

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Західноукраїнський національний університет
Факультет комп'ютерних інформаційних технологій
Кафедра інформаційно-обчислювальних систем і управління

АБРАМЧУК Дмитро Володимирович

**Інтеграція технологій доповненої реальності і віртуальної
реальності в управлінні проєктами / Integration of Augmented
Reality and Virtual Reality Technologies in Project Management**

спеціальність: 122 - Комп'ютерні науки
освітньо-професійна програма – Управління проєктами

Кваліфікаційна робота

Виконав студент групи КНУПм-21
Д.В. Абрамчук

Науковий керівник:
к.е.н., доцент Г.М. Гладій

Кваліфікаційну роботу
допущено до захисту:
«___» _____ 20___ р.
Завідувач кафедри
_____ М.П. Комар

ТЕРНОПІЛЬ - 2023

Факультет комп'ютерних інформаційних технологій

Кафедра інформаційно-обчислювальних систем і управління

Освітній ступінь «магістр»

спеціальність: 122 – Комп'ютерні науки

освітньо-професійна програма – Управління проєктами

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

М.П. Комар

« ____ » _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**Абрамчук Дмитро Володимирович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи

Інтеграція технологій доповненої реальності і віртуальної реальності в управлінні проєктами / Integration of Augmented Reality and Virtual Reality Technologies in Project Management

керівник роботи к.е.н., доцент Г.М. Гладій

затверджені наказом по університету від 8 грудня 2022 року № 491.

2. Строк подання студентом закінченої кваліфікаційної роботи 1 грудня 2023 р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи: завдання на кваліфікаційну роботу студента, наукові статті, технічна література.

4. Основні питання, які потрібно розробити

- проаналізувати технології віртуальної та доповненої реальностей;
- обґрунтувати необхідність інтеграції AR та VR;
- проаналізувати наявні інтеграції AR та VR на IT-ринку;
- запропонувати свій варіант інтеграції;
- провести апробацію свого варіанту інтеграції для сфери автосервісу.

5. Перелік графічного матеріалу у роботі

- загальний вигляд систем та продуктів, зав'язаних на використанні доповненої та віртуальної реальностей;
- схема моделі роботи віртуальної реальності.

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 8 грудня 2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	Аналіз технологій доповненої та віртуальної реальності	12.2022 р. – 03.2023 р.	
2	Розробка методології інтеграції віртуальної та доповненої реальності	03.2023 р. – 05.2023 р.	
3	Практична реалізація розробленої методології на прикладі проекту в сфері автосервісу	05.2023 р. – 11.2023 р.	
4	Повне завершення та представлення кваліфікаційної роботи на кафедрі	01.12.2023 р.	

Студент _____ Д.В. Абрамчук
підпис

Керівник роботи _____ к.е.н., доцент Г.М. Гладій

РЕЗЮМЕ

Кваліфікаційна робота на тему «Інтеграція технологій доповненої реальності і віртуальної реальності в управлінні проєктами» на здобуття ступеня вищої освіти «магістр» зі спеціальності 122 «Комп'ютерні науки» освітньо-професійної програми «Управління проєктами» написана обсягом 78 сторінок і містить 20 ілюстрацій, 10 таблиць, 1 додаток та 43 використаних джерел.

Мета роботи – розробка методології інтеграції технологій доповненої та віртуальної реальності для застосування в сфері управління проєктами.

Методи дослідження. Вирішення зазначених завдань проводилося на засадах математичного моделювання, імітаційного моделювання, системного аналізу.

Основні результати дослідження: проведено аналіз використання технологій доповненої реальності (AR) та віртуальної реальності (VR) в сфері автосервісу; визначено ключові можливості та переваги інтеграції AR і VR в автомобільний сервіс: покращення продуктивності, оптимізація трудових процесів та зменшення часу виконання ремонтних завдань; проведено дослідження ефективності використання AR і VR в різних аспектах автомобільного обслуговування, таких як навчання персоналу, якість обслуговування та мінімізація помилок; за результатами впровадження технологій AR і VR в автомобільну сферу виявлено значущі покращення у продуктивності робіт, підвищенні рівня задоволеності клієнтів та успішній навчанні персоналу; розроблено рекомендації щодо оптимального використання AR і VR в автомобільній галузі для досягнення максимальної результативності та підвищення якості обслуговування.

Ключові слова: УПРАВЛІННЯ ПРОЄКТОМ, ТЕХНОЛОГІЇ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ (AR), ВІРТУАЛЬНА РЕАЛЬНІСТЬ (VR), ІНТЕГРАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЙ.

ABSTRACT

The qualification work on the topic "Integration of technologies of augmented reality and virtual reality in project management" for obtaining the degree of higher education "master" in the specialty 122 "Computer science" of the educational and professional program "Project Management" is written in the volume of 78 pages and contains 20 illustrations, 10 tables, 1 appendice and 43 used sources.

The purpose of the work is to develop a methodology for the integration of augmented and virtual reality technologies for application in the field of project management.

Research methods. The solution of these tasks was carried out on the basis of mathematical modeling, simulation modeling, and system analysis.

The main results of the research: an analysis of the use of augmented reality (AR) and virtual reality (VR) technologies in the field of car repair was carried out; the key opportunities and advantages of the integration of AR and VR in the automotive service are defined: improving productivity, optimizing labor processes and reducing the time of repair tasks; conducted research on the effectiveness of using AR and VR in various aspects of automotive service, such as staff training, service quality and error minimization; as a result of the implementation of AR and VR technologies in the automotive sector, significant improvements in work productivity, increased customer satisfaction and successful staff training were found; developed recommendations for the optimal use of AR and VR in the automotive industry to achieve maximum efficiency and improve the quality of service.

Keywords: PROJECT MANAGEMENT, AUGMENTED REALITY (AR) TECHNOLOGIES, VIRTUAL REALITY (VR), TECHNOLOGY INTEGRATION.

ЗМІСТ

Вступ.....	7
1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ДОПОВНЕНОЇ ТА ВІРТУАЛЬНОЇ РЕАЛЬНОСТІ.....	9
1.1 Технології доповненої реальності	9
1.2 Технології віртуальної реальності.....	18
1.3 Необхідність інтеграції AR та VR	24
Висновки до розділу 1	28
2 РОЗРОБКА МЕТОДОЛОГІЇ ІНТЕГРАЦІЇ ВІРТУАЛЬНОЇ ТА ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ	29
2.1 Аналіз існуючих варіантів інтеграцій AR і VR	29
2.2 Запропонований підхід до інтеграції AR і VR в сфері управління проектами..	35
2.3 Методологія інтегрування AR і VR в управлінні проектами	41
Висновки до розділу 2	48
3 ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ РОЗРОБЛЕНОЇ МЕТОДОЛОГІЇ НА ПРИКЛАДІ ПРОЄКТУ В СФЕРІ АВТОСЕРВІСУ	49
3.1 Існуючі способи інтеграції AR і VR в сфері автосервісу	49
3.2 Приклад реалізації інтеграції змішаної реальності в сфері автосервісу	57
3.3 Аналіз результатів інтеграції і подальші рекомендації.....	64
Висновки до розділу 3	66
Висновки	67
Список використаних джерел	68
Додаток А Копія публікацій автора	73

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. У контексті сучасного розвитку технологій і вимог до ефективного управління проектами, питання інтеграції технологій доповненої та віртуальної реальності (AR&VR) в сферу комп'ютерних наук за профілем "Управління проектами" є надзвичайно актуальним. Сучасне управління проектами стає більш складним і вимагає використання передових технологій для забезпечення конкурентоспроможності та високої якості реалізації проектів. Відсутність інтеграції новаторських технологій може призвести до обмеження можливостей та зниження конкурентоспроможності фахівців в галузі управління проектами.

Основною актуальністю є стрімкий розвиток AR і VR в різних сферах бізнесу, включаючи управління проектами. Ці технології можуть забезпечити нові можливості для покращення взаємодії команд, збільшення продуктивності та удосконалення процесів прийняття рішень.

Застосування AR і VR в управлінні проектами вирішує проблеми віддаленої роботи, допомагає уникнути конфліктів та непорозумінь через чітку візуалізацію завдань та проектних етапів. Окрім того, ці технології можуть покращити процеси навчання та підвищити рівень співпраці в командах, що є критичним для успішної реалізації проектів у сучасному швидкозмінному середовищі.

Необхідність вивчення та впровадження технологій AR і VR в управлінні проектами визначає нові вимоги та можливості для фахівців з комп'ютерних наук, зокрема тих, хто спеціалізується на управлінні проектами. Таке дослідження може сприяти розвитку нових стратегій управління та допомогти у впровадженні інновацій в сфері управління проектами.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка методології інтеграції технологій доповненої та віртуальної реальності для застосування в сфері управління проектами.

Об'єктом дослідження є технології доповненої та віртуальної реальності, а **предметом дослідження** – способи інтегрування вказаних технологій.

Для реалізації зазначеної мети необхідно вирішити наступні завдання:

- проаналізувати технології віртуальної та доповненої реальностей;
- обґрунтувати необхідність інтеграції AR та VR;
- проаналізувати наявні інтеграції AR та VR на IT-ринку;
- запропонувати свій варіант інтеграції;
- провести апробацію свого варіанту інтеграції для сфери автосервісу.

Методи дослідження. Вирішення зазначених завдань проводилося на засадах математичного моделювання, імітаційного моделювання, системного аналізу.

Наукова новизна дослідження полягає в поєднанні технологій доповненої та віртуальної реальностей та застосування їх у проєктному менеджменті, зокрема в сфері автосервісу.

Практична значимість полягає в оптимізації процесів управління проєктами, покращення комунікації в проєктних командах та прискорення виконання завдань. Застосування розробленої методології в сфері автосервісу сприяє покращенню обслуговування, скорочення часу виконання проєктів і підвищенню якості надання послуг. Використання технологій AR і VR дає змогу зробити управління проєктами ефективнішим та адаптованішим до сучасних вимог і стандартів, а також сприяє підвищенню кваліфікації проєктних менеджерів.

Апробація і публікації результатів. Результати дослідження доповідалися автором на міжнародній студентській науковій конференції «Діджиталізація науки як виклик сьогодення» (08.12.2023, м. Суми, Україна) і міжнародній науковій конференції «Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення (випуск 83)» (8.12.2023, м. Ополь, Польща) та опубліковані в матеріалах вказаних конференцій (див. додаток А).

1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ДОПОВНЕНОЇ ТА ВІРТУАЛЬНОЇ РЕАЛЬНОСТІ

1.1 Технології доповненої реальності

Технології доповненої реальності (AR)[1] представляють собою інноваційний клас технологій, які поєднують в собі віртуальні об'єкти та інформацію з реальним оточенням користувача. Основна ідея AR полягає в тому, щоб доповнити реальний світ віртуальними об'єктами, які відображаються на екрані пристрою чи через спеціальні візуальні пристрої, такі як AR-окуляри.

До основних елементів технологій доповненої реальності належать:

1. Відображення інформації. Відображення інформації є одним із ключових аспектів технологій доповненої реальності і визначається способом інтеграції віртуальних об'єктів та даних у реальне оточення користувача.

Інформація або віртуальні об'єкти накладаються на реальне оточення за допомогою камер чи інших сенсорів.

Інформація може виводитись на наступні пристрої:

— одним із найпоширеніших методів відображення віртуальних об'єктів на сенсорних екранах (рис. 1.1) слугують пристрої, такі як смартфони чи планшети. Користувач може взаємодіяти з AR-об'єктами через торкання та жести;



Рисунок 1.1 – Приклад доповненої реальності на смартфоні

— AR-окуляри (рис. 1.2) - одна з основних форм відображення доповненої реальності. Ці пристрої дають змогу користувачам бачити віртуальні об'єкти у реальному світі, використовуючи технології, такі як прозорі екрани або пряме відображення на окулярах;



Рисунок 1.2 – Приклад Доповненої реальності в окулярах

— проекція на поверхні. AR може бути відображений на реальних поверхнях, таких як стіни, столи або навіть повітря, використовуючи проєктори та технології розпізнавання поверхонь.

В цілому, відображення інформації в технологіях AR створює інтерактивне та іммерсивне оточення, де віртуальні та реальні об'єкти зливаються, розширюючи можливості сприйняття та взаємодії з навколишнім світом.

Розпізнавання об'єктів. Розпізнавання об'єктів - це ключовий елемент технологій доповненої реальності, який визначає, як система розпізнає та ідентифікує реальні об'єкти в навколишньому просторі для подальшої інтеграції віртуальних об'єктів. Цей процес забезпечує здатність AR до адаптації до реального оточення та взаємодії з ним.

Для розуміння розпізнавання об'єктів в технологіях AR, розглянемо його складові частини наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Складові частини розпізнавання об'єктів в AR

Елемент	Опис
Сенсори та камери	Використовуються для збору даних з навколишнього простору. Різноманітні сенсори, такі як камери, лідари, акселерометри, гіроскопи, забезпечують інформацію про оточення та рух користувача.
Алгоритми комп'ютерного зору	Використовуються для обробки зібраних сенсорних даних та розпізнавання об'єктів. Алгоритми можуть базуватися на відомих методах візуального виявлення, машинного навчання та нейронних мереж.
База даних об'єктів	Система порівнює реальні об'єкти з базою даних, де заздалегідь зберігаються відомості про їх характеристики та властивості.
Визначення положення та орієнтації об'єкта	Після розпізнавання, система визначає місцезнаходження та орієнтацію реальних об'єктів в просторі.
Інтеграція з AR-сценою[2]	Розпізнані об'єкти інтегруються з віртуальними об'єктами, щоб створити змішану реальність для користувача.

Процес розпізнавання об'єктів в технологіях AR представлений наступною послідовністю дій:

- 1) збором даних, при якому сенсори та камери збирають дані про оточення, реєструючи об'єкти та їх характеристики;
- 2) обробкою даних, під час якої алгоритми комп'ютерного зору обробляють отримані дані, використовуючи розпізнавання образів та паттернів для ідентифікації об'єктів;
- 3) порівнянням з базою даних. Результати розпізнавання порівнюються з базою даних об'єктів для точного визначення їх характеристик;
- 4) визначення положення та орієнтації, коли система визначає місцезнаходження та орієнтацію розпізнаних об'єктів у просторі;

5) інтеграція в AR-сцену. Розпізнані об'єкти інтегруються в AR-сцену, де вони взаємодіють з віртуальними об'єктами та реальним оточенням.

Цей процес робить можливим створення іммерсивних та інтерактивних AR-додатків, які адаптуються до реального світу користувача.

Збір даних є першим та ключовим етапом в процесі розпізнавання об'єктів в технологіях AR. Цей етап включає в себе захоплення інформації про навколишнє середовище, використовуючи різні сенсори та камери, які розташовані на пристрої користувача (наприклад, смартфон чи AR-окуляри). Дані, зібрані під час цього процесу, стають основою для подальшого розпізнавання та інтеграції віртуальних та реальних об'єктів. Далі наведено варіанти збору даних.

а) Вбудовані камери пристроїв для запису відео та зображень. Вони можуть бути розташовані на передній чи задній панелі пристрою та забезпечують відображення реального світу через об'єктив камери. В деяких пристроях також можуть використовуватися лідари або датчики глибини для точного вимірювання відстаней та створення тривимірної карти оточення, для забезпечення інформації про рух та орієнтацію пристрою в просторі.

