між усіма сценами програми, задавши змінній відповідний номер сцени. При натисканні на Button спрацьовує команда SceneManager, яка і реалізує перехід на заданий номер сцени.

Розробку головної сцени із моделлю розпочинаємо із завантаження ImageTarget та самої моделі. Отже, програма через камеру телефона, відсканувавши правильний рисунок, відобразить електронну модель на його екрані (рис. 2).

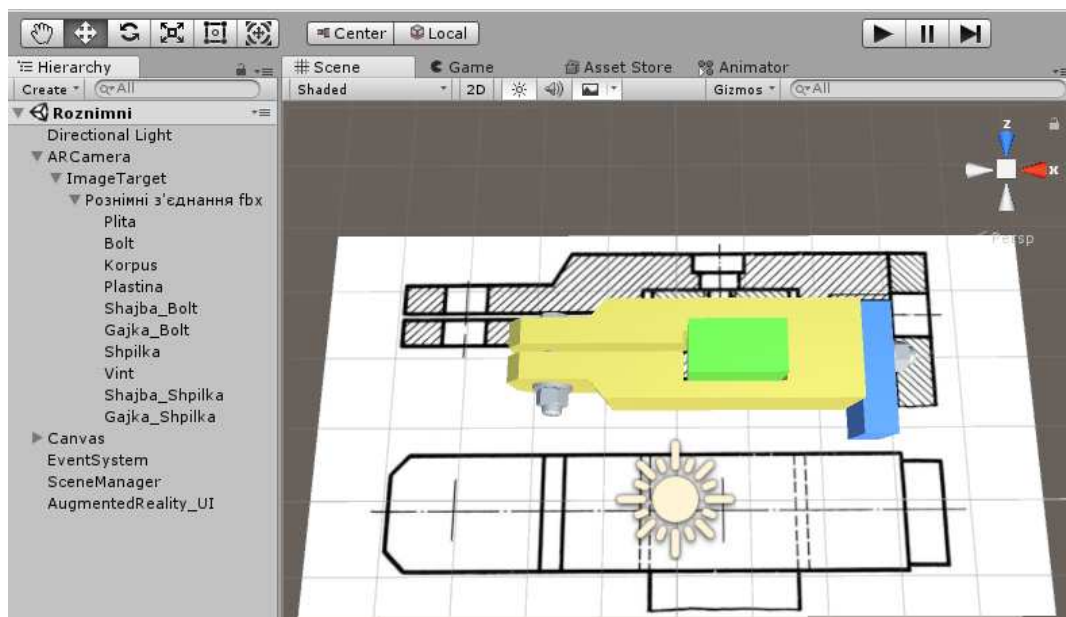


Рис. 2. Сцена з електронною моделлю та ImageTarget

Управління моделлю здійснюється кнопками керування – «Збільшити масштаб», «Зменшити масштаб», «Повернути вліво» та «Повернути вправо». Також додані Button для переходу до інших сцен програми: «Розріз моделі», «Кресленник», «Головне меню» та «Exit». Усі об'єкти розміщені в заданій області (Canvas) на об'єкті Panel (PanelMain), як показано на рис. 3.

