

**ДЕРЖАВНИЙ ТОРГОВЕЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ**

Система забезпечення якості освітньої діяльності та якості вищої освіти
сертифікована на відповідність ДСТУ ISO 9001:2015 / ISO 9001:2015

Кафедра інженерії програмного забезпечення та кібербезпеки

ЗАТВЕРДЖЕНО

вченою радою ДТЕУ

(пост. п. 7 від «14» 02 2023 р.)

Ректор



Анатолій МАЗАРАКІ

**VR-ТЕХНОЛОГІЇ ТА 3D МОДЕЛЮВАННЯ /
VR TECHNOLOGIES AND 3D MODELING**

**ПРОГРАМА /
COURSE SUMMARY**

Київ 2023

**Розповсюдження і тиражування без офіційного дозволу ДТЕУ
заборонено**

Автори: Т.О. ЖИРОВА, кандидат педагогічних наук, доцент
кафедри інженерії програмного забезпечення та
кібербезпеки
Н.О. КОТЕНКО, кандидат педагогічних наук, доцент
кафедри інженерії програмного забезпечення та
кібербезпеки

Програму розглянуто і затверджено на засіданні кафедри інженерії
програмного забезпечення та кібербезпеки «30» травня 2023р., протокол
№ 36.

Рецензенти: Т.В. САВЧЕНКО, к.т.н., доцент кафедри інженерії
програмного забезпечення та кібербезпеки;
О.О. РУДЕНКО, SFCC Front-End Team Lead, Raccoon
LLC

**VR-ТЕХНОЛОГІЇ ТА 3D МОДЕЛЮВАННЯ /
VR TECHNOLOGIES AND 3D MODELING**

**ПРОГРАМА /
COURSE SUMMARY**

ВСТУП

Програма дисципліни «VR-технології та 3D моделювання» галузі знань 12 «Інформаційні технології» спеціальності 121 «Інженерії програмного забезпечення», освітньо-професійної програми «Управління проєктами програмних продуктів» та освітньо-професійної програми «Інженерія програмного забезпечення».

Програму підготовлено відповідно до Стандарту вищої освіти України за даною спеціальністю та відповідної освітньо-професійної програми підготовки магістрів.

Програма складається з таких розділів:

- 1 Мета, завдання та предмет дисципліни.
- 2 Передумови вивчення дисципліни як вибіркової компоненти освітньо-професійної програми.
- 3 Результати вивчення дисципліни.
- 4 Зміст дисципліни.
- 5 Список рекомендованих джерел.

1. МЕТА, ЗАВДАННЯ ТА ПРЕДМЕТ ДИСЦИПЛІНИ

Метою вивчення навчальної дисципліни «VR-технології та 3D моделювання» є ознайомлення студентів з основами створення віртуальної реальності та навичками тривимірного моделювання для розробки імерсійних інтерактивних досліджень, ігор, навчальних програм та візуалізаційних додатків.

Завданням дисципліни є ознайомлення з основами та принципами віртуальної реальності; вивчення інструментів та технологій для розробки віртуальних середовищ; оволодіння навичками тривимірного моделювання об'єктів та середовищ для використання у віртуальній реальності; розуміння та використання анімації, текстур та освітлення для створення реалістичних імерсійних інтерфейсів та оточуючого середовища; розробка інтерактивних елементів та управління віртуальною реальністю; оптимізація продуктивності та взаємодія з різними пристроями VR.

Предметом вивчення дисципліни є основні положення та методи розробки тривимірних моделей, а також додатків віртуальної реальності.

2. ПЕРЕДУМОВИ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ ЯК ВИБІРКОВОЇ КОМПОНЕНТИ ОСВІТНЬОЇ ПРОГРАМИ

знання: ООП мовою C#, технології розробки та тестування ПЗ;

вміння: програмувати мовою C#; досвід роботи з ОС Windows на рівні

адміністрування.