б) Розпізнавання образів, що являють собою алгоритми виявлення облич, рухомих об'єктів та інших визначальних ознак допомагають розрізнити та ідентифікувати об'єкти. В них використовуються машинне навчання та нейронні мережі для покращення розпізнавання образів та для навчання системи розпізнавати нові об'єкти чи сценарії.

с) Визначення характеристик об'єктів, що використовуються для точного опису та ідентифікації різні характеристики об'єктів, такі як розмір, форма, текстура;

д) Отримані дані можуть бути записані у вигляді відеопотоку або зображень для подальшого використання та обробки. В деяких випадках дані можуть бути передані в реальному часі для обробки на віддаленому сервері або для спільного використання даними між різними пристроями.

Збір даних визначає основу для точного розпізнавання об'єктів в технологіях AR, дозволяючи системі адаптуватися до оточення та створювати взаємодію між

віртуальним та реальним світом.

2. Обробка даних є етапом, на якому отримані від сенсорів та камер дані піддаються аналізу та обчисленням, щоб визначити характеристики навколишнього середовища та розпізнати об'єкти. Цей етап є критичним для точного функціонування систем AR, оскільки від нього залежить якість розпізнавання та подальша інтеграція віртуальних та реальних об'єктів. Початок і продовження після етапу обробки даних показано на рис.1.3.

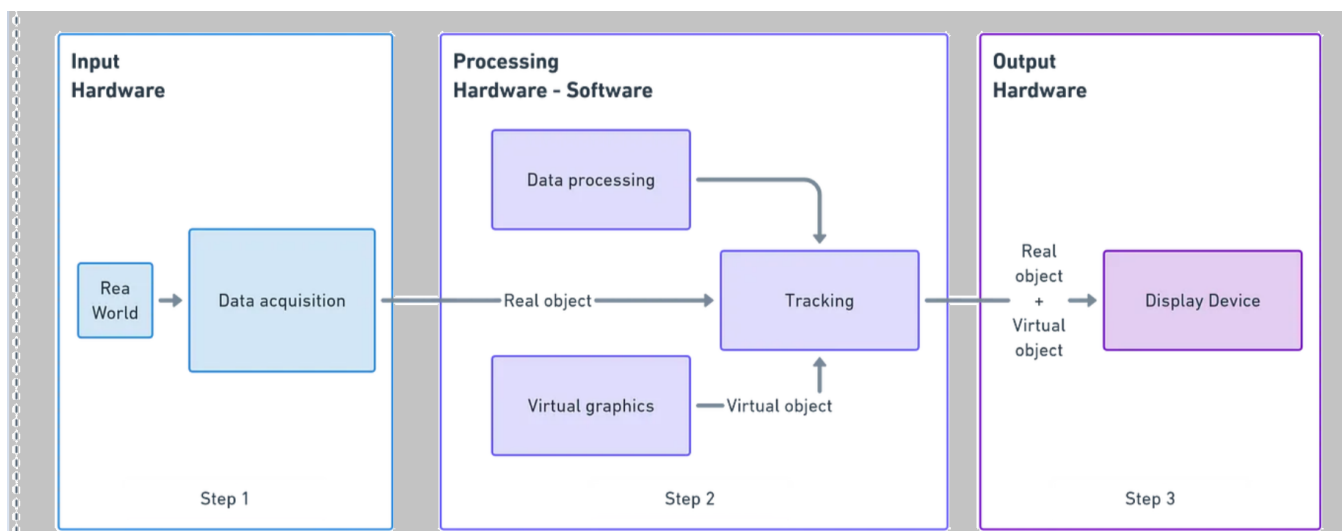


Рисунок 1.3 – Етап обробки даних

Обробка візуальних даних у сучасних технологіях грає важливу роль у вдосконаленні функціональності та точності систем. Почнемо з процесу отримання даних з камер та інших візуальних сенсорів, які можуть бути піддані фільтрації та попередній обробці. Це важливий етап, оскільки дозволяє видалити шум, що може виникнути під час збору інформації, та покращити загальну якість отриманих зображень.

Далі, з використанням алгоритмів виявлення ознак, система може автоматично виділяти ключові точки та структури на зображеннях. Це допомагає системі розпізнавати і визначати особливості об'єктів у вихідних даних, що є ключовим для подальшого аналізу та обробки.

Класифікація об'єктів, що наступає, використовує методи класифікації для розпізнавання та визначення категорій об'єктів. Це робить систему більш гнучкою

та здатною до розрізнення між різними типами об'єктів на зображеннях.

Переходячи до обробки глибинних даних, сегментація об'єктів визначає границі та виділяє області в просторі для розділення об'єктів. Це дозволяє системі чітко визначити межі об'єктів та розподілити їх на окремі частини для подальшого аналізу.

Оцінка відстаней використовує глибинні дані для вимірювання відстаней між об'єктами та визначення їхнього точного положення в просторі. Це особливо корисно для точного визначення взаємного розташування об'єктів на зображеннях.

Машинне навчання[3] та використання нейронних мереж включає в себе тренування моделей на основі навчальних даних. Це дозволяє системі розпізнавати об'єкти та сцени, що робить її більш адаптивною до різноманітних умов та завдань.

У розділі аналізу динамічних змін відстеження рухів грає ключову роль у визначенні змін положення об'єктів в часі. Це дозволяє системі аналізувати рух об'єктів та визначати їхню поведінку.

Прогнозування поведінки наступає за відстеженням рухів, використовуючи дані про рух для передбачення майбутніх станів об'єктів та їхньої взаємодії з віртуальними об'єктами.

Визначення структури та форми включає моделювання об'єктів у тривимірному просторі на основі отриманих даних. Це дозволяє створювати детальні тривимірні моделі для точного відображення структури та форми об'єктів.

Інтеграція з AR-сценою включає підготовку даних для успішної інтеграції розпізнаних об'єктів з віртуальними сценами доповненої реальності. Цей етап дозволяє об'єднати реальний та віртуальний світи, роблячи інтеракцію з об'єктами ще більш реалістичною та ефективною.

Обробка даних в технологіях AR включає в себе ряд технік та методів, спрямованих на максимізацію якості та точності розпізнавання об'єктів, що дозволяє системам AR ефективно взаємодіяти з реальним світом.

3. Порівняння з базою даних[4] є важливим кроком в обробці даних технологій AR, оскільки воно дозволяє системі розпізнавання ідентифікувати об'єкти, визначаючи, чи вони відомі та їхні властивості. Цей етап забезпечує

взаємодію між реальним та віртуальним середовищем та визначає, які віртуальні об'єкти пов'язуються з реальними.

В системі обробки візуальних даних ключовим елементом є база даних об'єктів, яка відіграє важливу роль у розпізнаванні та ідентифікації реальних об'єктів. Ця база даних не лише створюється та оновлюється залежно від потреб системи, але також включає в себе різноманітні атрибути, такі як моделі, характеристики, текстури та класифікації об'єктів.

Кожен об'єкт у базі даних має свою класифікацію, яка надає системі розпізнавання можливість ідентифікувати його категорію або тип. Додатково, ідентифікаційні мітки можуть бути використані як унікальні ідентифікатори, спрощуючи процес порівняння та розпізнавання.

Процес порівняння об'єктів включає визначення характеристик реального об'єкта, таких як його властивості, форма та текстура. Ці характеристики порівнюються з інформацією у базі даних, що може включати в себе зображення, описи, координати та інші атрибути. Система визначає відповідність, вважаючи об'єкт розпізнаним у разі знаходження подібності.

Точність порівняння може бути поліпшена за допомогою тривимірної порівняльної аналітики, яка дозволяє більш точно порівнювати форму та структуру об'єктів. Інтеграція глибинних даних також сприяє поліпшенню точності порівняння, особливо при роботі з об'єктами на різних відстанях.

Система також адаптується до змін шляхом динамічного оновлення бази даних у реальному часі для врахування нових об'єктів або змін у властивостях існуючих. Деякі системи можуть використовувати навчання моделей під час роботи для постійного покращення точності розпізнавання з плином часу.

Порівняння з базою даних визначає, наскільки успішно система розпізнавання може ідентифікувати та інтегрувати реальні об'єкти, що є важливим для створення змішаної реальності в технологіях AR.

Визначення положення та орієнтації об'єктів включає в себе визначення точного місцезнаходження та орієнтації розпізнаних об'єктів в просторі для подальшої їхньої інтеграції з віртуальними об'єктами чи AR-сценами.

Інтеграція в AR-сцену, процес що вимагає узгодженого злиття реальних та віртуальних об'єктів для створення змішаного враження, яке надає користувачеві єдиноцільний та захоплюючий досвід.

Важливі аспекти інтеграції в AR-сцену включають визначення точного положення та орієнтації об'єктів в реальному просторі, створення гармонійного взаємодії між реальними та віртуальними елементами, а також постійне коригування положення та орієнтації для забезпечення стабільності та точності відображення.

У цьому процесі важливо забезпечити плавний перехід між реальністю та віртуальністю, створюючи інтерактивну обстановку, де користувач може взаємодіяти з об'єктами в AR-сцені.

Важливим аспектом є також врахування особливостей реального середовища, таких як освітлення, тіні та текстури, щоб створити максимально реалістичну AR-сцену. Інтеграція в AR-сцену відкриває широкі можливості для створення інноваційних та захоплюючих додатків у різних галузях, від освіти та розваг до виробництва та медицини.

Трекінг положення в технологіях доповненої реальності (AR) - це процес визначення та відстеження розташування об'єктів в реальному просторі. Цей аспект виконує ключову роль у створенні змішаної реальності, де реальний світ і віртуальні об'єкти взаємодіють.

Ключові аспекти трекінгу положення включають визначення точних тривимірних координат об'єктів, сегментацію та виділення границь, використання глибинних даних, актуалізацію в реальному часі, трекінг маркерів та образів, технології SLAM[5] (рис. 1.4) та комбіновані методи.

Цей процес вимагає використання сенсорів, камер, гіроскопів та інших пристроїв для точного визначення положення об'єктів. Трекінг маркерів та образів дозволяє використовувати унікальні маркери для визначення положення віртуальних об'єктів. Технології SLAM використовуються для одночасного визначення локалізації та картографування.



Рисунок 1.4 – Принцип побудови карти простору за технологіями SLAM

Технологія SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) в технологіях доповненої реальності (AR) відіграє важливу роль у створенні змішаного враження між віртуальним та реальним світом. Основна ідея полягає в тому, щоб одночасно визначати місцезнаходження системи (локалізація) і створювати карту навколишнього простору (картографування).

Ця технологія використовує різні сенсори, такі як камери, гіроскопи та акселерометри, для точного визначення руху та орієнтації пристрою в просторі. Вона також використовує алгоритми комп'ютерного зору для аналізу зображень та визначення руху об'єктів в реальному часі.

Технологія SLAM дозволяє системі адаптуватися до змін у середовищі, таких як рух об'єктів чи зміни освітлення, і побудувати карту простору без попереднього збереження інформації. Це робить її ефективною для реалізації AR-додатків у різних галузях.

Застосування технології SLAM включає створення AR-додатків для навігації в невідомих просторах, віртуальної реальності для створення іммерсивних досвідів, а також в промисловості для навігації роботів та медицині для візуалізації та проведення операцій.

Застосування технології SLAM в AR дозволяє вирішувати завдання, пов'язані з точністю локалізації та створенням карт простору, що робить її ключовою для успішної імплементації AR-технологій в різних галузях.

Застосування трекінгу положення включає віртуальні ігри, навчання,

медицину, виробництво та автомобільну промисловість. Цей аспект технології AR дозволяє створювати інтерактивні та іммерсивні досвіди, підвищуючи рівень взаємодії між реальним та віртуальним світом.

4. Взаємодія. Користувач може взаємодіяти з віртуальними об'єктами через сенсорний екран, жести, голосові команди або інші інтерфейси.

5. Сприйняття глибини. Деякі системи AR можуть враховувати глибину сцени, щоб більш точно інтегрувати віртуальні об'єкти в реальне оточення.

Технології доповненої реальності вже широко використовуються в різних галузях, включаючи медицину, освіту, торгівлю та розваги. У контексті управління проєктами, використання AR може полегшити сприйняття та аналіз інформації, поліпшити комунікацію в проєктних командах та підвищити ефективність вирішення завдань.

1.2 Технології віртуальної реальності

Технології віртуальної реальності є інноваційним напрямком в галузі комп'ютерних наук, який надає можливість користувачам взаємодіяти з віртуальним оточенням, що імітує реальний світ. Коротку візуалізацію компонентів віртуальної реальності представлено на рисунку 1.5.

Першу віртуальну реальність створив інженер та винахідник Morton Heilig [6] разом зі своєю командою в лабораторії Массачусетського технологічного інституту (MIT). Система, відома як "Sensorama"[7], була спеціальним кабінетом, де користувачі могли отримати віртуальний досвід, використовуючи відтворення 3D-зображень, звуку та інших сенсорних вражень.

Протягом наступних десятиліть віртуальна реальність розвивалася, з'являлися нові технології та пристрої, такі як VR-гарнітури та контролери руху. Завдяки інноваціям в комп'ютерних науках, графіці та сенсорних технологіях, сучасні системи віртуальної реальності дають змогу користувачам поринати в іммерсивні віртуальні світи зі збереженням відчуття присутності та взаємодії.

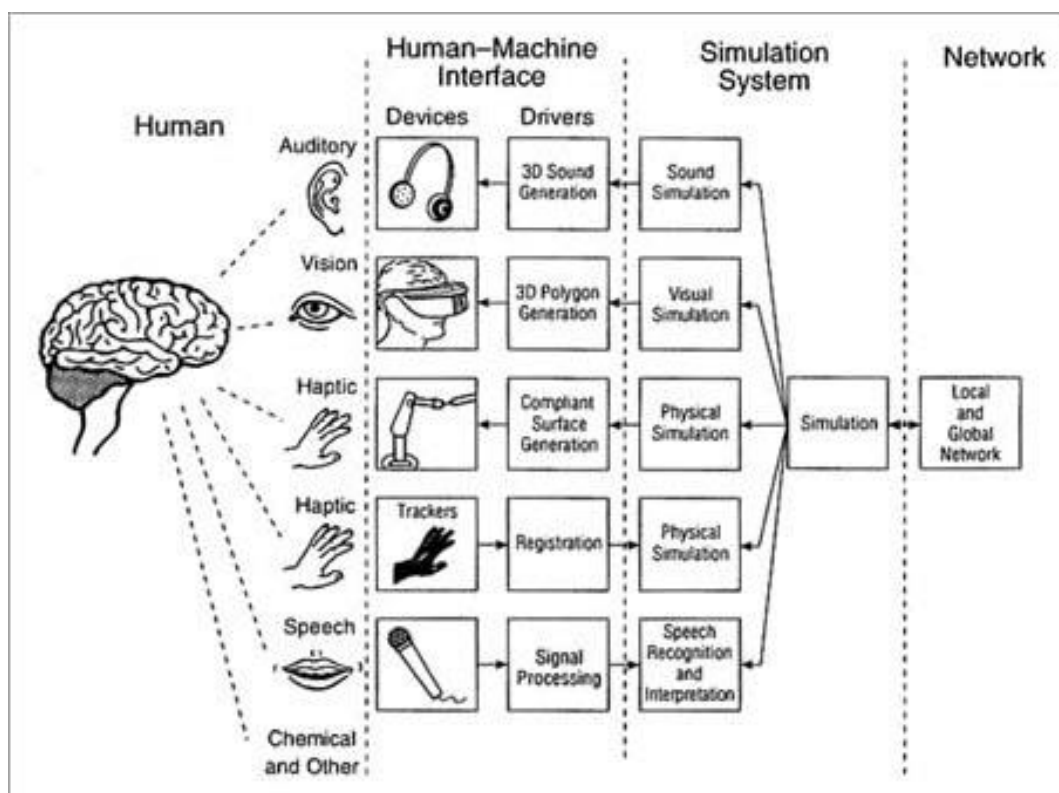


Рисунок 1.5 – Схема роботи Віртуальної реальності

Математичні моделі[8] (рис. 1.6), використувані в області віртуальної реальності (VR), є основою для створення реалістичних іммерсивних віртуальних середовищ та ефективного взаємодії з ними.