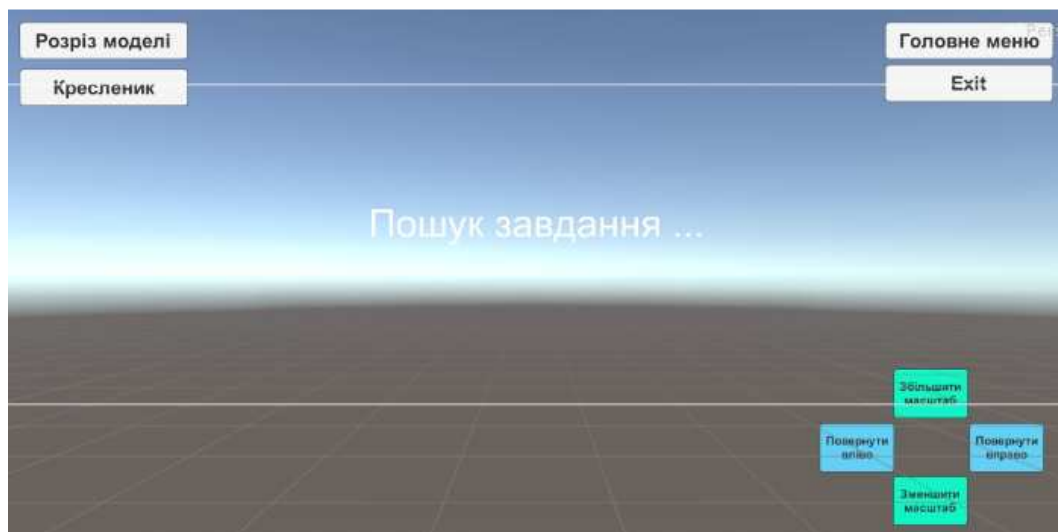


Рис. 3. Розміщення кнопок керування та переходів на головній сцені

За роботу кнопок керування відповідає відповідний сценарій. Нижче показано сценарій роботи кнопки «Збільшити масштаб»:

```
public class UserButtons : MonoBehaviour
{
    public float scalingSpeed = 0.03f;
    bool onScaleUp = false;
    void Update ()
    {
        if (onScaleUp) {
            ScaleUpButton ();
        }
    }
    public void ScaleUpButton ()
    {
        GameObject.FindWithTag ("Model").transform.localScale +=
new Vector3 (scalingSpeed, scalingSpeed, scalingSpeed);
    }
    public void ScaleUpButtonON ()
    {
        onScaleUp = true;
    }
    public void ScaleUpButtonOff ()
    {
        onScaleUp = false;
    }
}
```

Написання сценарію роботи кнопки «Збільшити масштаб» розпочинаємо з введення двох змінних: `public float scalingSpeed = 0.03f`, яка відповідає за швидкість процесу масштабування; та `bool onScaleUp = false` – булева змінна, що визначає, чи натиснута кнопка масштабування чи ні (за замовчуванням даний параметр має значення `false`, тобто кнопка не натиснута). Метод `void Update ()` постійно перевіряє, чи змінна `onScaleUp` змінила значення на `true`, якщо так, то спрацьовує відкритий метод `ScaleUpButton`. Через даний метод програма звертається до властивостей `GameObject` моделі та має доступ до інших її компонентів. Збірна модель, що використовується в програмі, складається із 10 менших моделей, які потрібно пропорційно збільшити. Для цього `Tag` збірної моделі називаємо, наприклад, `Model`, а в коді записуємо компонент із пошуку тегів із назвою `Model` – `FindWithTag ("Model")` для їх подальшого трансформування компонентами `transform.localScale`. Масштабування відбувається однаково в усіх напрямках, про що свідчить запис коду: `new Vector3 (scalingSpeed, scalingSpeed, scalingSpeed)`. Відкриті методи `public void ScaleUpButtonON` та `public void ScaleUpButtonoff` визначають положення натиснутої та віджатої кнопки масштабування. Аналогічні сценарії написані і для трьох інших кнопок керування.

Відображення об'єкта `PanelMain` на екрані відбувається після розпізнавання цільового зображення камерою. Якщо таке зображення не знайдене, то на екрані телефону відображається напис «Пошук завдання ...» з іншої панелі – `PanelSearch`. Даний ефект був реалізований редагуванням головного скрипта управління додатком `Vuforia` – `DefaultTrackableEventHandler`. Для цього обидві панелі прописуємо відкритими класами, як показано у скрипті нижче

```
public class DefaultTrackableEventHandler : MonoBehaviour,
ITrackableEventHandler
{
    #region PRIVATE_MEMBER_VARIABLES

    public Transform PanelMain;
    public Transform PanelSearch;

    protected TrackableBehaviour mTrackableBehaviour;
```

У відповідних частинах коду програми відмічаємо, що коли камера розпізнала зображення, то активною стає панель **PanelMain**, а **PanelSearch** деактивується:

```
protected virtual void OnTrackingFound()
{
    var rendererComponents = GetComponentInChildren<Renderer>(true);
    var colliderComponents = GetComponentInChildren<Collider>(true);
    var canvasComponents = GetComponentInChildren<Canvas>(true);

    // Enable rendering:
    foreach (var component in rendererComponents)
        component.enabled = true;

    // Enable colliders:
    foreach (var component in colliderComponents)
        component.enabled = true;

    // Enable canvas':
    foreach (var component in canvasComponents)
        component.enabled = true;

    PanelMain.gameObject.SetActive (true);
    PanelSearch.gameObject.SetActive (false);
}
```

А тоді коли камера втратила зображення, то активною стає панель **PanelSearch**, а **PanelMain** вимикається:

```
protected virtual void OnTrackingLost()
{
    var rendererComponents = GetComponentInChildren<Renderer>(true);
    var colliderComponents = GetComponentInChildren<Collider>(true);
    var canvasComponents = GetComponentInChildren<Canvas>(true);

    // Disable rendering:
    foreach (var component in rendererComponents)
        component.enabled = false;

    // Disable colliders:
    foreach (var component in colliderComponents)
        component.enabled = false;

    // Disable canvas':
    foreach (var component in canvasComponents)
        component.enabled = false;

    PanelMain.gameObject.SetActive (false);
    PanelSearch.gameObject.SetActive (true);
}
```

Згідно вище описаної методики розробляємо інші сцени програми (рис. 4) та компілюємо установочний файл для системи Android.