3. РЕЗУЛЬТАТИ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

Дисципліна «VR-технології та 3D моделювання», як обов'язкова вибіркова компонента освітньої програми, забезпечує оволодіння студентами загальними та фаховими компетентностями і досягнення ними програмних результатів навчання за відповідною освітньо-професійною програмою:

Управління проєктами програмних продуктів (ОС магістр)

Номер в освітній програмі	Зміст компетентності	Номер теми, що розкриває зміст компетентності
<i>Загальні компетентності за освітньою програмою</i>		
ЗК01	Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.	1-14
ЗК02	Здатність спілкуватися іноземною мовою як усно, так і письмово.	1-14
ЗК03	Здатність проводити дослідження на відповідному рівні	1-5
ЗК05	Здатність генерувати нові ідеї (креативність).	6-14
<i>Фахові компетентності за освітньою програмою</i>		
СК01	Здатність аналізувати предметні області, формувати, класифікувати вимоги до програмного забезпечення.	6, 10-14
СК02	Здатність розробляти і реалізовувати наукові та/або прикладні проєкти у сфері інженерії програмного забезпечення.	6-14
СК03	Здатність проєктувати архітектуру програмного забезпечення / програмного продукту, моделювати процеси функціонування окремих підсистем і модулів.	6-14
СК04	Здатність розвивати і реалізовувати нові конкурентоспроможні ідеї в інженерії програмного забезпечення.	1-14
СК07	Здатність критично осмислювати проблеми у галузі інформаційних технологій та на межі галузей знань, інтегрувати відповідні знання	1

	та розв'язувати складні задачі у широких або мультидисциплінарних контекстах.	
СК08	Здатність розробляти і координувати процеси, етапи та ітерації життєвого циклу програмного забезпечення/ <i>програмного продукту</i> на основі застосування сучасних моделей, методів та технологій розроблення програмного забезпечення / <i>програмного продукту</i> .	6-14
СК09	Здатність забезпечувати якість програмного забезпечення / <i>програмного продукту</i> .	14
<i>Програмні результати навчання за освітньою програмою</i>		
РН08	Розробляти і модифікувати архітектуру програмного забезпечення для реалізації вимог замовника.	1-14
РН10	Модифікувати існуючі та розробляти нові алгоритмічні рішення детального проектування програмного забезпечення.	1-14
РН11	Забезпечувати якість на всіх стадіях життєвого циклу програмного забезпечення, у тому числі з використанням релевантних моделей та методів оцінювання, а також засобів автоматизованого тестування і верифікації програмного забезпечення.	14
РН16	Планувати, організовувати та здійснювати тестування, верифікацію та валідацію програмного забезпечення.	1-14

Інженерія програмного забезпечення (ОС магістр)

Номер в освітній програмі	Зміст компетентності	Номер теми, що розкриває зміст компетентності
<i>Загальні компетентності за освітньою програмою</i>		
ЗК01	Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.	1-14
ЗК02	Здатність спілкуватися іноземною мовою як усно, так і письмово.	1-14
ЗК03	Здатність проводити дослідження на відповідному рівні	1-5

ЗК05	Здатність генерувати нові ідеї (креативність).	6-14
<i>Фахові компетентності за освітньою програмою</i>		
СК01	Здатність аналізувати предметні області, формувати, класифікувати вимоги до програмного забезпечення.	6, 10-14
СК02	Здатність розробляти і реалізовувати наукові та/або прикладні проекти у сфері інженерії програмного забезпечення.	6-14
СК03	Здатність проектувати архітектуру програмного забезпечення моделювати процеси функціонування окремих підсистем і модулів.	6-14
СК04	Здатність розвивати і реалізовувати нові конкурентоспроможні ідеї в інженерії програмного забезпечення.	1-14
СК07	Здатність критично осмислювати проблеми у галузі інформаційних технологій та на межі галузей знань, інтегрувати відповідні знання та розв'язувати складні задачі у широких або мультидисциплінарних контекстах.	1
СК08	Здатність розробляти і координувати процеси, етапи та ітерації життєвого циклу програмного забезпечення на основі застосування сучасних моделей, методів та технологій розроблення програмного забезпечення.	6-14
СК09	Здатність забезпечувати якість програмного забезпечення.	14
<i>Програмні результати навчання за освітньою програмою</i>		
РН01	Знати і застосовувати сучасні професійні стандарти і інші нормативно-правові документи з інженерії програмного забезпечення	1
РН02	Оцінювати і вибирати ефективні методи і моделі розроблення, впровадження, супроводу програмного забезпечення та управління відповідними процесами на всіх етапах життєвого циклу.	2-5
РН04	Виявляти інформаційні потреби і класифікувати дані для проектування програмного забезпечення.	1-5