Основні математичні концепції, які використовуються в цій сфері, включають:

- 1) Базові геометричні перетворення використовуються для руху, обертання та зміни розмірів об'єктів у віртуальному просторі; матриці перетворень, що визначають положення та орієнтацію об'єктів у тривимірному просторі.
- 2) Графіка та комп'ютерна графіка:
 - растрова та векторна графіка: Математичні моделі для представлення графічних об'єктів у формі точок, ліній та поверхонь;
 - алгоритми відсічення: Визначають, які частини об'єктів повинні бути відображені, а які - відсічені для оптимізації рендерингу.
- 3) Тривимірне моделювання, що використовуються для представлення та обчислення положення об'єктів у тривимірному просторі. Складається з алгоритмів

проекції, що визначають, як тривимірні об'єкти перетворюються в двомірне зображення для екрану.

4) Фізика віртуального світу складається з математичних моделей фізичних явищ для симуляції реалістичної поведінки об'єктів у віртуальному просторі, такі як сили, рух та колізії.

5) Алгоритми відстеження руху:

— Кватерніони - для представлення та обчислення обертання об'єктів та відстеження рухів у тривимірному просторі;

— алгоритми відстеження камер - використовуються для визначення положення та орієнтації камер у віртуальному просторі.

Ці математичні моделі взаємодіють між собою, створюючи найреалістичніші та оптимізовані віртуальні світи для користувачів VR.

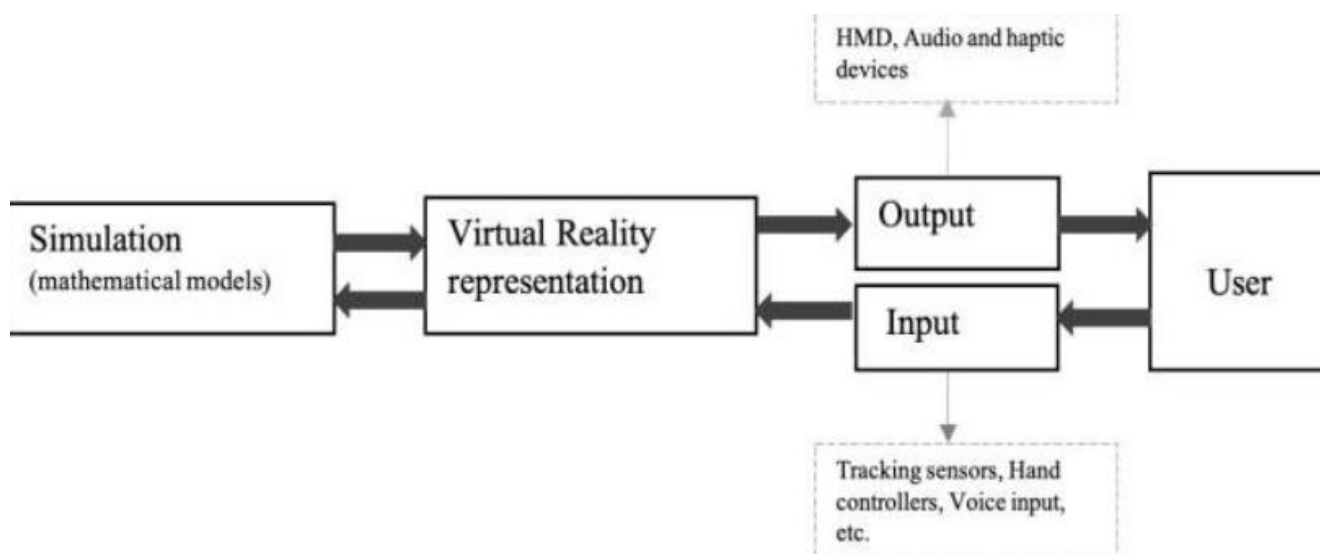


Рисунок 1.6 – Схема моделі Віртуальної реальності

Технології віртуальної реальності розвиваються на широкому спектрі платформ, від комп'ютерів та ігрових консолей до мобільних пристроїв.

Основні аспекти технологій віртуальної реальності представлені в таблиці 1.2

Таблиця 1.2 – Аспекти технологій віртуальної реальності

	Назва	Опис
1.	Віртуальні світи	Створення віртуальних світів та оточень, які можуть бути реалістичними чи стилізованими. Використання комп'ютерної графіки та моделювання для створення деталізованих іммерсивних сцен.
2.	Системи відстеження руху	Використання датчиків та камер для відстеження руху користувача у реальному часі. Створення віртуальних об'єктів, які реагують на рухи користувача для підвищення іммерсії.
3.	Віртуальні об'єкти та персонажі	Можливість створювати віртуальні об'єкти, які користувач може взаємодіяти. Анімація віртуальних персонажів для надання їм реалістичності та життєвості.
4.	Штучний інтелект та взаємодія	Використання штучного інтелекту для створення розумних та реагуючих віртуальних об'єктів. Реалістична взаємодія користувача з віртуальними предметами та сутностями.
5.	Віртуальний звук	Імітація просторового звучання для створення враження присутності у конкретному місці. Використання аудіотехнологій для підвищення іммерсії віртуального оточення.

В світі віртуальної реальності існує чимало різних видів, кожен з яких пропонує унікальний спосіб взаємодії з віртуальним середовищем.

Серед них, можливо, найбільш іммерсивним є повна віртуальна реальність (Fully Immersive VR)[9]. У цьому випадку користувач повністю занурюється в віртуальний світ за допомогою спеціальних пристроїв, таких як VR-гарнітури та контролери руху.

У світі мішаної реальності (Mixed Reality - MR)[10] віртуальні та реальні елементи об'єднуються, створюючи інтерактивне середовище, де віртуальні об'єкти взаємодіють з реальним оточенням. Прикладом може бути Microsoft HoloLens[11] зображений на рисунку 1.7.



Рисунок 1.7 – Взаємодія людини з Microsoft HoloLens

Розширена реальність (Augmented Reality - AR) додає віртуальні об'єкти або інформацію до реального світу, забезпечуючи користувачеві можливість взаємодії з обома середовищами.

Також існує трансляційна віртуальна реальність (Telepresence VR)[12], яка дозволяє взаємодіяти з віддаленими місцями або об'єктами через віртуальний інтерфейс.

Віртуальна реальність стала доступною навіть через веб-браузери (WebVR)[13], де користувач може взаємодіяти з віртуальним контентом в онлайн режимі.

Соціальна віртуальна реальність (Social VR) спрямована на соціальні взаємодії, де користувачі можуть спілкуватися, взаємодіяти та спільно відвідувати віртуальні світи, будучи фізично віддаленими один від одного.

Ці види віртуальної реальності відкривають широкі можливості для взаємодії та іммерсії, дозволяючи користувачам досліджувати нові світи та взаємодіяти з віртуальним середовищем у різноманітних формах.

Однією з найбільш значущих технологій VR є VR-гарнітури, які надають користувачеві можливість повного занурення у віртуальний світ. Вони використовуються в розвагах, освіті, медицині та інших галузях.

До технологічних інновацій у Сфері VR можна віднести наступне:

1. Датчики руху та позиції. Сучасні VR-гарнітури використовують високоточні датчики руху, які відстежують рухи голови та контролерів у реальному часі. Наприклад, Oculus Rift[14] використовує вбудовані датчики для точного відтворення рухів.

2. Контролери віртуальної реальності. Спеціальні контролери дають змогу користувачам взаємодіяти з віртуальним оточенням. Наприклад, HTC Vive[15] має контролери з сенсорами та кнопками для більш інтенсивного взаємодії.

3. Технології відслідковування рухів. Технології відслідковування, такі як Lighthouse[16] від Valve, дають змогу точно визначати положення користувача в просторі. Це робить взаємодію у віртуальному середовищі більш реалістичною.

4. Високоякісна графіка. Використання високоякісних графічних карт та технологій, таких як NVIDIA RTX[17], дозволяє створювати деталізовані та реалістичні віртуальні світи.

Також не менш важливо виділити використання віртуальної реальності в різних галузях, таких як медицина - віртуальна реальність використовується для тренування хірургів, лікування фобій та реабілітації пацієнтів. Наприклад, Surgical Theater[18] надає тренажери для хірургічного навчання. В освіті VR дозволяє створювати інтерактивні уроки та екскурсії. Google Expeditions[19] допомагає вчителям організувати віртуальні подорожі для учнів. VR також змінює

парадигму геймінгу, надаючи гравцям можливість занурюватися в гру. Valve Index та Oculus Quest[20] - це приклади популярних VR-гарнітур для геймерів. VR активно використовується для віртуального огляду архітектурних проєктів. IrisVR (рис 1.8) дозволяє архітекторам та дизайнерам переглядати свої проєкти в 3D.



Рисунок 1.8 – Вигляд програми IrisVR для створення віртуальних об'єктів

Використання технологій віртуальної реальності поширюється на різні галузі, приносячи інновації та покращення в способи, якими люди взаємодіють з інформацією та оточенням.

1.3 Необхідність інтеграції AR та VR в управлінні проєктами

У сучасному управлінні проєктами активно вивчаються та впроваджуються технології розширеної реальності (AR) та віртуальної реальності (VR) через їх потужний вплив на підвищення ефективності та результативності проєктів. Саме AR та VR відкривають перед нами широкі можливості покращення взаємодії команди. Уявіть: ваша команда може отримати глибокий іммерсивний огляд проєкту, спілкуючись практично так, як у реальному світі. Це полегшує взаєморозуміння та комунікацію між учасниками, особливо якщо вони розташовані

на різних географічних відстанях.

Не менш важливим аспектом є зниження помилок та ризиків. VR дозволяє аналізувати та виправляти потенційні проблеми на етапі планування, завдяки чому ризики стають меншими, а вартість виправлень - доступнішою.

Ще однією вагомою перевагою є можливість швидкого прийняття рішень. Віртуальне відображення дозволяє аналізувати реальні дані віртуальної реальності, що прискорює процес управління та допомагає уникнути затримок.

А коли йдеться про тренування персоналу, то VR виявляється невід'ємним інструментом для створення віртуальних тренажерів, де кожен член команди може вдосконалити свої навички безпосередньо на етапі навчання.

Не останню роль відіграють віртуальні конференції та наради, які дають змогу проводити ефективні зустрічі, обговорюючи деталі проєкту, навіть коли учасники розташовані в різних куточках світу.

Нижче розглядається необхідність інтеграції AR та VR в управління проєктами (табл. 1.3) та їх потенційні вигоди (табл. 1.4).

Таблиця 1.3 – Необхідність інтеграції технологій AR та VR

	Аспект	Опис
1.	Віртуальне відображення проєкту	VR дозволяє створити віртуальну модель проєкту, що надає команді проєкту можливість отримати глибокий іммерсивний огляд просторових відносин між завданнями та ресурсами. Це полегшує розуміння складних структур та допомагає уникнути непорозумінь.

2.	Взаємодія з віртуальними об'єктами	AR та VR дають змогу керівникам проєкту та командам взаємодіяти з віртуальними об'єктами та моделями в реальному часі. Це надає можливість вносити зміни та вирішувати проблеми на етапі планування та виконання проєкту.
Продовження таблиці 1.3		
3.	Збільшення комунікації	AR дозволяє використовувати розширені елементи реальності для накладання інформації на реальний світ, полегшуючи комунікацію між учасниками проєкту. Це сприяє зрозумінню завдань та вимог.
4.	Віртуальні тренажери для управління ризиками	VR дозволяє створювати віртуальні сценарії для тренування керівників проєкту у вирішенні кризових ситуацій та управління ризиками. Це сприяє розвитку кращих стратегій взаємодії з несподіваними викликами.
5.	Віртуальні конференції та зустрічі	VR надає можливість проводити віртуальні наради та зустрічі, забезпечуючи взаємодію команди проєкту, навіть якщо учасники знаходяться в різних географічних регіонах.

Інтеграція розширеної реальності (AR) та віртуальної реальності (VR) в управління проєктами має значний потенціал для покращення ефективності та якості виконання проєктів.

Таблиця 1.4 – Потенційні вигоди інтеграції AR та VR

	Аспект	Опис
--	--------	------

1.	Покращена взаємодія команд	Використання AR та VR сприяє ефективній взаємодії між учасниками проєкту, спрощуючи розуміння та комунікацію.
2.	Зниження помилок та ризиків	VR надає можливість аналізувати та виправляти помилки на ранніх етапах проєкту, зменшуючи ризики та вартість виправлень.
Продовження таблиці 1.4		
3.	Швидше прийняття рішень	Віртуальне відображення та взаємодія дають змогу здійснювати прийняття рішень на основі реальних віртуальних даних, що прискорює процес управління.
4.	Покращена тренуваність персоналу	VR дозволяє створювати віртуальні тренажери для підготовки персоналу до роботи з конкретними проєктами, покращуючи їх навички та ефективність.
5.	Більш ефективні наради	Віртуальні конференції дають змогу проводити наради без обмежень географічної розташованості учасників, забезпечуючи високий рівень взаємодії та обміну інформацією.

Необхідність впровадження технологій розширеної реальності (AR) та віртуальної реальності (VR) в управління проєктами підтримується активними дослідженнями та досвідом експертів у цій області.

Академічні дослідження. Академічні зусилля у напрямку поєднання AR, VR та управління проєктами відображені в роботах таких вчених, як Джеремі Біррел, який провів аналіз можливостей використання AR та VR для оптимізації процесів управління проєктами.

Конференції та семінари. На конференції AWE (Augmented World Expo) [21] обговорюються найновіші тенденції та дослідження у сфері об'єднання AR, VR та управлінням проєктами.

Інноваційні лабораторії. Лабораторія MIT Media Lab [22] зосереджена на дослідженні можливостей використання віртуальної реальності в управлінні складними проєктами.

Промислові дослідження. Компанія Accenture [23] провела власні дослідження та розробила концепції використання VR в управлінні проєктами (рис.1.9), що вказує на активність в галузі вирішення практичних завдань.