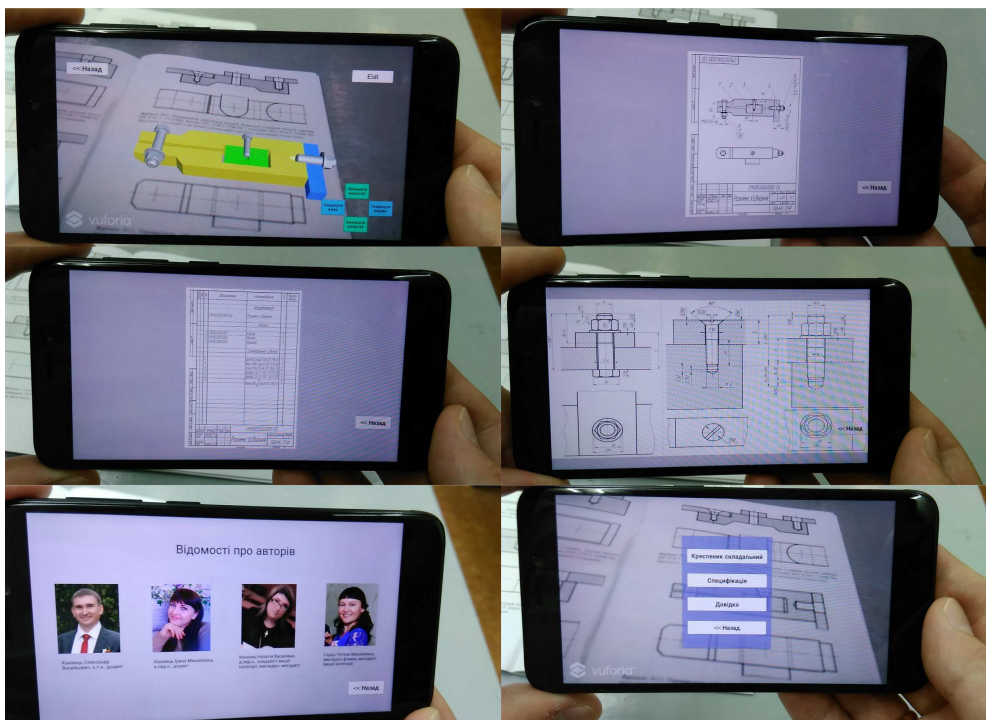


Рис. 4. Сцени програми

Роботу та основні можливості програми можна побачити на демонстраційному відеоролику «Програма доповненої реальності» за посиланням [22].

Важливим етапом розробки будь-якої програми є тестування. Тестування мобільного додатку проводили на мобільних пристроях на базі системи Android. Назви моделей та основні характеристики телефонів наведені в таблиці 1.

Таблиця 1.

Основні характеристики мобільних пристроїв для тестування

Параметр	Samsung Galaxy A5 A520F	Xiaomi Redmi Note 4x	Xiaomi Redmi 4x	Lenovo S8 A7600	Lenovo A6010 Pro
Версія системи Android	8.0.0	7.0	7.1.2	5.0	5.0
Розмір екрана, дюйм	5,2	5,5	5,0	5,3	5,0
Роздільна здатність екрана в пікселях	1920x1080	1920x1080	1280x720	1280x720	1280x720
Процесор	8-ядерний Exynos 7880 Octa	8-ядерний Qualcomm Snapdragon 625	8-ядерний Qualcomm Snapdragon 435	8-ядерний MT6592M	4-ядерний Cortex-A53
Роздільна здатність основної камери в мегапікселях	16	13	13	13	13
Розмір оперативної пам'яті, ГБ	3	2	2	1	2
Розмір внутрішньої пам'яті, ГБ	32	16	16	8	16

Перевірку роботи кожної кнопки та сцени, коректне відображення шрифтів, правильну побудову моделі, її масштабування та обертання починають із завантаження додатку, але підійти краще системно, склавши відповідну таблицю. Для відображення працездатності відповідного параметру були обрані наступні позначення: «+» – правильна робота; «±» – під час роботи виникли недоліки, які за необхідності вказуються в коментарях; «-» – параметр не працює. Результати тестування додатку на різних пристроях наведено в таблиці 2.