PH09	Обґрунтовано вибирати парадигми і мови програмування для розроблення програмного забезпечення; застосовувати на практиці сучасні засоби розроблення програмного забезпечення.	2-5
PH10	Модифікувати існуючі та розробляти нові алгоритмічні рішення детального проектування програмного забезпечення.	1-14
PH11	Забезпечувати якість на всіх стадіях життєвого циклу програмного забезпечення, у тому числі з використанням релевантних моделей та методів оцінювання, а також засобів автоматизованого тестування і верифікації програмного забезпечення.	14
PH15	Здійснювати реінжиніринг програмного забезпечення відповідно до вимог замовника.	6, 13

4. ЗМІСТ ДИСЦИПЛІНИ

РОЗДІЛ 1. ІМЕРСІЙНИЙ КОНТЕНТ: ПРОГРАМНА ТА АПАРАТНА СКЛАДОВІ

Тема 1. Вступ до навчальної дисципліни «VR-технології та 3D моделювання». Основи технології віртуальної та доповненої реальності

Мета та завдання вивчення дисципліни. Визначення віртуальної реальності та її призначення. Історія розвитку VR: від перших спроб до сучасних технологій.

Огляд основних компонентів систем віртуальної реальності: шоломи, контролери, системи відслідковування тощо. Потенційні застосування VR у різних сферах, від ігор до освіти та медицини.

Базові поняття і визначення технологій віртуальної і розширеної реальності: immersive, real reality, virtual reality, augmented reality, mixed reality, extended reality. Континуум реально-віртуальне: дослідження різних рівнів занурення у віртуальний простір. Класифікація технологій віртуальної і розширеної реальності. Функціональні можливості сучасних додатків і середовищ з імерсійним контентом. Сфери застосування і використання технологій віртуальної і розширеної реальності. Складові імерсійні контенту. Ідея і сценарій для додатків різного рівня занурення у віртуальний простір.

Стандарти розробки додатків віртуальної реальності: OpenXR, WebXR, IEEE VR Standards Committee, ISO/IEC JTC 1/SC 24 - Computer graphics, image processing, and environmental data representation.

Список рекомендованих джерел

Основний: 1 [с. 4-56]

Додатковий: 6 [с. 5-14], 9 [с. 1-23]

Інтернет-джерела: 10, 13, 15, 19

Тема 2. Пристрої візуалізації і взаємодії для імерсійних середовищ

Класифікація пристроїв візуалізації і взаємодії для імерсійного середовища. Пристрої візуалізації віртуальних об'єктів: VR шоломи, окуляри доповненої реальності, панелі і монітори для відображення віртуальних об'єктів. Основи найпростішої конструкції пристроїв візуалізації імерсійного контенту. Пристрої взаємодії з віртуальними об'єктами в імерсійних середовищах: системи трекінгу голови, очей, рухів тіла; рукавички, 3D контролери, пристрої зі зворотним зв'язком,

платформи, датчики. Організація зворотного зв'язку імерсійного середовища з користувачем.

Список рекомендованих джерел

Основний: 4 [с. 6-30]

Додатковий: 6 [с. 20-60], 8 [с. 10-42]

Інтернет-джерела: 11, 15, 16, 21

Тема 3. Інструменти для розробки VR/AR додатків

Основні інструменти, які використовуються для розробки віртуальної реальності (VR) та доповненої реальності (AR): Unity та Unreal Engine.

Огляд та порівняння двигунів віртуальної реальності, Unity та Unreal Engine: історія розвитку кожного з двигунів та їхніх основних функцій; порівняння характеристик, які можуть включати графічний двигун, систему фізики, інтерфейс користувача тощо; аналіз екосистеми кожного з двигунів, включаючи доступні бібліотеки, ресурси та спільноту розробників.