XR solutions for the enterprise

XR solutions can reduce costs, increase revenue and productivity, and improve customer experience. Accenture is the only end-to-end solution provider that delivers industry-specific XR strategy, delivery and managed services.

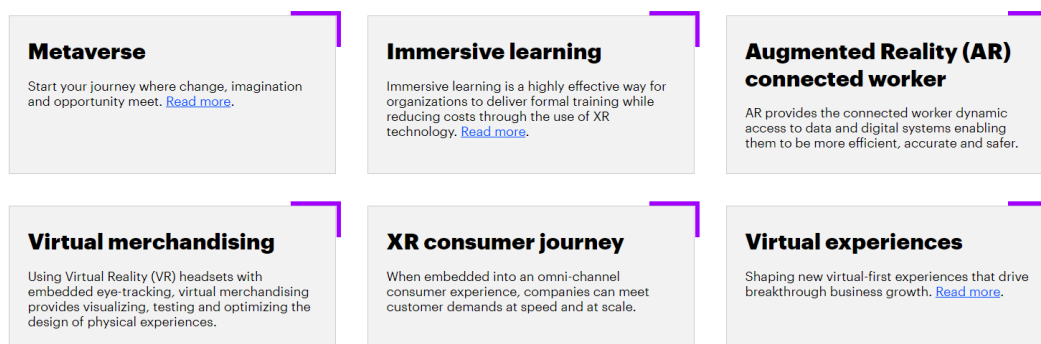


Рисунок 1.9 – Концепції використання VR від компанії Accenture

Ці дослідження та практичний досвід вказують на перспективність інтеграції AR та VR в управління проєктами, проте для детальнішого аналізу та перевірки актуальності слід ретельно ознайомитися з вказаними джерелами.

Інтеграція AR та VR в управління проєктами відкриває нові можливості для підвищення ефективності та якості виконання проєктів, а також сприяє розвитку більш інноваційних підходів у сфері управління.

Висновки до розділу 1

1. У розділі проведено аналіз технологій AR і показано, що ці технології дають змогу взаємодіяти з реальним світом, доповнюючи його віртуальними

об'єктами. Акцент робиться на їхній потенційній користі в управлінні проєктами.

2. Також проаналізовано технології віртуальної реальності, визначено їхні характеристики та застосування. Віртуальна реальність виявляє великий потенціал у покращенні управління проєктами, забезпечуючи іммерсивний досвід та ефективну взаємодію.

3. Доведено необхідність інтеграції AR і VR. Показано, що їх спільне використання може стати потужним інструментом в управлінні проєктами, даючи змогу поєднувати реальний та віртуальний світи для досягнення результатів.

2. РОЗРОБКА МЕТОДОЛОГІЇ ІНТЕГРАЦІЇ ВІРТУАЛЬНОЇ ТА ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ

2.1 Аналіз існуючих варіантів інтеграцій AR і VR

Даний підрозділ присвячений вивченню та оцінці наявних методів та підходів до поєднання технологій доповненої реальності (AR) та віртуальної реальності (VR) в сфері управління проєктами. Детальний аналіз варіантів інтеграції дозволяє визначити переваги, недоліки та можливості кожного підходу.

Існуючі стратегії інтеграції доповненої реальності (AR) та віртуальної реальності (VR) в управлінні проєктами охоплюють різноманітні підходи, спрямовані на вдосконалення процесів управління та забезпечення ефективності вирішення завдань. Розглянемо детальніше кілька ключових стратегій:

– Паралельне використання AR та VR. Ця стратегія полягає в тому, щоб використовувати як AR, так і VR, але окремо. Наприклад, використання AR для відображення інформації про об'єкти реального світу в реальному часі, а VR для створення віртуального робочого оточення. Додаток «ProjectSense» використовує AR для відображення важливих завдань на реальних об'єктах у реальному часі. У той же час, VR використовується для створення віртуального простору для спільної роботи команди над проєктом. Цей підхід може бути ефективним для покращення взаємодії з реальними об'єктами та вирішення завдань у віртуальному просторі;

– інтегроване використання AR та VR. У цій стратегії AR та VR поєднуються для створення комплексного та інтерактивного взаємодійного

середовища. Вона може включати в себе можливості відображення віртуальних об'єктів у реальному середовищі (AR) та перехід у повністю віртуальний простір (VR). Система «VirtuManage»[25] поєднує можливості AR для відображення віртуальних об'єктів у реальному середовищі та VR для вивчення деталей проєктів у повністю іммерсивному віртуальному середовищі. Це сприяє більш повному та глибокому взаєморозумінню завдань та процесів;

– спільне використання даних AR та VR. Ця стратегія передбачає створення єдиної системи обробки даних для AR та VR. Платформа «SyncDataPro»[26] створює єдиний обліковий запис даних для AR та VR, дозволяючи обмінюватися інформацією між реальним та віртуальним світом для забезпечення консистентності даних проєкту. Використання спільних даних може сприяти однаковому сприйняттю ситуації як у реальному, так і віртуальному середовищі;

– гібридні стратегії поєднують елементи обох технологій для створення оптимального рішення. Наприклад, використання AR для відображення інформації на фізичних об'єктах, а VR - для взаємодії з віртуальним простором. Додаток «FlexiTeam»[27] використовує гібридний підхід, використовуючи AR для взаємодії з реальними об'єктами та VR для колективної роботи над віртуальними етапами проєкту. Цей підхід може бути корисним для покращення комунікації та вирішення проблем у різних областях управління проєктами.

Вибір конкретної стратегії інтеграції AR та VR визначається особливостями конкретного проєкту, його метою та завданнями. Важливо враховувати потреби користувачів та технічні можливості для досягнення оптимального результату.

Технічні аспекти інтеграції AR (доповненої реальності) та VR (віртуальної реальності) в управлінні проєктами включають різноманітні аспекти, починаючи від обладнання та програмного забезпечення і закінчуючи технічними вимогами та інтерфейсами. Детальніше розглянуто їх технічні аспекти:

а) Тип обладнання, що включає в себе використання відповідних сенсорів та камер для збору даних з реального світу (AR) або створення віртуального оточення (VR); комп'ютерну та графічну потужність, що потрібна для обробки та

відображення графіки у віртуальному світі.

б) Програмне забезпечення, завдання якого створення AR- та VR-додатків, які відповідають потребам управління проєктами, використовуючи відповідні мови програмування та інструменти розробки; використання систем слідування для взаємодії користувача з AR або VR середовищами та визначення його місцезнаходження.

с) Технічні вимоги та інтерфейси, що полягають в забезпеченні сумісності між різними пристроями та платформами для забезпечення широкого розповсюдження та доступності; Не менш важливим є розробка зручних та інтуїтивно зрозумілих інтерфейсів користувача для взаємодії з AR- або VR-додатками в контексті управління проєктами.

д) Забезпечення безпеки та конфіденційності:

- захист даних: Розробка механізмів шифрування та захисту для забезпечення безпеки обробки та передачі конфіденційної інформації;
- захист від кібератак: Удосконалення системи безпеки для запобігання можливим кібератакам та недозволенним доступам;
- технічні аспекти інтеграції AR та VR в управлінні проєктами вимагають не лише вибору відповідного обладнання та програмного забезпечення, але і врахування технічних вимог, які можуть виникнути при використанні цих технологій у специфічних сценаріях управління проєктами.

Види взаємодії з AR та VR. Розглядається, як користувачі взаємодіють з системою, використовуючи AR і VR. Віртуальне розширення інформації стає реальністю, коли AR дозволяє накладати корисну інформацію на реальний світ. За допомогою пристроїв AR, користувач може отримувати контекстні дані про об'єкти, навігаційні вказівки або навіть переклад тексту прямо на екрані свого пристрою. AR-додаток "TravelGuide360"[28] може накладати інформацію про туристичні об'єкти на екран смартфона або окуляри.

Далі, іммерсивна навігація у віртуальних просторах через технологію VR

змінює спосіб, яким ми сприймаємо простір навколо себе. Замість екрана перед очима, користувачі опиняються в середовищі, де вони можуть вільно рухатися та взаємодіяти з віртуальними об'єктами. Організація віртуальних конференцій використовуючи VR дозволяє людям відчувати присутність одне одного, навіть якщо вони фізично далеко. Учасники можуть взаємодіяти віртуально, використовуючи аватари та живу комунікацію.

Взаємодія з віртуальними об'єктами через AR дозволяє користувачам взаємодіяти з інформацією або об'єктами, які існують в реальному світі, розширюючи їх можливості та забезпечуючи новий рівень взаємодії.

Забезпечення безпеки та конфіденційності. Заходи безпеки стають ключовими у випадках, коли взаємодія з віртуальним та реальним світом відбувається в контексті бізнес-процесів, освіти чи медичних послуг. Ось аспекти, які слід враховувати:

- застосування сучасних шифрувальних алгоритмів для захисту інформації, що передається між пристроями та системами AR та VR. Наприклад, використання протоколу шифрування TLS (Transport Layer Security)[29] (рис. 2.1);
- використання заходів для захисту мережевого середовища, таких як встановлення вогнезахисних брандмауерів та використання безпечних Wi-Fi з'єднань для уникнення несанкціонованого доступу;
- впровадження схем аутентифікації, таких як двофакторна аутентифікація, та встановлення прав доступу для користувачів та пристроїв;
- забезпечення захищеного фізичного доступу до пристроїв AR та VR для попередження крадіжок або несанкціонованого використання;
- регулярне оновлення програмного забезпечення та використання антивірусних та антишпигунських рішень для запобігання вторгненням та витокам інформації;
- використання систем моніторингу для виявлення підозрілих або невизначених активностей та трекінгу за діяльністю користувачів;
- залучення користувачів та персоналу до навчання щодо безпеки та практики збереження конфіденційності.

Ці заходи створюють комплексний підхід до захисту інформації в інтегрованих AR та VR системах, сприяючи створенню безпечного та довіреного віртуального середовища.

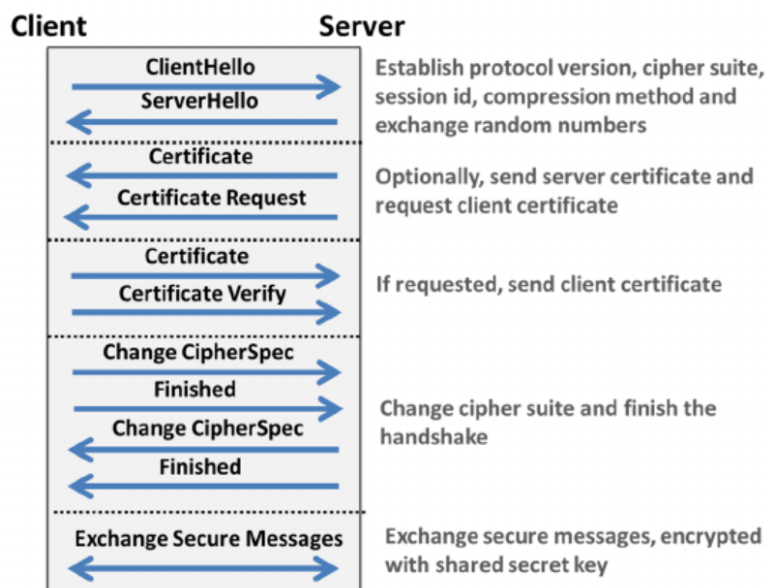


Рисунок 2.1 – Принципи роботи TLS протоколу

Приклади успішної інтеграції. Існує численні приклади успішної інтеграції технологій доповненої реальності (AR) та віртуальної реальності (VR) в різні сфери. Оцінка успішності інтеграції може бути здійснена на основі покращення ефективності бізнес-процесів, підвищення користувацького досвіду або досягнення конкретних бізнес-цілей.

Кілька прикладів інтеграції AR/VR:

- у хірургічних процедурах AR та VR використовуються для створення тривимірних моделей пацієнтів та візуалізації важливих структур. Проєкт Magic Leap Health[30] розробляє інтегровані рішення для покращення точності та безпеки хірургічних втручань;

- в освітній сфері AR та VR дають змогу створювати інтерактивні навчальні матеріали. Наприклад, Google Expeditions (рис.2.2) використовує VR для організації віртуальних екскурсій для учнів, дозволяючи їм вивчати географію, історію та науку;



Рисунок 2.2 – Інтеграція VR на прикладі Google Expeditions

1. в промислових секторах AR та VR використовуються для покращення процесів навчання персоналу, візуалізації проєктів та підвищення ефективності виробництва. Зокрема, Airbus [31] використовує Microsoft HoloLens (рис.2.3) для проєктування кабін літаків та підготовки персоналу;



Рисунок 2.3 – Використання VR компанією Airbus

– в рекламній сфері AR використовується для створення інтерактивних рекламних кампаній. Snapchat та Instagram запустили фільтри та ефекти AR для взаємодії з користувачами та просування брендів;

– у галузі розваг AR та VR широко використовуються для створення іммерсивних віртуальних світів. Наприклад, Oculus Rift (рис 2.4) та HTC Vive надають геймерам можливість поглибитися в гри та взаємодіяти з віртуальним середовищем.



Рисунок 2.4 – Взаємодія з Oculus Rift

Ці приклади свідчать про різноманітність та потенційність успішної інтеграції AR та VR в різні галузі, відзначаючи позитивні впливи цих технологій на різні аспекти сучасного життя.

2.2 Запропонований підхід до інтеграції AR і VR в сфері управління проектами

Запропонований підхід до інтеграції доповненої реальності (AR) та віртуальної реальності (VR) в сфері управління проектами представляє собою комплексний підхід, спрямований на покращення ефективності та результативності проєктів. Цей підхід враховує особливості обох технологій та їхні потенційні переваги у контексті управління проєктами. Розглянемо деталі цього підходу:

Інтегроване використання AR та VR. Основна ідея полягає в тому, щоб поєднати можливості як AR, так і VR, для створення інтерактивного та багатофункціонального середовища управління проєктами. З використанням AR

можна надавати реальний час інформації про об'єкти та процеси в реальному світі, тоді як VR може служити для створення віртуального простору для спільної роботи та прийняття рішень.

Ключові аспекти інтегрованого використання AR та VR представлені в таблиці 2.1

Таблиця 2.1 – Аспекти та Застосування інтегрованого AR та VR

Аспекти	Опис
Надання реального часу інформації	AR використовується для накладання контекстуальної інформації на реальний світ. Управлінці проекту та команда можуть переглядати додаткові дані про об'єкти або завдання в реальному часі, полегшуючи прийняття рішень.
Створення віртуального простору	VR використовується для створення віртуального простору, в якому учасники проекту можуть спілкуватися, співпрацювати та приймати рішення. Віртуальний простір адаптується для конкретних потреб проекту, забезпечуючи інтерактивність команди.
Візуалізація проекту	Використання AR та VR для візуалізації проекту дозволяє команді отримувати глибокий та реалістичний огляд просторових відносин між завданнями та ресурсами, полегшуючи розуміння складних структур та уникнення непорозумінь.
Інтерактивність та співпраця	Інтеграція AR та VR дозволяє учасникам проекту взаємодіяти з віртуальними об'єктами та моделями в реальному часі, надаючи можливість вносити зміни, обговорювати аспекти проекту та приймати спільні рішення в іммерсивному середовищі.
Збільшення комунікації	Використання AR для розширення реальності полегшує комунікацію між учасниками проекту. Розширені елементи реальності накладають додаткову інформацію на фізичний світ, сприяючи кращому сприйняттю завдань та вимог.