Таблиця 2.

Результати тестування додатку на мобільних пристроях

Параметр	Samsung Galaxy A5 A520F	Xiaomi Redmi Note 4x	Xiaomi Redmi 4x	Lenovo S8 A7600	Lenovo A6010 Pro
Завантаження та установка	+	+	+	+	+
Запуск та відображення головного меню	+	+	+	+	+
Працездатність кнопки «Інформація про завдання», перехід на нову сцену та її відображення, коректна робота кнопки «Назад»	+	+	+	+	+
Працездатність кнопки «Про авторів», перехід на нову сцену та її відображення, коректна робота кнопки «Назад»	+	+	+	+	+
Працездатність кнопки «Сканувати завдання», перехід на нову сцену та відображення тексту «Пошук завдання ...»	+	+	+	+	+
Завантаження сцени із моделлю та кнопками керування	+	+	+	+	+
Працездатність кнопок керування	+	+	+	+	+
Працездатність кнопки «Розріз моделі», перехід на нову сцену та відображення тексту «Пошук завдання ...»	+	+	+	+	+
Завантаження сцени з моделлю з розрізом та кнопками керування	+	+	+	+	+
Працездатність кнопок керування в сцені моделі з розрізом	+	+	+	+	+
Працездатність кнопки «Кресленник», перехід на нову сцену та відображення його меню	+	+	+	+	+
Працездатність кнопки «Кресленник складальний», перехід на нову сцену та її відображення, коректна робота кнопки «Назад»	+	+	+	+	+
Працездатність кнопки «Специфікація», перехід на нову сцену та її відображення, коректна	+	+	+	+	+

робота кнопки «Назад»					
Працездатність кнопки «Довідка», перехід на нову сцену та її відображення, коректна робота кнопки «Назад»	+	+	+	+	+
Працездатність кнопки «Назад», перехід на головну сцену	+	+	+	+	+
Працездатність кнопки «Головне меню», перехід на нову сцену та відображення меню	+	+	+	+	+
Працездатність кнопок «Вихід» та «Exit» на всіх рівнях	+	+	+	+	+

За результатами даних таблиці 2 можна зробити висновок, що програма коректно працює як на застарілих телефонах із системою Android 5.0, так і на відносно нових пристроях незалежно від типу процесора, матриці екрана чи об'єму оперативної пам'яті.

Отже, нами розроблено мобільний додаток «Програма доповненої реальності», яка зчитує, розпізнає маркер кресленника та відображає на екрані мобільного пристрою електронну модель виробу. Після отримання вхідної інформації та її обробки програма вставляє відповідний тривимірний об'єкт в реальне зображення, що видається на екран мобільного девайсу. Причому тривимірний віртуальний об'єкт правильно розташований відносно маркера і взаємодіє з ним за заданими правилами: наприклад, нахилється разом з маркером, надрукованим на сторінці підручника чи посібника. Переміщаючи підручник, можна розглянути електронну модель виробу в різних ракурсах і масштабах.

Упровадження «Програми доповненої реальності» дає змогу реалізувати низку важливих завдань сучасного освітнього процесу: завдяки можливостям 3D моделювання візуалізувати вирішення ключових завдань (навчити студентів читати і виконувати робочі креслення та ескізи, складальні креслення, схематичні зображення, будувати електронні моделі) під час вивчення студентами технічних спеціальностей дисциплін «Інженерна графіка», «Нарисна геометрія, інженерна та комп'ютерна графіка», а також таких курсів як «Вища математика», «Фізика», «Теоретична механіка», «Опір матеріалів», «Теорія механізмів і машин» тощо [23], у межах яких використовуються тривимірні фізичні моделі; допомогти студентам глибше зрозуміти складні конструкції та виконати завдання, що потребують просторової уяви та розвинутого просторового мислення, які є підґрунтям для успішного виконання майбутньої професійної діяльності студентів технічних спеціальностей; забезпечити студентам можливість оволодіння практичними навичками, досвідом дослідницької роботи з використанням власного гаджету; підвищити мотивацію до навчання та ефективність самостійної роботи студентів, зробивши навчання яскравим та цікавим процесом; створити засоби мобільного навчання нового покоління в контексті реалізації концепції ресурсно орієнтованого навчання студентів у вищій школі.

3. ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Отже, у постановці проблеми ми обґрунтували, що людина однаково сприймає як фізичні, так електронні моделі, але електронні моделі мають ряд переваг у порівнянні з

фізичними, тим самим довели доцільність описання методики та створення додатків для мобільних пристроїв з використанням AR технологій.

Проведений аналіз програм для 3D моделювання дав можливість обґрунтувати вибір цифрового продукту з відкритим кодом. Показано основні моменти встановлення ігрового рушія та додаткових компонентів, зокрема платформи доповненої реальності Vuforia Augmented Reality. Були наведені етапи розробки сцен. Особливу увагу приділено написанню сценаріїв (скріптів) з докладним розшифруванням кожного рядка. Готова програма була протестована студентами на мобільних телефонах з різними технічними характеристиками під час виконання завдань самостійної роботи та підготовки до аудиторних занять з дисциплін «Інженерна графіка» і «Нарисна геометрія, інженерна та комп'ютерна графіка». А також був створений демонстраційний відеоролик, що показує роботу та основні можливості програми. Продемонстрований досвід розробки програм доповненої реальності з інженерної графіки буде корисний педагогічній спільноті для написання власних додатків.

У даній статті описана методика розробки додатку для мобільних пристроїв із використанням технології доповненої реальності тільки з однієї теми курсу інженерної графіки. У перспективі ми плануємо створити повноцінні електронні комплекси (довідники), включаючи тести та завдання для самоперевірки, з найбільш важких тем дисципліни, таких як утворення проєкційних зображень (видів), простий та складний розрізи, види та утворення різьб, рознімні та нерознімні з'єднання та інші.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] В. Ю. Биков, «Інноваційний розвиток засобів і технологій систем відкритої освіти», *Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання у підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми*, Вип. 29, с. 32-40, 2012, [Електронний ресурс]. Доступно: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Sitimn_2012_29_6
- [2] В. Ю. Биков, «Підвищення значущості інформаційно-комунікаційних технологій в освіті України», *Педагогіка і психологія: Вісник АПН України*, №1(62), с. 29-33, 2009.
- [3] В. Ю. Биков, «Мобільний простір і мобільно орієнтоване середовище інтернет-користувача: особливості модельного подання та освітнього застосування», *Інформаційні технології в освіті*, Вип. 17, с. 9-37, 2013, [Електронний ресурс]. Доступно: http://nbuv.gov.ua/UJRN/itvo_2013_17_3
- [4] R. Andrea, S. Lailiyah, F. Agus, R. Ramadiani, «"Magic Boosed" an elementary school geometry textbook with marker-based augmented reality», *Telkomnika*» (*Telecommunication Computing Electronics and Control*), vol. 17, no. 3, pp. 1242-1249, 2019.
- [5] Н. В. Кононец, «Дидактичні основи ресурсно-орієнтованого навчання дисциплін комп'ютерного циклу студентів аграрних коледжів», Дис. доктора пед. наук. Полтава, Україна, 2016.
- [6] V. Bykov, M. Shyshkina, «Innovative models of education and training of skilled personnel for high industries in Ukraine», *Information technologies in education : Scientific journal*, vol. 15, pp. 19-29, 2013.
- [7] B. Chen, R. Seilhamer, L. Bennett and S. Bauer, «Students' Mobile Learning Practices in Higher Education: A Multi-Year Study», *EDUCAUSE Review*, vol. 7, pp.91-109, 2015.
- [8] С. О. Семеріков, «Фундаменталізація навчання інформатичних дисциплін у вищій школі : монографія». К., 2009.
- [9] I. Suleiman, A. Rahman, «Educational leapfrogging in the mLearning time», *Turkish Online Journal of Distance Education-TOJDE*, Vol.15, № 3, pp.10-17, 2014.
- [10] K. Peters, «m-Learning: Positioning educators for a mobile, connected future», *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, Vol 8, No 2, 2007. DOI: <https://doi.org/10.19173/irrodl.v8i2.350>
- [11] C. Yi-Chen, C. Hung-Lin, H. Wei-Han, «Use of Tangible and Augmented Reality Models in Engineering Graphics Courses», *Journal of Professional Issues in Engineering Education & Practice*, 137(4), pp. 267-276, 2011.
- [12] F. Álvarez, «Rastrear proyectos, contar historias», *Diagonal*, 28, pp. 10-13, 2011.
- [13] J. De La Torre Cantero, N. Martín-Dorta, J. L. Saorín, C. Carbonell, M. Contero, «Entorno de aprendizaje ubicuo con realidad aumentada y tabletas para estimular la comprensión del espacio tridimensional», *RED*.