Інтерфейсу користувача та основні функції Unity та Unreal Engine: детальне ознайомлення з інтерфейсом користувача Unity та Unreal Engine; основні функції та інструменти для створення віртуальних світів, об'єктів та анімації.

Основні можливості для розробки VR додатків у кожному з двигунів, подробиці розробки VR додатків у Unity; аналіз можливостей розробки VR додатків у Unreal Engine.

Список рекомендованих джерел

Основний: 1 [с. 90-105], 3 [с. 6-95], 4 [с. 32-68]

Додатковий: 5 [с. 14-37], 8 [с. 73-88]

Інтернет-джерела: 10, 11, 12, 14, 15, 18

Тема 4. Штучний інтелект в розробці VR/AR додатків

Інтерактивність та поведінка віртуальних агентів. Використання ШІ для створення реалістичної поведінки віртуальних персонажів або агентів у віртуальному середовищі. Розпізнавання голосових команд, реакцію на жести, взаємодію з користувачем, розпізнавання облич та жестів користувачів у віртуальному середовищі.

Персоналізація та адаптація: персоналізація досвіду користувача у віртуальному середовищі. Аналіз дії та взаємодії користувача, щоб пропонувати індивідуалізовані рекомендації або адаптувати ігровий процес до вмінь та потреб користувача.

Список рекомендованих джерел

Основний: 4 [с. 102-154]

Додатковий: 6 [с. 122-136]

Інтернет-джерела: 20

РОЗДІЛ 2. ОСНОВИ 3D МОДЕЛЮВАННЯ ЗАСОБАМИ BLENDER

Тема 5. Інтерфейс порогами Blender. Створення і редагування об'єктів в Blender

Екран Blender. Типи вікон. Відкриття, збереження та прикріплення файлів. Упаковка даних. Робота з вікнами видів. Створення вікна вигляду. Зміна віконного типу. Навігація в 3D-просторі. Напрямки перегляду. Об'єктний режим. Вибір або виділення об'єктів. Переміщення об'єктів. Обертання об'єктів, їх масштабування, дзеркальне відображення. Цифровий діалог. Створення дублікатів.

Робота з основними меш-об'єктами (mesh). Використання модифікаторів для маніпуляції меш-об'єктами. Редагування вершин меш-об'єкта. Режим пропорційного редагування вершин. Згладжування. Видавлювання (Extrude). Обертання і обертання з дублюванням. Крутіння (Screw). Шум (Noise). Інструмент деформації (Warp). «Зачеми» для об'єктів. Інструменти для роботи з ребрами / гранями. Інструмент створення фаски. Інструмент децимації. Симетричне моделювання. Об'єднання / поділ меш-об'єктів, булеві операції. Зв'язок (угруповання) об'єктів способом «батько-нащадок» (Parenting).

Список рекомендованих джерел

Основний: 2 [с. 12-40]

Додатковий: 5 [с. 14-23]

Інтернет-джерела: 22, 23

Тема 6. Робота з кривими і поверхнями. Матеріали і текстури в Blender

Криві і поверхні. Текст. Параметри 3D тексту в Blender. Деформація тексту за допомогою кривої. Видавлювання уздовж шляху. Ширина і форма об'єкта за допомогою кривої. Деформація об'єкта за допомогою кривої. Створення поверхні (Skinning). Основи NURBS і мета-поверхонь. Використання NURBS для створення вигнутих поверхонь. Метаболи (MetaBalls). Ефект рідини і крапель з використанням мета-поверхонь.

Основні настройки матеріалів. Дифузія. Дзеркальне відображення. Матеріали в практиці. Рампові шейдери. Налаштування Halo (ореол). Застосування Матеріалів. Основні настройки текстур. Використання Jpeg зображення в якості текстур. Карти зміщення. Карти навколишнього середовища. Цільне і порожнисте скло. UV-редактор і вибір граней. «Розгортання» людини (створення UV-карти). Текстерно плагіни.