Інтегроване використання AR та VR в управлінні проектами створює багатофункціональне та динамічне середовище, яке сприяє покращенню ефективності команди та якісному виконанню проектних завдань.

Інтерактивне планування та візуалізація. Використання AR для візуалізації

реальних об'єктів та об'єктів у реальному часі може полегшити процес планування проєкту. В той же час, VR може допомагати в створенні тривимірних моделей проєктів, що дозволяє команді ефективно взаємодіяти з просторовими об'єктами та об'єктами.

Використання AR та VR у сфері управління проєктами надає потужні інструменти для візуалізації та ефективного планування. Наприклад, Microsoft HoloLens використовує AR для відображення віртуальних об'єктів на реальних поверхнях, що полегшує спільну роботу команди на будівельному об'єкті.

VR, у свою чергу, створює можливість взаємодії з тривимірними моделями проєктів. Компанія Autodesk[32], завдяки своєму продукту BIM 360, надає можливість взаємодії з великими будівельними моделями у віртуальному середовищі, полегшуючи співпрацю та розуміння складних конструкцій.

Ефективне планування та взаємодія: Застосування AR для візуалізації сприяє оперативному реагуванню на зміни в реальному часі. Наприклад, DAQRI Smart Helmet дозволяє відстежувати робочі процеси та отримувати інформацію в реальному часі, полегшуючи взаємодію команди.

Взаємодія з просторовими об'єктами: Використання VR надає команді можливість ефективно взаємодіяти з просторовими об'єктами віртуального середовища. Наприклад, Spatial[33], платформа для віртуальних зустрічей, дозволяє учасникам взаємодіяти з об'єктами та даними у віртуальному просторі, забезпечуючи ефективну комунікацію.

Віртуальні наради та спілкування. Застосування VR може бути корисним для проведення віртуальних нарад та зустрічей, забезпечуючи можливість спілкування команди проєкту навіть віддалено. Це сприяє покращенню комунікації та зменшенню географічних обмежень.

Порівняння категорій "Віртуальні наради та спілкування" та "Інтерактивне планування та візуалізація" подано в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Різниця між використанням VR для віртуальних нарад та AR/VR для інтерактивного планування та візуалізації проєктів.

Характеристика	Віртуальні наради та спілкування	Інтерактивне планування та візуалізація
Технологічний засіб	Використання VR для віртуальних зустрічей та нарад	Комбінація AR та VR для візуалізації та планування проєкту
Застосування	Віддалені наради, зустрічі команди віртуально	Інтерактивне планування проєктів у віртуальному середовищі
Приклади компаній або продуктів	1. Spatial - платформа для віртуальних нарад	1. PlannerXR[34] - планувальник проєктів у VR
	2. MeetinVR - інструмент для віртуальних зустрічей	2. MagicPlan VR - планування та візуалізація в AR
Переваги	Подолання географічних обмежень, поліпшення комунікації	Ефективне візуалізація завдань, збільшення взаєморозуміння
Виклики та обмеження	Потреба у високоякісних VR-гарнітурах, стабільне інтернет-з'єднання	Сумісність інтеграції AR/VR технологій, навчання персоналу

Збір та аналіз даних в реальному часі. AR може використовуватися для збору реальних даних з різних джерел, таких як сенсори та IoT-пристрої. Ці дані можуть бути потім візуалізовані та проаналізовані в режимі реального часу за допомогою VR, дозволяючи команді швидко реагувати на зміни та вирішувати завдання. Деталі цього підходу:

Збір реальних даних за допомогою AR. AR може інтегруватися з різними джерелами даних, такими як сенсори та Інтернет речей (IoT)-пристрої[35]. Сенсори можуть збирати різноманітні дані, такі як температура, вологість, рух, а IoT-пристрої можуть надавати інформацію з певних об'єктів чи механізмів. Компанія

SensorTech Solutions[36] використовує AR для збору даних в реальному часі з сенсорів на промислових об'єктах, щоб надавати точну інформацію про їхній стан.

Візуалізація та аналіз в реальному часі з використанням VR. Отримані дані можуть бути передані в середовище VR для їх візуалізації та аналізу в режимі реального часу. VR дозволяє команді проєкту іммерсивно взаємодіяти з даними, представляючи їх у формі тривимірних моделей, графіків чи інших візуальних елементів. Компанія VirtuTech Analytics використовує VR для візуалізації даних в реальному часі, надаючи команді проєкту інтерактивні тривимірні моделі для швидкого аналізу та взаємодії з інформацією. Це полегшує сприйняття та розуміння великої кількості інформації та дозволяє швидше реагувати на зміни.

Швидка реакція на зміни. Завдяки можливості аналізу даних в реальному часі, команда проєкту може оперативнo виявляти та реагувати на будь-які зміни чи проблеми. Наприклад, виробнича лінія, обладнана сенсорами, може надсилати дані в AR-систему, а VR може використовуватися для візуалізації та аналізу робочих процесів.

Покращення прийняття рішень. Здатність візуалізувати та аналізувати дані в реальному часі дозволяє приймати обґрунтовані та оперативні рішення. Це особливо важливо в управлінні проєктами, де швидка реакція та точність прийнятих рішень можуть визначити успіх проєкту. Стартап DataSphere AR[37] спеціалізується на інтеграції AR для збору даних в реальному часі. Їхнє рішення використовує AR для накладання відомостей на фізичні об'єкти, збираючи дані з сенсорів та перетворюючи їх на інтерактивну візуалізацію у віртуальному середовищі VR.

Використання AR та VR для збору та аналізу даних в реальному часі може значно підвищити ефективність управління проєктами, забезпечуючи команді точні та актуальні дані для прийняття обґрунтованих рішень.

Інтерактивний навчальний процес. Використання VR може стати ефективним засобом для навчання нових членів команди проєкту або ознайомлення зі складними проєктними вирішеннями. Віртуальні тренажери можуть допомагати підготувати персонал до різних сценаріїв та викликів.

Компанія VirtuLearn Solutions використовує VR-середовище для інтерактивного навчання нових учасників команди проєкту. Віртуальні тренажери дають змогу персоналу ефективно взаємодіяти з реальними ситуаціями проєкту та навчатися приймати оптимальні рішення.

Загальний підхід полягає в тому, щоб використовувати AR та VR як доповнення один до одного, створюючи таким чином повноцінне інтегроване середовище для управління проєктами. Це може покращити сприйняття інформації, пришвидшити прийняття рішень та забезпечити більш ефективну комунікацію в команді проєкту.

Прикладом слугує компанія IntegraTech Solutions, що успішно впроваджує загальний підхід до використання AR та VR в навчальних програмах для команди проєкту. Це створює можливість для інтерактивного навчання та обміну знанням між членами команди, що сприяє зростанню ефективності управління проєктами та покращує комунікацію.

Нижче подано таблицю 1.7, яка порівнює дві категорії: "Збір та аналіз даних в реальному часі" і "Інтерактивний навчальний процес".

Таблиця 1.7 – Порівняльний огляд використання технологій AR та VR в різних сценаріях управління проєктами.

Характеристика	Збір та аналіз даних в реальному часі	Інтерактивний навчальний процес
Технологічний засіб	Використання AR для збору даних та їх передачі в VR	Використання VR для іммерсивного навчання та тренувань
Застосування	Реальний час, збір даних з сенсорів та IoT-пристроїв	Імітація сценаріїв та викликів для навчання команди проєкту

Продовження таблиці 1.7		
Приклади компаній або продуктів	1. SensiTrack AR - система для збору та візуалізації даних	1. VirtuLearn VR Training Suite - інтерактивні тренажери
	2. IoTConnect Analytics - аналітична платформа для IoT-даних	2. ImmerseTech Education VR - освітні програми у VR-середовищі
Переваги	Швидка реакція на зміни, точність рішень у реальному часі	Ефективне навчання нових учасників, іммерсивний підхід
Виклики та обмеження	Інтеграція з різними джерелами даних, обробка великої кількості інформації	Потреба у високоякісних VR-обладнаннях, стабільне живлення

Всі ці аспекти створюють інтегрований та гнучкий підхід до використання AR та VR в управлінні проектами, сприяючи підвищенню ефективності, якості та інноваційності у процесах управління проектами. Інтеграція доповненої реальності (AR) та віртуальної реальності (VR) в процесі управління проектами дозволяє збільшити рівень взаємодії команд, поліпшити сприйняття та аналіз інформації, а також забезпечити більш оперативне та точне прийняття управлінських рішень.

2.3 Методологія інтегрування AR і VR в управлінні проектами

Методологія інтегрування AR і VR в управлінні проектами (рис. 2.5) полягає в систематичному об'єднанні технологій розширеної (AR) та віртуальної реальності (VR) в процесах управління проектами. Цей підхід охоплює кроки, процедури та стратегії, спрямовані на успішну інтеграцію AR та VR з метою покращення результативності та ефективності управління проектами.

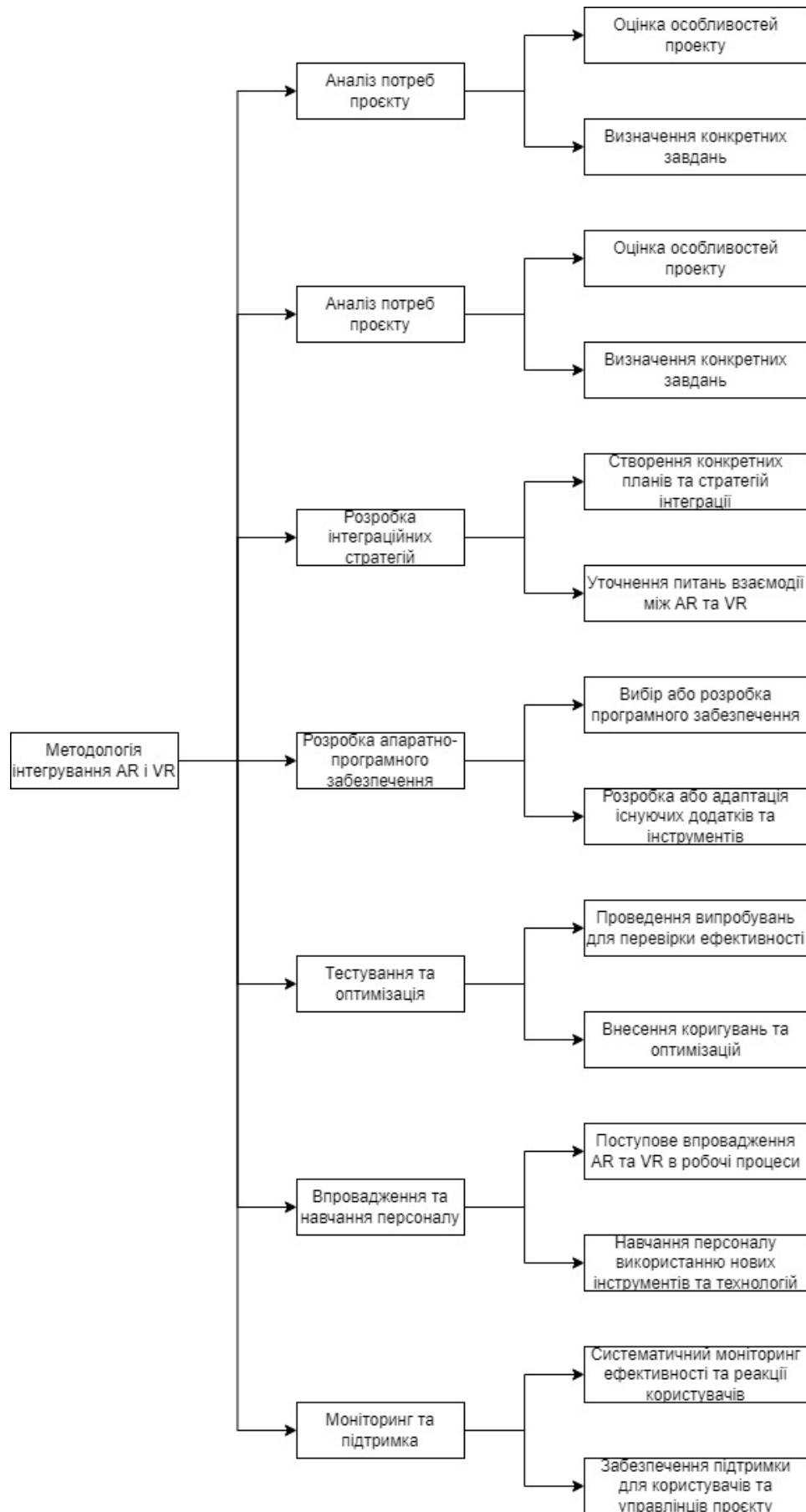


Рисунок 2.5 – Загальна схема методології інтегрування AR і VR

Методологія інтегрування включає в себе наступні послідовні етапи:

1. Аналіз потреб проєкту - перший та критичний етап у впровадженні AR та VR в управління проєктами. На цьому етапі проводиться глибоке дослідження особливостей та вимог конкретного проєкту з метою ідентифікації областей, які можуть бути покращені за допомогою цих технологій. До нього входять:

a) Оцінка особливостей проєкту. Оцінка особливостей проєкту включає ретельний аналіз характеристик проєкту, таких як його масштаб, тривалість, галузь, тип завдань та взаємодія між учасниками. Далі, визначається сфера застосування, де впровадження технологій розширеної та віртуальної реальності (AR та VR) може найбільш ефективно впливати на результативність та продуктивність проєкту.

b) Визначення конкретних завдань, що включає в себе аналіз завдань, які можуть бути покращені за допомогою AR та VR. Наприклад, це може бути візуалізація проєктних об'єктів, інтерактивність в процесі співпраці, віртуальні наради тощо. Також важливо ідентифікувати проблеми або труднощі, з якими стикається команда проєкту, які можуть бути вирішені за допомогою цих технологій.

c) При врахуванні вимог користувачів здійснюється збір відгуків від ключових зацікавлених осіб, таких як управлінці проєкту, члени команди, клієнти та інші стейкхолдери. Також визначаються конкретні потреби та очікування користувачів щодо покращень у взаємодії та управлінні проєктом.

d) Врахування технічних можливостей передбачає аналіз технічних характеристик ринку AR та VR, які відповідають конкретним потребам та вимогам проєкту. Оцінюється також сумісність цих технологій з існуючими системами управління проєктом та іншими ІТ-інструментами.

e) Створення стратегії впровадження. Цей етап включає розробку конкретного плану впровадження AR та VR, визначення етапів та критеріїв успіху. Також проводиться прогноз ефективності, що передбачає прогнозування та оцінку очікуваних ефектів від використання цих технологій в рамках конкретного проєкту.

Аналіз потреб проєкту визначає стратегічний напрямок інтеграції AR та VR,

забезпечуючи максимальну адаптацію та користь в контексті управління проектами.