- Revista de Educación a Distancia*, 37, 2015, [Електронний ресурс]. Доступно: <https://revistas.um.es/red/article/view/234041>
- [14] M. Cervera, F. Mon, «Explorando el potencial educativo de los entornos virtuales 3D. Teoría de la Educación», *Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*, 14(3), 302, 2013, [Електронний ресурс]. Доступно: <https://revistas.usal.es/index.php/eks/article/view/11362>
- [15] J. L. Saorín, C. Meier, J. de la Torre-Cantero, C. Carbonell-Carrera, D. Melián-Díaz, A. Bonnet de León, «Competencia Digital: su relación con el uso y manejo de modelos 3D tridimensionales digitales e impresos en 3D», *Edmetic*, 6(2), pp. 27-45, 2017.
- [16] J. Mona, S. Muninder, «Augmented Reality Interfaces. Natural Web Interfaces», *IEEE Internet Computing*, pp. 66-69, 2013.
- [17] Y. H. Hung, C. H. Chen, S. W. Huang, «Applying Augmented Reality to enhanced learning: A study of different teaching materials. J. Comp», *Assisted Learning*, 32(6), pp. 1-12, 2016.
- [18] Blender. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://www.blender.org/>. Дата звернення: травень, 16, 2018.
- [19] Unity. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://unity3d.com/ru/get-unity/download>. Дата звернення: травень, 20, 2018.
- [20] Android Studio. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://developer.android.com/studio>. Дата звернення: травень, 20, 2018.
- [21] Oracle. [Електронний ресурс]. Доступно. <https://www.oracle.com/technetwork/java/javase/downloads/index.html>. Дата звернення: червень, 25, 2018.
- [22] Youtube. Програма доповненої реальності. [Електронний ресурс]. Доступно: https://www.youtube.com/watch?v=eB3v9gMYcqs&list=PLV01YxQ4z-C7g79XqgXco9T_CcFNQ6JM9&index=5&t=1s. Дата звернення: травень, 13, 2019.
- [23] O. V. Kanivets, I. M. Kanivets, N. V. Kononets, T. M. Gorda, E. O. Shmeltser, «Development of mobile applications of augmented reality for projects with projection drawings», *Proceedings of the 2nd International Workshop on Augmented Reality in Education (AREdu 2019)*, Kryvyi Rih, Ukraine, CEUR-WS.org, online, pp.262–273, 2019, [Електронний ресурс]. Доступно: <https://ceur-ws.org/Vol-2547/>

Матеріал надійшов до редакції 04.06.2019 р.

РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ТРЕХМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ В ИНЖЕНЕРНОЙ ГРАФИКЕ

Канивец Александр Васильевич

доцент, кандидат технических наук, доцент кафедры общетехнических дисциплин
Полтавская государственная аграрная академия, г. Полтава, Украина
ORCID ID 0000-0003-4364-8424
k.alex2222@gmail.com

Канивец Ирина Михайловна

доцент, кандидат педагогических наук, доцент кафедры общетехнических дисциплин
Полтавская государственная аграрная академия, г. Полтава, Украина
ORCID ID 0000-0002-1670-5553
ira.gorda@rambler.ru

Кононец Наталия Васильевна

доктор педагогических наук, доцент кафедры экономики предприятия и экономической кибернетики
ВУЗ Укоопсоюза «Полтавский университет экономики и торговли», г. Полтава, Украина
ORCID ID 0000-0002-4384-1198
natalkapoltava7476@gmail.com

Горда Татьяна Михайловна

преподаватель физики высшей квалификационной категории, преподаватель-методист
Полтавский политехнический колледж Национального технического университета «Харьковский политехнический институт», г. Полтава, Украина
ORCID ID 0000-0002-6924-0219
gatana343@gmail.com