Список рекомендованих джерел

Основний: 2 [с. 40-54]

Додатковий: 5 [с. 23-36]

Інтернет-джерела: 22, 23

Тема 7. Освітлення і камери в Blender

Освітлення. Типи джерел світла. Тіні методом трасування променя. Рефлекторність (дзеркальне відображення) і переломлення (прозорість). Тіньовий буфер. Об'ємне освітлення. Параметри налаштування освітлення. Опції і налаштування камер. Стеження камери.

Список рекомендованих джерел

Основний: 2 [с. 40-54]

Додатковий: 5 [с. 23-36]

Інтернет-джерела: 22, 23

Тема 8. Анімація в Blender

Анімація без деформації об'єктів. Модуль IPO. Ключові кадри. Криві і ключі IPO Анімація уздовж шляху. Анімація з деформацією. Абсолютні і відносні ключі вершин. Решіткова анімація. Анімація персонажів. Основні інструменти. Арматурний об'єкт. «Одягання» скелета (Skinning). Графічне призначення ваг (Розподіл впливу за допомогою фарбування – Weight Painting). Режим пози (Posemode). Вікно дії. Активатор дії. Вікно NLA (Non Linear Animation – Нелінійна Анімація). Прив'язки (обмеження). Типи прив'язок. Арматура для кінцівок (рук і ніг). Арматура для механізмів. Нелінійна анімація ходьби. Анімація матеріалів, ламп і налаштувань оточення.

Список рекомендованих джерел

Основний: 2 [с. 54-120]

Додатковий: 5 [с. 36-84]

Інтернет-джерела: 22, 23

Тема № 9. Візуалізація (рендеринг) та ефекти в Blender. Робота з частинками

Рендеринг. Рендеринг по частинах. Панорамний рендеринг. Вихідні формати. Візуалізація анімації. Розмитість рухів (Motion Blur). Глибина різкості простору (Depth of Field, DoF). Мультяшна обводка (Cartoon Edges). Об'єднаний рендер (Unified Renderer). Підготовка роботи для відео. Метод Radiosity в Blender. Візуалізація Radiosity. Radiosity як інструмент моделювання. Створення AVI-файлу.

Ефект компонування. Ефект частинок. Прості частки. Інтерактивні частки. Налаштування частинок. Вплив матеріалу на систему частинок.

Взаємодія частинок з об'єктами. Ефект хвилі. Спеціальні методи моделювання. Копія на кожній вершині (Dupliverts). Копія на кожен кадр (Dupliframes). Моделювання за допомогою решіток. М'які тіла. Система м'яких тіл в Blender. Ефекти об'єму.

Список рекомендованих джерел

Основний: 2 [с. 120-154]

Додатковий: 5 [с. 84-136]

Інтернет-джерела: 22, 23

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ДОДАТКІВ ВІРТУАЛЬНОЇ РЕАЛЬНОСТІ

Тема 10. Базові основи формування стереозображень

Базові основи формування стереозображень. Технології створення стереозображень. Створення анагліфа. Створення стереограми. Основи роботи з SDK Unity 3D. Створення ігрового додатку в SDK Unity 3D.

Список рекомендованих джерел

Основний: 3 [с. 95-140]

Додатковий: 7 [с. 6-140]

Інтернет-джерела: 12

Тема 11. Принципи створення VR додатків із застосуванням SDK Unity

Створення VR-додатку з використанням SDK Unity. Створення VR-додатку з використанням SDK Unity і бібліотеки ALPS-VR. Створення VR-додатку з використанням SDK Unity і бібліотеки Fibrum SDK.

Список рекомендованих джерел

Основний: 3 [с. 140-167]

Додатковий: 7 [с. 140-184]

Інтернет-джерела: 12

Тема 12. Особливості взаємодії з користувачем у віртуальній реальності

Сенсори, маніпулятори, пристрої розпізнавання жестів. Програмне забезпечення функціонування апаратної складової взаємодії з об'єктами віртуальної реальності.