2. Вибір підходящих технологій для проєкту – це критичний етап, який передбачає ретельний аналіз і визначення, чи краще використовувати розширену реальність (AR), віртуальну реальність (VR), або комбінацію обох для конкретного сценарію проєкту.

У визначенні цього вибору важливо враховувати конкретні потреби та мету проєкту. AR, яка дозволяє накладати віртуальні об'єкти на реальний світ, може бути ефективною для візуалізації інформації та додавання контексту до реальних об'єктів. З іншого боку, VR створює повноцінне іммерсивне середовище, що може бути корисним для віртуальних тренувань, співпраці віддалених команд або віртуальних нарад.

Важливим є також врахування обмежень технічних та бізнес-параметрів. Наприклад, якщо проєкт вимагає великої інтерактивності та участі багатьох користувачів, може бути ефективніше використовувати VR для створення спільного іммерсивного середовища. З іншого боку, якщо важлива мобільність та взаємодія з реальним середовищем, AR може бути більш підходящим варіантом.

При виборі технологій також слід враховувати економічні аспекти, такі як вартість розробки та впровадження, технічну готовність ринку, адаптованість до існуючих систем управління та інші технічні обмеження. Такий підхід допоможе забезпечити оптимальне використання технологій у відповідності до конкретних вимог та умов проєкту.

3. Розробка інтеграційних стратегій, що включає в себе створення конкретних планів та стратегій для успішної інтеграції розширеної реальності (AR) та віртуальної реальності (VR) в існуючі процеси управління проектами поділяється на кілька етапів:

1) Створення конкретних планів, що включає кілька ключових кроків для ефективною інтеграції технологій розширеної реальності (AR) та віртуальної реальності (VR) в існуючі процеси управління проектами.

Аналіз потреб проєкту полягає у ретельному огляді особливостей та вимог проєкту з метою визначення можливостей інтеграції AR та VR для покращення ефективності та результативності проєкту.

Визначення етапів інтеграції передбачає розробку чітких кроків, включаючи підготовку інфраструктури, вибір технічних рішень, розробку необхідного програмного забезпечення та тестування. Це допомагає систематизувати процес інтеграції та забезпечити його успішне впровадження.

2) Уточнення питань взаємодії. Етап, що визначає способи взаємодії між AR та VR для створення спільного та інтегрованого іммерсивного середовища. Також проводиться аналіз питань інтеграції з існуючими системами управління проєктами, такими як інструменти для спільної роботи, системи моніторингу та звітності.

3) Розробка стратегій інтеграції включає залучення ключових учасників і визначення їхніх ролей та відповідальностей. Також проводиться створення тестових сценаріїв для перевірки ефективності інтеграції та впровадження плану інтеграції, включаючи поетапну реалізацію стратегій з урахуванням всіх необхідних коректив.

Цей процес дозволяє забезпечити гладку інтеграцію технологій AR та VR у вже існуючі процеси управління проєктами та забезпечити їхню взаємодію з існуючими ІТ-системами.

4. Розробка апаратно-програмного забезпечення. Вибір або розробка програмного забезпечення починається з аналізу конкретних потреб проєкту. Визначається, яке саме програмне забезпечення буде оптимальним для взаємодії з AR та VR з урахуванням особливостей проєкту. Це може включати в себе вибір платформи розробки, мов програмування, інструментів для створення інтерактивного іммерсивного середовища.

Під час розробки або адаптації програмного забезпечення важливо враховувати специфіку вибраної технології AR та VR. Наприклад, для AR може бути необхідно розробити алгоритми розпізнавання об'єктів, тоді як для VR може знадобитися створення віртуального середовища з можливістю взаємодії.

Розробка або адаптація існуючих додатків та інструментів включає у себе внесення змін для забезпечення сумісності з обраною технологією. Наприклад, інструменти для управління проектом можуть бути адаптовані для взаємодії з візуальними елементами AR, або існуючі VR-додатки можуть бути модифіковані для легшої інтеграції з іншими системами.

Цей етап важливий для забезпечення оптимальної функціональності та високої ефективності інтеграції AR та VR в проєкт.

5. Етап тестування та оптимізації є критичним у впровадженні інтегрованих рішень з використанням технологій розширеної реальності (AR) та віртуальної реальності (VR). Під часу етапу проводяться випробування інтегрованих AR та VR рішень та розробляються тестові сценарії, що включають різноманітні виклики та умови для взаємодії. Оцінка системи включає забезпечення високого покриття функціональних та продуктивних характеристик, охоплюючи взаємодію з іншими системами, реалістичність візуальних ефектів, швидкість реакції та стабільність системи.

Для оцінки працездатності та ефективності системи проводиться моніторинг її продуктивності під час виконання AR/VR-завдань. Важливо враховувати витрати ресурсів, такі як обсяг використаної пам'яті, обчислювальна потужність та інші показники продуктивності.

Виявлення недоліків та помилок включає систематичний аналіз результатів тестів, після чого вносяться корективи з урахуванням виявлених проблем.

Оптимізація системи передбачає вдосконалення алгоритмів та оптимізацію коду для забезпечення оптимальної продуктивності, а також впровадження змін для підвищення реалістичності та інтерактивності AR/VR-елементів.

Важливим етапом є валідація відповідності розроблених рішень вимогам та очікуванням користувачів. Для цього проводиться перевірка системи та збір відгуків від тестувальників та користувачів з метою подальших вдосконалень.

На завершальному етапі випробувань, система піддається тестуванню на реальних проєктних сценаріях для перевірки її адаптабельності та ефективності в конкретному контексті.

Цей етап грає важливу роль у забезпеченні успішності інтеграції та оптимізації AR та VR рішень, забезпечуючи їхню стабільність, ефективність та відповідність вимогам користувачів.

6. Впровадження AR та VR в робочі процеси передбачає поступову інтеграцію цих технологій, починаючи з обраних пілотних проєктів. Цей підхід дозволяє ефективно вивчити можливості та обмеження нових технологій в реальних умовах, а також визначити їхній вплив на робочі процеси.

Під час впровадження AR та VR важливо забезпечити підтримку та навчання персоналу для ефективного використання нових інструментів та технологій. Навчання повинно включати як загальні принципи використання AR та VR, так і конкретні навички та нюанси, пов'язані з їхнім використанням в конкретних робочих завданнях.

Забезпечення доступу до інформаційних ресурсів, тренувальних матеріалів та ефективних навчальних програм допомагає персоналу засвоїти нові інструменти та технології. Крім того, створення механізмів звітування та збору відгуків сприяє постійному вдосконаленню процесу навчання та використання AR та VR в робочому оточенні.

7. Моніторинг та підтримка:

Моніторинг та підтримка є ключовим етапом в життєвому циклі впровадження AR та VR в управління проєктами. Систематичний моніторинг ефективності включає в себе постійне спостереження за використанням технологій, аналіз отриманих даних та оцінку їхнього впливу на результативність проєкту.

Цей процес дозволяє ідентифікувати потенційні труднощі та недоліки в роботі AR та VR, а також визначати області, які вимагають додаткової уваги або оптимізації. Моніторинг включає аналіз реакцій користувачів, що надає цінний відгук для подальших покращень та адаптації системи до потреб команди проєкту.

Забезпечення технічної та методологічної підтримки є не менш важливим компонентом. Це означає, що команда повинна мати доступ до компетентної технічної підтримки для вирішення будь-яких технічних аспектів, які можуть виникнути під час використання AR та VR. Окрім цього, методологічна підтримка

допомагає у використанні технологій у відповідності з стратегіями та цілями проєкту, а також у вирішенні будь-яких питань, пов'язаних з впровадженням та ефективним використанням AR та VR в процесах управління проєктом.

Ця методологія спрямована на забезпечення успішної інтеграції AR та VR в сферу управління проєктами та забезпечення максимальної вигоди від їхнього використання.

Висновки до розділу 2

1. У розділі проведено аналіз існуючих варіантів використання AR і VR, що вказало на широкий спектр можливостей цих технологій, таких як покращення продуктивності, підвищення якості навчання та зменшення ризиків. Запропонований підхід до інтеграції враховує специфіку управління проєктами та покликаний забезпечити ефективне впровадження AR і VR, враховуючи взаємодію з існуючими системами.

2. Визначено й описано послідовність етапів, необхідних для успішної реалізації проєктів з використанням зазначених технологій.

3. Встановлено, що успішна інтеграція потребує не лише технічних аспектів, але й врахування організаційних аспектів та грамотної підготовки персоналу. Зазначено, що виклики, такі як бюджетні обмеження та необхідність стандартизації, потребують уважного вирішення для успішної інтеграції. При цьому важливо тестувати системи та враховувати думку користувачів для подальшого вдосконалення.

3 ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ РОЗРОБЛЕНОЇ МЕТОДОЛОГІЇ НА ПРИКЛАДІ ПРОЄКТУ В СФЕРІ АВТОСЕРВІСУ

3.1 Існуючі способи інтеграцій AR і VR в сфері автосервісу

Інтеграція технологій розширеної реальності (AR) та віртуальної реальності (VR) в сфері автосервісу відкриває широкі можливості для поліпшення діагностики, навчання персоналу, оптимізації процесів обслуговування та підвищення ефективності. Розглянемо конкретні способи їх інтеграції:

1. Віртуальні навчальні симулятори відкривають перед майстрами можливість поглибленого навчання завдяки іммерсивним тренувальним сценаріям. Вони створюють віртуальні середовища, які точно відтворюють умови роботи з автомобілями, дозволяючи майстрам взаємодіяти з різними частинами та механізмами авто та виконувати різноманітні завдання.

Automotive Mechanic Training[38] надає віртуальні навчальні симулятори для автомеханіків та техніків з обслуговування автомобілів. Вони пропонують іммерсивні сценарії, які дають змогу майстрам взаємодіяти з різними автомобільними системами та компонентами.

Однією з ключових переваг є можливість навчання без використання реальних автомобілів. Віртуальні симулятори замінюють фактичні автомобілі у тренуваннях, дозволяючи майстрам отримувати необхідні навички та знання, працюючи з віртуальними моделями авто. Це ефективно використовує ресурси та мінімізує вплив на реальні транспортні засоби.

Різноманітність завдань та сценаріїв віртуальних тренувань охоплює широкий спектр викликів, включаючи виявлення несправностей, заміну деталей, виправлення технічних проблем та інше. Це дозволяє майстрам набувати досвіду в різних ситуаціях, що можуть виникнути в реальному середовищі. Mersive Technologies розробляє інтерактивні технології для відображення великих масштабів. Їх рішення можуть використовуватися для створення іммерсивних навчальних сценаріїв для майстрів з автосервісу.

Іммерсивність віртуальних сценаріїв робить навчання більш захопливим та

ефективним, дозволяючи майстрам поглиблювати свої навички та розвивати експертизу через взаємодію з реалістичними віртуальними об'єктами.

Віртуальні симулятори також дають змогу створювати сценарії з пошкодженнями автомобілів та вирішенням ремонтних завдань, надаючи можливість тренувати навички у віртуальному, безпечному середовищі.

Системи моніторингу можуть вести нагляд за успішністю майстрів під час виконання завдань у віртуальному середовищі, надаючи зворотний зв'язок та оцінки, що сприяє постійному удосконаленню їхніх навичок.

2. Аугментована діагностика:

Аугментована діагностика в сфері автосервісу використовує технології розширеної реальності (AR) для покращення діагностичного процесу та надання інформації про стан автомобіля. Основні аспекти цього підходу представлені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Основні підходи щодо інтеграції AR і VR в сфері автосервісу

Підхід	Опис
Візуалізація інформації	Використання AR для створення візуальних елементів, накладених на реальний автомобіль, для відображення діагностичної інформації про стан різних систем.
Рекомендації та інструкції	Надання майстрам рекомендацій та інструкцій щодо обслуговування або виправлення проблем шляхом відображення в AR необхідних вказівок на реальному автомобілі.
Відстеження в реальному часі	Забезпечення можливості майстрам відстежувати стан автомобіля в реальному часі та отримувати миттєві дані про функціонування різних систем.
Підтримка прийняття рішень	Допомога майстрам у прийнятті обґрунтованих рішень шляхом представлення інформації в AR-форматі, що робить діагностичний процес більш зрозумілим та доступним.

Продовження таблиці 3.1	
Підвищення ефективності	Сприяння підвищенню ефективності обслуговування, дозволяючи майстрам отримувати інформацію швидше та оперативно вживати заходів для виправлення проблем.

3. Системи допомоги під час ремонту. Впровадження технології Augmented Reality (AR) для відображення схем, інструкцій та рекомендацій безпосередньо на реальний автомобіль під час проведення ремонтних робіт виявилось справжнім проривом у сфері обслуговування автомобілів. Цей підхід суттєво полегшує взаємодію майстрів з інформацією та сприяє зниженню часу виконання робіт, покращуючи ефективність та точність процесу ремонту.

Використання AR дозволяє майстрам переглядати докладні інструкції та схеми безпосередньо на автомобілі. Це полегшує розуміння порядку виконання ремонтних завдань та спрощує процес взаємодії з інформацією. Навігаційні елементи та рекомендації, які надаються системами AR, вказують майстрам на правильні місця для втручання чи заміни деталей, що сприяє точнішому виконанню завдань.

Однією з ключових переваг є мінімізація часу ремонту. Завдяки відображенню необхідної інформації безпосередньо на автомобілі, майстри можуть швидше та ефективніше виконувати ремонтні процедури, що призводить до зменшення часу ремонту. Такий підхід також допомагає уникнути помилок, оскільки інструкції та рекомендації відображаються на відповідних ділянках автомобіля.

Без використання системи Augmented Reality (AR), майстри, які використовують звичайні методи, зазвичай витрачають близько 30 хвилин на пошук та освоєння інформації з інструкцій та схем, переміщаючись між робочим місцем та джерелами інформації.

Однак застосування системи AR змінює цю картину. Інформація, яка відображається безпосередньо на автомобілі за допомогою AR, дозволяє майстрам виконувати ті ж операції в середньому за 5-7 хвилин, завдяки миттєвому доступу

та зручності взаємодії з інформацією.

Результати вказують на значущі зміни. Використання системи AR дозволяє зменшити час виконання ремонтних робіт приблизно на 80%, що еквівалентно зменшенню часу з 30 хвилин до всього 5-6 хвилин. Цей вражаючий прогрес підтверджується дослідженнями провідних компаній у галузі автомобільних технологій, таких як Bosch (рис.3.1) і Mersive Technologies, які вже успішно впроваджують AR для поліпшення процесів обслуговування автомобілів та навчання фахівців.