Аннотация. Авторы актуализируют проблему реализации мобильного обучения студентов в рамках внедрения концепции ресурсно ориентированного обучения в высшей школе. На основе анализа исследований сделан вывод о том, что мобильное обучение понимается как форма ресурсно ориентированного обучения и рассматривается как система организационных и дидактических мероприятий, основанных на использовании мобильных информационно-коммуникационных технологий и мобильных педагогических программных средств. Отмечается, что одним из направлений реализации концепции ресурсно ориентированного обучения в высшей школе является разработка таких мобильных педагогических программных средств, которые смогут повысить качество профессиональной подготовки специалистов, в частности, технических специальностей. Проведенный анализ средств обучения, используемых при изучении общетехнических дисциплин, дал возможность провести аналогию между физическими и электронными моделями и обосновать разработку программного обеспечения для развития пространственного мышления студентов технических специальностей. Представлена методика создания мобильных приложений для дополненной реальности, освещены основные этапы разработки приложения дополненной реальности, начиная от установки игрового движка до его тестирования и демонстрации работы. Особое внимание уделено написанию и обоснованию каждой строки сценариев (scripts). Представлено собственную разработку мобильного приложения для мобильных устройств «Программа дополненной реальности», которая реализует дополненную реальность. Созданное мобильное приложение считывает, распознает маркер чертежа и отображает на экране мобильного устройства электронную модель изделия. Установлено, что разработанная авторским коллективом программа дополненной реальности как мобильное педагогическое программное средство может быть использована для поддержки как самостоятельной работы студентов, так и при организации аудиторных занятий в учреждениях высшего образования.

Ключевые слова: электронная модель; дополненная реальность; мобильное приложение; Unity3D; Vuforia; тестирование; ресурсно ориентированное обучение; мобильное обучение.

THE DEVELOPMENT OF MOBILE APPLICATIONS FOR AUGMENTED REALITY FOR THREE-DIMENSIONAL MODELS IN ENGINEERING GRAPHICS STUDYING

Oleksandr V. Kanivets

PhD of Technical Sciences, Associate Professor, Department for General Technical Disciplines
Poltava State Agrarian Academy, Poltava, Ukraine
ORCID ID 0000-0003-4364-8424
k.alex2222@gmail.com

Irina M. Kanivets

PhD of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Department for General Technical Disciplines
Poltava State Agrarian Academy, Poltava, Ukraine
ORCID ID 0000-0002-1670-5553
ira.gorda@rambler.ru

Natalia V. Kononets

Doctor of Pedagogical Sciences,
Associate Professor, Department for Enterprise Economics and Economic Cybernetics
University of Ukoopspilks "Poltava University of Economics and Trade", Poltava, Ukraine
ORCID ID 0000-0002-4384-1198
natalkapoltava7476@gmail.com

Tetyana M. Gorda

teacher of physics of the highest qualification category, teacher-methodologist
Poltava Polytechnic College, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Poltava, Ukraine
ORCID ID 0000-0002-6924-0219
gtatana343@gmail.com

Abstract. The article deals with the issue on the implementation of mobile learning within the framework of the introduction of the concept of resource-based learning in higher education. Based on research analysis, it is concluded that mobile learning is interpreted as a form of resource-based learning and is considered as a system of organizational and didactic measures based on the use of mobile information and communication technologies and mobile pedagogical software tools. It is noted that one of the directions of the implementation of the concept of resource-based learning at a higher school is the development of such mobile pedagogical software tools that will increase the quality of professional training of specialists, in particular, technical specialties. The analysis of the teaching methods used during the study of general technical disciplines made it possible to draw an analogy between physical and electronic models and to substantiate the development of software for the development of spatial thinking of students of technical specialties. A methodology for creating mobile applications for augmented reality is provided, the main stages of the development of the application of the augmented reality, from the installation of the game engine to its testing and demonstration of work, are covered. Particular attention is paid to writing and justifying each line of scripts. The Augmented Reality Program mobile app for mobile devices, which implements the augmented reality, is presented. The created mobile application scans, recognizes the marker and displays the electronic product model on the screen of the mobile device. It was found out that the program of the augmented reality can be used as a mobile pedagogical program to support both students' independent work and their classroom activity in higher education institutions.

Keywords: electronic model; augmented reality; mobile app; Unity3D; Vuforia; testing; resource-based learning; mobile learning.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