Список рекомендованих джерел

Основний: 3 [с. 167-183]

Додатковий: 7 [с. 184-201]

Інтернет-джерела: 12

Тема 13. Розробка високоефективних додатків віртуальної і розширеної реальності

Використання бібліотеки OpenCV для розробки додатків розширеної реальності. Розробка і створення програми розширеної реальності з використанням бібліотеки ArtoolKit. Використання платформи Vuforia для створення додатків розширеної реальності з полісенсорній управлінням.

Список рекомендованих джерел

Основний: 3 [с. 183-220]

Додатковий: 7 [с. 201-236]

Інтернет-джерела: 12

Тема 14. Тестування додатків віртуальної реальності

Аналіз основних викликів та вимог до тестування VR додатків.

Тестування інтерфейсу та взаємодії: проведення тестів на інтерфейс користувача у віртуальних середовищах; аналіз взаємодії користувача з додатком та оцінка її ефективності та зручності.

Тестування продуктивності та оптимізації: визначення ключових метрик продуктивності для VR додатків; аналіз продуктивності та виявлення можливих проблем для оптимізації досвіду користувача.

Тестування візуальної якості та графіки: оцінка реалістичності та якості графіки у віртуальних середовищах; проведення тестів на освітлення, текстури, анімацію та інші візуальні аспекти додатків VR.

Тестування аудіо-тач зв'язку: оцінка якості звуку та взаємодії з додатком через аудіо і тач-інтерфейси; проведення тестів на розпізнавання голосових команд, звукові ефекти та інші аспекти аудіо-тач взаємодії. Тестування взаємодії з контролерами та обладнанням.

Тестування безпеки та ергономіки: оцінка ергономіки та безпеки використання додатків VR. Проведення тестів на уникнення можливих травм або дискомфорту для користувача.

Тестування відтворення реальності: оцінка реалізму та відтворення реального світу у віртуальних додатках; тестування на точність відображення об'єктів, масштабів та інших аспектів віртуального середовища.

Список рекомендованих джерел:

Основний: 3 [с. 440-465]

Додатковий: 6 [с. 470-483]

Інтернет-джерела: 24

5. СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

Основний

1. John P. Virtual reality. Saddleback Educational Publishing, Incorporated, 2023.
2. Hess R., Thorn A. Blender foundations. Taylor & Francis Group, 2023.
3. Coutinho C. Unity® virtual reality development with VRTK4: A no-coding approach to developing immersive VR experiences, games, and apps. Apress L. P., 2022.
4. Coiffet P., Burdea G. C. Virtual reality technology. Wiley & Sons, Incorporated, John, 2022. 440 p.

Додатковий

5. Tang Y. M. Beginner's guide to virtual reality (VR) modeling in healthcare applications with blender. Nova Science Publishers, Incorporated, 2022.
6. MacCarald C. All about virtual reality. North Star Editions, 2023.
7. Aronowitz A. Unity 3D: Foghlaim Cláir I C# Trí Chluichí a Fhorbairt Ag Unity 3D. Independently Published, 2021.
8. Bhowmik A. K. Virtual and augmented reality: fundamentals and applications. Wiley & Sons, Limited, John, 2023.
9. IEEE Computer Society. Standards Coordinating Committee. IEEE standard glossary of computer graphics terminology. New York, N.Y., USA : Institute of Electrical and Electronics Engineers, 1992. 23 p.

Інтернет-ресурси

10. How Virtual Reality Works. URL: <https://electronics.howstuffworks.com/gadgets/other-gadgets/virtual-reality.htm>
11. Mykhailo Buravkov Який рушій обрати для створення VR-гри: Unity чи Unreal Engine. URL: https://gamedev.dou.ua/blogs/vr-game-what-to-choose-unity-or-ue/?from=similar_posts
12. E-book. Unity Blog. URL: <https://blog.unity.com/topic/e-book>.
13. Bozgeyikli R., Bozgeyikli L. Virtual reality. New York : River Publishers, 2022. URL: <https://doi.org/10.1201/9781003340003>.
14. Ikonomi J. Creative space in virtual reality Video game designing tools for architecture : doctoral thesis. 2022. URL: <http://hdl.handle.net/11392/2496475>.