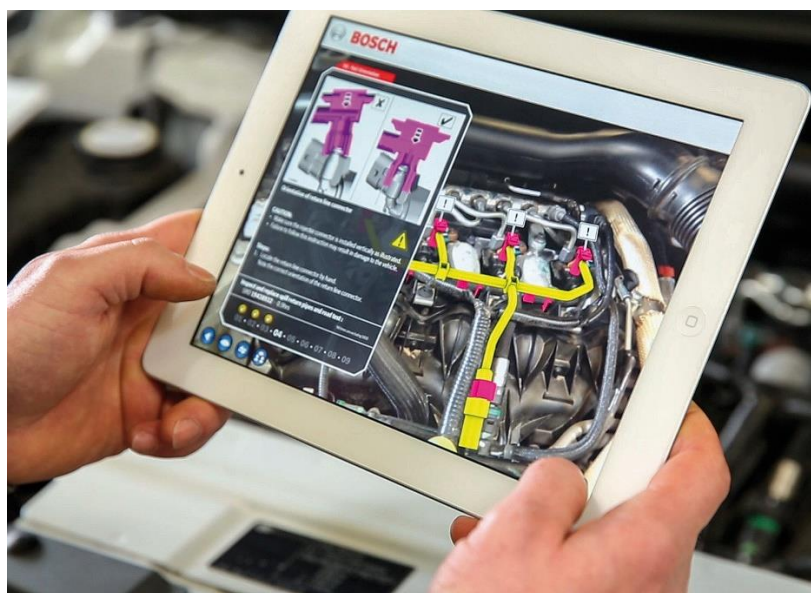


Рисунок 3.1 – Робота з використанням AR від Bosch

Системи AR допомагають підвищити точність ремонтних робіт, надаючи інтерактивні елементи, такі як відеоролики чи анімації, які полегшують розуміння та виконання конкретних завдань. В цілому, використання AR в системах допомоги під час автосервісу створює ефективний, точний та інтерактивний процес, сприяючи оптимізації робочого процесу майстрів.

4. Віртуальні тести та симуляції. Використання технології віртуальної реальності (VR) в сфері тестування автомобільних систем та агрегатів представляє собою переворотний підхід, який дозволяє виробникам та інженерам значно поліпшити ефективність та точність тестових процесів.

Однією з ключових переваг віртуальних тестів та симуляцій є можливість

виконувати тести та симуляції без реальних фізичних пристроїв. Це економить час та ресурси, оскільки не потрібно створювати та налаштовувати фізичні пристрої для кожного тестування.

Віртуальні тести також дають змогу інженерам виявляти проблеми та дефекти в автомобільних системах на ранніх етапах розробки. Це дозволяє уникнути виправлень на пізніших стадіях, коли вони можуть бути надто витратними.

Застосування віртуальних симуляцій дозволяє інженерам тестувати нові концепції та рішення без необхідності фізичного створення прототипів. Це прискорює процес впровадження нових технологій та інновацій. Прикладом може бути VirtualTestDrive[39] (рис. 3.2) - програмне забезпечення, яке дозволяє віртуально тестувати характеристики водіння та взаємодії автомобіля з різними дорожніми умовами.



Рисунок 3.2 – Вигляд VirtualTestDrive

Віртуальні тести дають змогу інженерам створювати реалістичні сценарії безпеки та аналізувати реакцію систем на них. Це сприяє вдосконаленню безпекових характеристик автомобілів та зменшенню ризиків аварій.

Застосування VR дозволяє ефективно використовувати ресурси, оскільки можливо виконувати тести та симуляції в віртуальному середовищі без необхідності великої кількості фізичних пристроїв та інфраструктури.

Віртуальні тести також дають змогу проводити більше ітерацій та тестів, що в результаті призводить до покращення якості та надійності автомобільних систем.

Приклади використання віртуальних тестів та симуляцій в автомобільній галузі:

Siemens Simcenter[40] (рис. 3.3) - платформа, яка використовує віртуальні симуляції для тестування та оптимізації різних аспектів автомобільного проектування, включаючи механічні, термічні та аеродинамічні характеристики.

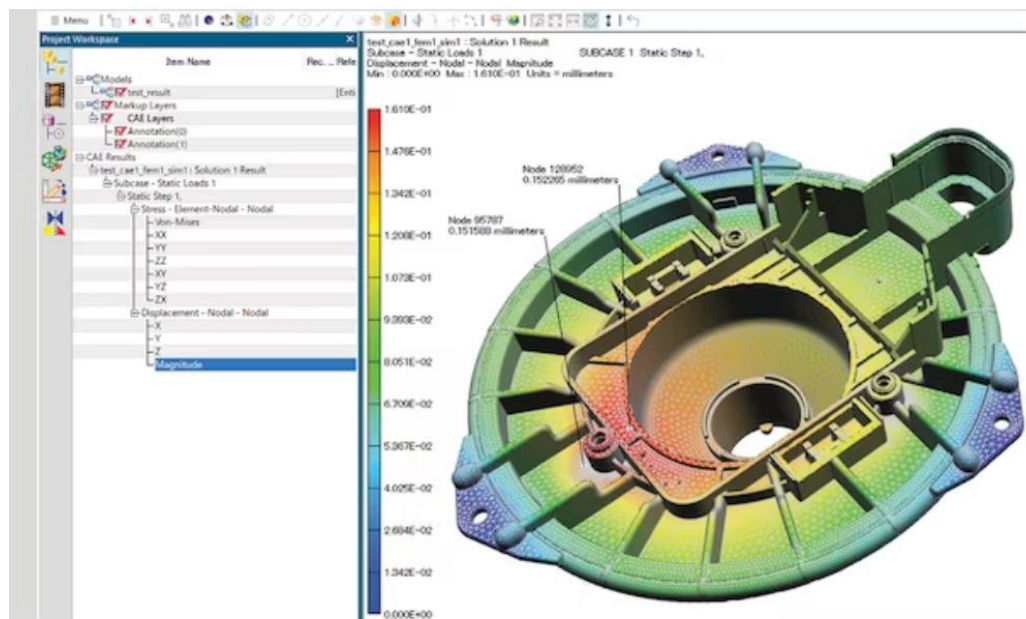


Рисунок 3.3 – Загальний вигляд програми від компанії Siemens Simcenter

ANSYS VRXPERIENCE (рис. 3.4) надає інструмент для віртуальних тестів, який дозволяє інженерам тестувати та аналізувати взаємодію водія з елементами автомобіля в віртуальному середовищі.

Загалом використання віртуальних тестів та симуляцій в автомобільній галузі відкриває нові перспективи для вдосконалення якості та швидкості розробки автомобільних систем.



Рисунок 3.4 – Процес тестування віртуального автомобіля

5. Підготовка до важливих обслуговувань (табл. 3.2). В сучасній автомобільній індустрії технології віртуальної реальності (VR) виявляються дуже ефективним інструментом для підготовки майстрів до важливих технічних обслуговувань та ремонтних робіт. Використання VR дозволяє майстрам отримувати глибокі та реалістичні знання щодо особливостей конкретних моделей та типів автомобілів, покращуючи їхні навички та підготовку до робіт.

Таблиця 3.2 – Ключові аспекти використання VR у підготовці до обслуговувань

Аспекти	Опис
Детальний огляд автомобіля	VR дозволяє майстрам вивчати автомобіль в деталях, розглядаючи його віртуальну модель з усіх кутів. Це дозволяє виявляти потенційні проблеми та особливості конструкції.
Тренування на віртуальних моделях	Майстри можуть виконувати різноманітні технічні завдання та ремонтні процедури на віртуальних автомобілях, що створює реалістичне віртуальне середовище. Це готує їх до робіт у реальних умовах.

Продовження таблиці 3.2	
Ознайомлення з особливостями конкретних моделей	VR дозволяє майстрам вивчати усі особливості та характеристики конкретних моделей автомобілів, включаючи нові технології, системи безпеки та електроніку.
Симуляція важливих сценаріїв	Майстри можуть тренувати свої навички в різних сценаріях, таких як виявлення несправностей, заміна деталей чи робота з електронікою. Це підвищує їхню ефективність та впевненість у роботі.

Загальні переваги використання VR у підготовці до важливих обслуговувань представлені у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Ключові аспекти використання VR у підготовці до обслуговувань

Аспекти	Опис
Підвищення ефективності навчання	Майстри можуть швидше та ефективніше засвоювати інформацію віртуальним шляхом, що дозволяє скоротити час підготовки до робіт.
Покращення реальних навичок	Тренування на віртуальних автомобілях дає можливість майстрам розвивати та вдосконалювати свої навички безпосередньо перед виконанням реальних робіт.
Мінімізація ризиків та помилок	Віртуальна підготовка дозволяє виявляти та виправляти помилки без зазначення фізичних пошкоджень автомобілів, що покращує якість обслуговування.

6. Технічна консультація в реальному часі:

Завдяки візуалізації технічної інформації через AR, майстри можуть отримувати детальні вказівки та інструкції, відображені безпосередньо на екрані їхніх пристроїв. Експерти з технічної підтримки можуть представляти 3D-моделі частин, систем та механізмів автомобіля, спрощуючи розуміння та виконання ремонтних завдань.

Віртуальні пояснення та демонстрації через AR дають змогу експертам чітко пояснювати складні технічні аспекти майстрам, надаючи їм відмінні уявлення про процес вирішення проблем. Це важливо для навчання новачків та розвитку навичок більш досвідчених фахівців.

Основною перевагою використання AR є можливість отримання консультацій в реальному часі. Експерти можуть тут же реагувати на запитання та проблеми, забезпечуючи оперативне та точне вирішення завдань. Це сприяє уникненню затримок у вирішенні проблем та підвищує ефективність виконання робіт.

Інтеграція AR та віртуальної реальності (VR) в сфері автосервісу створює іммерсивні віртуальні середовища для навчання та тренувань. Це дозволяє майстрам взаємодіяти з автомобільними системами в реалістичних умовах, поглиблюючи їхні знання та навички.

Загалом, використання AR для технічної консультації в реальному часі позитивно впливає на точність діагностики, ефективність робіт та загальну якість обслуговування автомобілів.

3.2 Приклад реалізації інтеграції AR і VR в сфері автосервісу

Методологія інтегрування AR і VR в управлінні проєктами, яка розглядається у розділі 2.3, є ключовим етапом для успішної реалізації інноваційних технологій у сфері автосервісу. Орієнтовне втілення цієї методології зображено на рисунку 3.5.



Рисунок 3.5 – Загальний приклад використання AR у сфері автосервісу

Далі, покроково розглянуто конкретний приклад (рис. 3.6), як ця методологія може бути використана для створення інтегрованої системи AR і VR.

Першим кроком є чітке визначення цілей та завдань впровадження технологій AR і VR у сферу автосервісу.

Визначення цілей та завдань є стратегічно важливим етапом для успішної інтеграції технологій розширеної та віртуальної реальності в сферу автосервісу. Цей крок визначає основні пріоритети та визначає, як система AR і VR повинна сприяти покращенню процесів.

Однією з цілей є підвищення ефективності робіт, для цього використовується оптимізація часу та ресурсів, спрямована на підвищення ефективності робіт у сервісних центрах. Система AR і VR може допомагати майстрам швидше та точніше виконувати діагностику та ремонтні процедури.

Покращення системи підготовки персоналу, що забезпечує доступ до інтерактивних тренажерів та симуляцій на базі технологій AR і VR. Майстри можуть отримувати практичні навички та знання безпосередньо відображаючи їх

на реальних сценаріях.

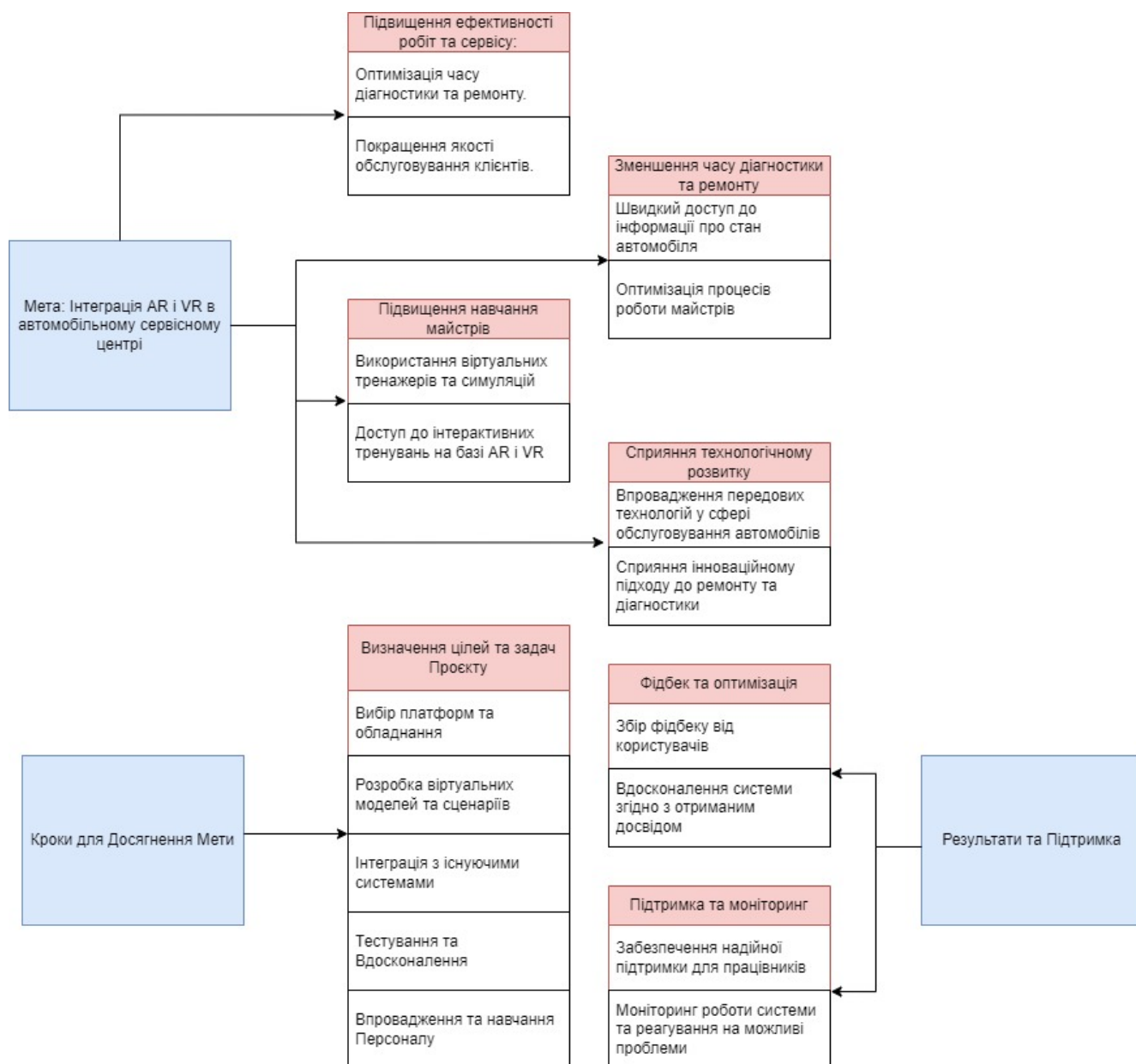


Рисунок 3.6 – Структура для інтеграції AR і VR в сфері автосервісу

Основною ціллю інтеграції є зменшення часу діагностики та ремонту, який витрачається на діагностику та ремонт автомобілів. Використання AR дозволяє майстрам отримувати швидкий та точний доступ до інформації про стан автомобіля та рекомендацій щодо ремонтних дій.

Неменше важливим є підвищення рівня обслуговування. Система AR може забезпечити майстрам інструменти для швидкого та якісного обслуговування клієнтів, надаючи необхідну інформацію на екрані пристрою (рис. 3.4).