- [1] V. Yu. Bykov, «Innovative development of means and technologies of open education systems», *Modern information technologies and innovative teaching methods in training: methodology, theory, experience, problems*, vol. 29, pp. 32-40, 2012. (in Ukrainian)
- [2] V. Yu. Bykov, «Increasing the importance of information and communication technologies in education in Ukraine», *Pedagogy and psychology: Bulletin of the Academy of Pedagogical Sciences of Ukraine*, №1(62), pp. 29-33, 2009. (in Ukrainian)
- [3] V. Yu. Bykov, «Mobile space and mobile-oriented Internet user environment: features of model representation and educational application», *Information technology in education*, vol. 17, pp. 9-37, 2013. (in Ukrainian)
- [4] R. Andrea, S. Lailiyah, F. Agus, and R. Ramadiani, “Magic Boosed an elementary school geometry textbook with marker-based augmented reality”, *Telkonnika (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, vol. 17, no. 3, pp. 1242-1249, 2019. (in English)
- [5] N. V. Kononets, “Didactic bases of resource-based learning computer sciences cycle students of agrarian colleges”, Thesis for a Doctor's Degree in Pedagogical Sciences, Poltava, Ukraine, 2016. (in Ukrainian)
- [6] V. Bykov, and M. Shyshkina, «Innovative models of education and training of skilled personnel for high industries in Ukraine», *Information technologies in education: Scientific journal*, vol. 15, pp. 19-29, 2013. (in English)
- [7] B. Chen, R. Seilhamer, L. Bennett and S. Bauer, “Students' Mobile Learning Practices in Higher Education: A Multi-Year Study”, *EDUCAUSE Review*, vol. 7, pp.91-109, 2015. (in English).
- [8] S. O. Semerikov, “Fundamentalization of teaching computer science in higher education: a monograph”, K., 2009. (in Ukrainian)
- [9] I. Suleiman, and A. Rahman, “Educational leapfrogging in the mLearning time”, *Turkish Online Journal of Distance Education-TOJDE*, vol.15, № 3, pp.10-17, 2014. (in English)
- [10] K. Peters, “M-Learning: Positioning educators for a mobile, connected future”, *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, vol. 8, no. 2, 2007. DOI: <https://doi.org/10.19173/irrodl.v8i2.350> (in English)
- [11] C. Yi-Chen, C. Hung-Lin, and H. Wei-Han, “Use of Tangible and Augmented Reality Models in Engineering Graphics Courses”, *Journal of Professional Issues in Engineering Education & Practice*, 137(4), pp. 267-276, 2011. (in English)
- [12] F. Álvarez, “Rastrear proyectos, contar historias”, *Diagonal*, 28, pp. 10-13, 2011. (in Spanish)
- [13] J. De La Torre Cantero, N. Martín-Dorta, J. L. Saorín, C. Carbonell, and M. Contero, “Entorno de aprendizaje ubicuo con realidad aumentada y tabletas para estimular la comprensión del espacio

- tridimensional”, *RED. Revista de Educación a Distancia*, 37, 2015. [Online]. Available: <https://revistas.um.es/red/article/view/234041> (in Spanish)
- [14] M. Cervera, and F. Mon, “Explorando el potencial educativo de los entornos virtuales 3D. Teoría de la Educación”, *Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*, 14(3), 302, 2013. [Online]. Available: <https://revistas.usal.es/index.php/eks/article/view/11362> (in Spanish)
- [15] J. L. Saorín, C. Meier, J. de la Torre-Cantero, C. Carbonell-Carrera, D. Melián-Díaz, and A. Bonnet de León, “Competencia Digital: su relación con el uso y manejo de modelos 3D tridimensionales digitales e impresos en 3D”, *Edmetic*, vol. 6(2), pp. 27-45, 2017. (in Spanish)
- [16] J. Mona, and S. Muninder, “Augmented Reality Interfaces. Natural Web Interfaces”, *IEEE Internet Computing*, pp. 66-69, 2013. (in English)
- [17] Y. H. Hung, C. H. Chen, and S. W. Huang, “Applying Augmented Reality to enhanced learning: A study of different teaching materials. J. Comp”, *Assisted Learning*, 32(6), pp. 1-12, 2016. (in English)
- [18] Blender. [Online]. Available: <https://www.blender.org/>. Accessed on: May, 16, 2018.
- [19] Unity. [Online]. Available: <https://unity3d.com/ru/get-unity/download>. Accessed on: May, 20, 2018.
- [20] Android Studio. [Online]. Available: <https://developer.android.com/studio>. Accessed on: May, 20, 2018.
- [21] Oracle. [Online]. Available: <https://www.oracle.com/technetwork/java/javase/downloads/index.html>. Accessed on: June, 25, 2018.
- [22] Youtube. Augmented reality program. [Online]. Available: https://www.youtube.com/watch?v=eB3v9gMYcqs&list=PLV01YxQ4z-C7g79XqgXco9T_CcFNQ6JM9&index=5&t=1s. Accessed on: May, 13, 2019.
- [23] O. V. Kanivets, I. M. Kanivets, N. V. Kononets, T. M. Gorda, and E. O. Shmeltser, “Development of mobile applications of augmented reality for projects with projection drawings”, in *Proceedings of the 2nd International Workshop on Augmented Reality in Education (AREdu 2019)*, Kryvyi Rih, Ukraine, CEUR-WS.org, online, pp.262–273, 2019. [Online]. Available: <https://ceur-ws.org/Vol-2547/> (in English)