15. Stanković S. Virtual reality and virtual environments in 10 lectures. Cham : Springer International Publishing, 2024. URL: <https://doi.org/10.1007/978-3-031-49468-0>.
16. Asya Harbuzova Вийшов UltimateXR — безкоштовний набір інструментів для розробки VR-ігор на Unity. URL: <https://gamedev.dou.ua/news/ultimatexr-unity-framework-for-vr-games/>.
17. Multidimensional signals, augmented reality and information technologies / ed. by R. Kountchev et al. Singapore : Springer Nature Singapore, 2024. URL: <https://doi.org/10.1007/978-981-99-7011-7>
18. Augmented reality and virtual reality / ed. by M. C. tom Dieck, T. H. Jung, S. M. C. Loureiro. Cham : Springer International Publishing, 2021. URL: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-68086-2>.
19. Takamura S. Image and video coding related standardization activities of ISO/IEC JTC 1/SC 29. NTT technical review. 2015. Vol. 13, no. 10. P. 58–63. URL: <https://doi.org/10.53829/ntr201510gls>.
20. Danelon N., Forte M. Teaching Archaeology in VR. Handbook of Research on Teaching With Virtual Environments and AI. 2021. С. 518–538. URL: <https://doi.org/10.4018/978-1-7998-7638-0.ch022> .
21. News T. Як працюють окуляри віртуальної реальності?. Medium. URL: <https://medium.com/@thefuture.news/як-працюють-окуляри-віртуальної-реальності-1b7478750697>.
22. Sherman W. R., Craig A. B. Vr. Understanding virtual reality. 2019. С. 60–100. URL: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-800965-9.00002-7> (дата звернення: 17.05.2024).
23. Moiola G. Introducing blender 3.0. Introduction to blender 3.0. Berkeley, CA, 2022. С. 1–63. URL: https://doi.org/10.1007/978-1-4842-7954-0_1).
24. Тестування віртуальної реальності, поняття VR | Онлайн-курси від компанії QATestLab. Онлайн-курси від компанії QATestLab | Головна сторінка. URL: <https://training.qatestlab.com/blog/technical-articles/virtual-reality-testing/>.

Наукові публікації відповідно до тем дисципліни:

25. Шевченко, Світлана Миколаївна та Негоденко, О. та Резніченко, І. (2024) *Дослідження програмних та технічних засобів для реалізації технології віртуальної реальності* Зв'язок (1(167)). с. 41-47. ISSN 2412-9070
26. Шкуренко, Олександра Вікторівна та Слупська, Яна (2022) *Застосування віртуальної реальності (VR) у освіті* Молодий вчений (9(109)). с. 82-88. ISSN 2304-5809

27. Shcheglov V. Методи та технології розроблення цифрових двійників для гарантоздатних систем індустріального інтернету речей / V. Shcheglov, O. Morozova // Системи управління, навігації та зв'язку. Збірник наукових праць. – Полтава: ПНТУ, 2022. – Т. 4 (70). – С. 127-137. – doi:<https://doi.org/10.26906/SUNZ.2022.4.127>.

28. Круглик, Владислав (2023) *Інтеграція технологій доповненої та віртуальної реальності з адаптивними системами навчання: аналіз концептуальних моделей*. Освітологічний дискурс (4 (43)). ISSN 2312-5829 (online)

29. Коваленко Д.А., Тімонін В.О., Огляд VR/AR-технології і їх перспективи, Комп'ютерні технології і мехатроніка. Збірник наукових праць за матеріалами II міжнародної науково-практичної конференції. – Харків, ХНАДУ, 2020, Ст. 4-9 .

30. Bebeshko, Bohdan , Khorolska, Karyna , Kotenko, Nataliia , Desiatko, Alona , Sauanova, Klara , Sagyndykova, S. & Tyshchenko, Dmytro. (2021). 3D modelling by means of artificial intelligence. Journal of Theoretical and Applied Information Technology. 99. 1296-1308.

31. Karyna Khorolska, Bohdan Bebeshko, Alona Desiatko and Vitaliy Lazorenko, 3D Models Classification with Use of Convolution Neural Network. Information Technology and Implementation (IT&I-2021), December 01–03, 2021, Kyiv, Ukraine.

32.