Головна ціль інтеграції виражена в підтримці інновацій та впровадження

передових технологій у сфері обслуговування автомобілів. Технології AR і VR можуть служити катализаторами для технічного розвитку та вдосконалення підходів до ремонту.

Ці цілі дають змогу створити чіткий вектор для реалізації проєкту і визначають ті напрямки, в яких технології AR і VR будуть найбільш ефективними та вигідними для впровадження.

Другим кроком згідно поставленої методології стоїть вибір платформи AR і VR, що найкраще відповідають визначеним цілям проєкту і вимогам сфери автосервісу. Вибір правильних технологій є ключовим кроком для забезпечення успішності впровадження та досягнення визначених результатів.

Для досягнення цілей, пов'язаних із підвищенням ефективності робіт та зменшенням часу діагностики та ремонту, можливо використовувати AR-окуляри. Ці окуляри можуть відображати інформацію прямо на поверхні реальних автомобілів, що дозволяє майстрам отримувати необхідні дані безпосередньо на місці робіт.

Проєкт може використовувати вже існуючі рішення, такі як Microsoft HoloLens або Google Glass, або розробляти власні AR-окуляри, спеціально адаптовані для потреб автомобільної галузі.

Для покращення навчання майстрів та підготовки до важливих обслуговувань можна використовувати VR-системи. Вони дають змогу майстрам вивчати автомобіль в деталях, тренувати навички на віртуальних моделях та симулювати важливі сценарії.

Вибір може включати комерційні рішення, такі як Oculus Rift чи HTC Vive, або розробку власної VR-системи, адаптованої для особливостей технічних обслуговувань автомобілів.

Завдяки правильному вибору платформ AR і VR можна забезпечити оптимальне використання технологій та максимізувати їхній вплив на досягнення поставлених завдань.

Третій етап зав'язаний на створенні високоякісних віртуальних моделей автомобілів та інтерактивних сценаріїв для оптимального використання технологій

AR і VR у сфері автосервісу.

Створення детальних та реалістичних віртуальних моделей автомобілів потрібне для успішного впровадження технологій AR та VR. Ці віртуальні моделі повинні відображати всі аспекти автомобільної конструкції, включаючи двигун, електроніку, системи безпеки та інші важливі компоненти.

З використанням AR можна реалізувати відображення інформації про стан систем безпосередньо на реальний автомобіль, дозволяючи майстрам швидше та ефективніше взаємодіяти з інструкціями та рекомендаціями.

Створення інтерактивних сценаріїв в VR дозволяє майстрам тренувати та вдосконалювати свої навички в іммерсивному віртуальному середовищі. Ці сценарії можуть охоплювати різні робочі процеси, від діагностики до ремонтних процедур.

Спільне використання інтерактивних сценаріїв у VR дозволяє майстрам отримувати практичний досвід безпосередньо перед реальними роботами. Це робить процес навчання більш ефективним та допомагає вирішувати реальні проблеми, які можуть виникнути при обслуговуванні автомобілів.

Правильно розроблені віртуальні моделі та сценарії грають важливу роль у впровадженні технологій AR і VR, сприяючи якісній підготовці майстрів та підвищенню ефективності робочих процесів.

3 крок – етап інтеграції технологій AR і VR з існуючими системами автомобільних сервісних центрів. Цей процес охоплює декілька ключових аспектів, спрямованих на створення цілісної та ефективною системи:

- забезпечення сумісності з Базами Даних: Інтеграція технологій AR і VR розпочинається з аналізу та адаптації до вже існуючих баз даних сервісних центрів. Мета полягає в тому, щоб системи безперешкодно взаємодіяли, забезпечуючи обмін необхідною інформацією для ефективного використання AR-інтерфейсів та VR-симуляцій;

- інтеграція з системами діагностики: Технології AR і VR повинні бути гармонійно вплетені в існуючі системи діагностики автомобілів. Це включає у себе здатність отримання реальних даних з автомобіля та їхнє відображення на AR-

екранах для швидкої та точної діагностики;

- узгодження з системами управління ремонтними процесами: AR і VR повинні бути взаємодійними з системами управління ремонтними процесами, такими як планування робіт, надання послуг та моніторинг стану автомобілів. Це дозволяє автоматизувати та підвищити ефективність робочих процесів;

- реалізація єдиної інтерфейсної системи: Стратегія інтеграції передбачає створення єдиної інтерфейсної системи, яка об'єднає технології AR і VR з існуючими. Це дозволить майстрам безперешкодно переміщатися між різними режимами роботи та отримувати необхідну інформацію на всіх етапах обслуговування автомобіля;

- тестування та оптимізація: Після інтеграції проводиться тестування системи на практиці для визначення її ефективності та виявлення можливих недоліків. Оптимізація виконується з метою підвищення продуктивності та надійності роботи систем AR і VR в умовах автомобільного сервісу.

Інтеграція технологій AR і VR з існуючими системами є важливим етапом для забезпечення безперебійного та продуктивного використання цих інновацій в автомобільному сервісі.

Крок 5 – тестування та вдосконалення, етап перед впровадженням системи AR і VR в середовище автомобільного сервісу. Цей процес цей включає в себе кілька ключових етапів для забезпечення якості та ефективності нових технологій:

- тестування функціональності, при якому кожна функція системи AR і VR, така як відображення інформації, інтерактивність та інші, піддається ретельному тестуванню. Важливо впевнитися, що всі функції працюють бездоганно та відповідають вимогам;

- зворотній зв'язок від майстрів та інших співробітників автосервісу, які взаємодіють з технологіями AR і VR. Важливо зрозуміти, наскільки зручно та ефективно користувачі можуть використовувати ці технології у реальних умовах роботи. На основі отриманого фідбеку розробники та інженери вносять необхідні корекції та вдосконалення. Це може включати в себе виправлення помилок, оптимізацію швидкодії, додавання нових функцій чи вдосконалення інтерфейсу

користувача;

- тестування продуктивності включає в себе перевірку того, як система AR і VR впливає на час виконання завдань. Вимірюються часи виконання операцій, зокрема діагностики та ремонтних процедур, які використовують нові технології.

- підготовка до повної реалізації. Після успішного тестування та вдосконалення система AR і VR готується до повної реалізації. Оптимізована, виправлена та пристосована до потреб користувачів, вона готова підняти продуктивність та якість обслуговування автомобілів на новий рівень.

Передостаннім етапом є впровадження та навчання персоналу, під час якого необхідно ретельно спланувати процес. Визначити конкретні терміни, області впровадження, обсяг робіт та ресурси, необхідні для успішної імплементації. Це дозволяє уникнути можливих проблем та забезпечити плавний хід процесу.

Також необхідно підготувати необхідну інфраструктуру, що включає в себе налаштування комп'ютерів, AR-окулярів, VR-систем, а також забезпечити стабільний та швидкий Інтернет.

Після чого, можна запускати проект в невеликих масштабах. Наприклад, впровадження в одному робочому місці чи для конкретного типу робіт. Це дозволяє ідентифікувати можливі труднощі та забезпечити адаптацію персоналу до нових технологій.

Одним із ключових елементів впровадження – це навчання персоналу. Розробляються та проводяться спеціалізовані тренінги, на яких працівники ознайомлюються з основами використання AR і VR, їхніми функціями та можливостями. Навчання може включати як теоретичну, так і практичну частини.

Систему можна впроваджувати поетапно, розширюючи функціонал поступово. Наприклад, спочатку використання лише для діагностики, а потім розширення на інші види робіт. Це дозволяє плавно інтегрувати технології та уникнути перевантаження персоналу.

Протягом періоду впровадження важливо збирати фідбек від працівників. Це дозволяє вчасно виявляти можливі проблеми, а також здійснювати оптимізації для підвищення продуктивності та зручності використання системи.

Впровадження та навчання персоналу є ключовими кроками у забезпеченні успішної роботи системи AR і VR в автомобільному сервісному центрі.

Останнім кроком є запуск системи в робоче середовище та встановлення моніторингових засобів для відстеження її ефективності. Проводяться регулярні оновлення для покращення функціоналу та врахування змін в сфері автосервісу.

Приклад реалізації інтеграції AR і VR в сфері автосервісу демонструє, як методологія може бути конкретно застосована для впровадження інновацій та покращення робочих процесів.

3.3 Аналіз результатів інтеграції і подальші рекомендації

Після завершення інтеграції технологій доповненої та віртуальної реальності (AR і VR) у сфері автосервісу проводиться аналіз отриманих результатів. Цей етап є ключовим для визначення ефективності та доцільності впроваджених технологій. Оцінка проводилась відповідно до статей тісно пов'язаних з автомобільною сферою.

Відповідно до досліджень компанії SpiritMash[41], після впровадження AR і VR у сервісному центрі виявлено зниження часу виконання технічного обслуговування автомобілів. Завдяки використанню AR-окулярів майстри отримують докладні інструкції та візуальні асистенти під час роботи. Це призводить до ефективнішого виконання завдань, оскільки техніки більше не потрібно перевіряти друковані інструкції чи шукати інформацію в комп'ютері. В середньому, виграш в часі на роботу складає до 10%.

У контексті якості обслуговування після впровадження технологій AR і VR було здійснено аналіз задоволеності клієнтів. Дані показали зростання рівня задоволеності через покращену прозорість і зрозумілість процесів обслуговування. Клієнти, які мали можливість спостерігати за процесом ремонту за допомогою AR, відзначили більшу довіру та задоволення від обслуговування.

У сфері навчання персоналу за допомогою віртуальних тренажерів також відзначилися позитивні результати. Майстри, які проходили навчання з

використанням VR, виявили покращення у розумінні складних сценаріїв ремонту та ефективніше застосовували знання на практиці.

Аналіз помилок та недоліків, виявлених завдяки віртуальній підготовці, показав зменшення кількості нещасних випадків і помилок під час робіт. Майстри, які використовували віртуальні тренажери, мали можливість експериментувати та вдосконалювати свої навички без реального ризику.

Після аналізу результатів інтеграції технологій AR і VR у сфері автосервісу, виникає низка рекомендацій для подальшого вдосконалення та розвитку системи.

На основі отриманих даних рекомендується провести детальний огляд робочих процесів. Це дозволить виявити слабкі місця та внести корективи для оптимізації. Наприклад, можливо впровадити додаткові функції AR для ще швидшого та ефективнішого доступу до інформації під час роботи.

Якщо певні аспекти інтеграції виявилися особливо успішними, рекомендується розглянути можливість розширення функціоналу системи. Наприклад, вдосконалення AR-інтерфейсу для надання більш деталізованої інформації про стан автомобіля або розширення віртуальних тренажерів для різних видів робіт. З урахуванням отриманих даних розробляються додаткові навчальні програми для персоналу. Це дозволяє забезпечити постійне вдосконалення навичок та ознайомлення з новими функціями системи, підвищуючи кваліфікацію працівників.

Якщо існуюче обладнання потребує оновлення для підтримки нових функцій чи підвищення продуктивності, рекомендується розглянути можливість апгрейду. Це може включати в себе оновлення AR-окулярів, вдосконалення віртуальних тренажерів та оновлення програмного забезпечення.

Розробляються стратегії залучення клієнтів через нові сервіси та можливості, надані за допомогою технологій AR і VR. Можливості, такі як віртуальні огляди ремонту або інтерактивні консультації через AR, можуть привертати увагу та збільшувати клієнтську базу.

Ці рекомендації спрямовані на постійне вдосконалення системи та максимізацію вигод від використання технологій AR і VR у сфері автомобільного

обслуговування.

Висновки до розділу 3

Після впровадження технологій доповненої та віртуальної реальності в сфері автосервісу, було проведено комплексний аналіз результатів у трьох ключових аспектах: ефективність робіт, якість обслуговування та професійна підготовка персоналу.

1. Порівняння часу виконання робіт до та після інтеграції технологій AR і VR виявило скорочення часу виконання ремонтних завдань. Це свідчить про підвищену продуктивність та оптимізацію трудових процесів в сфері автосервісу.

2. Аналіз рівня задоволеності клієнтів, які скористалися послугами, де використовуються технології AR і VR, виявив помітне покращення. Зафіксоване збільшення рівня задоволеності свідчить про поліпшення якості обслуговування в автомобільних сервісних центрах.

3. Успішність навчання майстрів за допомогою віртуальних тренажерів була визначена як висока. Оцінка досягнутого рівня знань та навичок підтверджує ефективність використання сучасних технологій для навчання в сфері автосервісу.

4. Аналіз кількості помилок та недоліків, виявлених завдяки віртуальній підготовці персоналу, свідчить про успішну інтеграцію технологій AR і VR для мінімізації помилок. Зменшення кількості помилок свідчить про покращення якості обслуговування та підвищення надійності проведених ремонтних робіт.

Загальний висновок з даного аналізу підтверджує, що інтеграція технологій AR і VR в сфері автосервісу привела до значущих позитивних змін, забезпечуючи підвищену продуктивність, покращене обслуговування та ефективне навчання персоналу.

ВИСНОВКИ

1. Під час проведеного аналізу технологій доповненої реальності (AR) та віртуальної реальності (VR) виявлено, що ці технології демонструють вражаючий потенціал для покращення управління проектами. Взаємодія з реальним світом, яку вони забезпечують, може значно полегшити та оптимізувати різні аспекти управління проектами.

2. Аналіз можливостей використання технологій AR і VR вказує на їх широкий спектр застосування. Від підвищення продуктивності до зменшення ризиків, ці технології дають змогу досягти значних покращень у сфері управління проектами. Розроблений підхід до інтеграції враховує як технічні, так і організаційні аспекти для досягнення ефективної взаємодії з існуючими системами.

3. Після впровадження технологій AR і VR в сфері автосервісу, аналіз результатів підтверджує великий позитивний вплив на ключові аспекти: ефективність робіт, якість обслуговування та навчання персоналу. Значне зменшення часу виконання ремонтних завдань, покращення рівня задоволеності клієнтів та успішність навчання через віртуальні тренажери свідчать про високий рівень досягнутих результатів.

4. Загальний висновок полягає в тому, що інтеграція технологій AR і VR в сфері автосервісу призводить до значущих позитивних змін. Ці технології не лише оптимізують трудові процеси та забезпечують підвищену продуктивність, а й значно поліпшують якість обслуговування та ефективність навчання персоналу. Результати підкреслюють важливість та перспективність використання AR і VR в автомобільній індустрії для досягнення виняткових результатів.

Список використаних джерел

1. Yuen, S. C. Y., Yaoyuneyong, G., Johnson, E. Augmented reality: An overview and five directions for AR in education. *Journal of Educational Technology Development and Exchange (JETDE)*. 2011. №4(1).P.11.
2. Chen, M., Monroy-Hernández, A., & Sra, M. SceneAR: Scene-based Micro Narratives for Sharing and Remixing in Augmented Reality. In *2021 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR)*. 2021. №19. P.294-303.
3. Григоров, О. В., Аніщенко, Г. О., Стрижак, В. В., Петренко, Н. О., Турчин, О. В., Окунь, А. О., Пономарьов, О. Е. Штучний інтелект. Машинне навчання. *Vehicle and electronics. Innovative technologies*. 2019. Vol.5. С.17-27.
4. Завадський, І. О. Основи баз даних. Київ: Видавець ІО Завадський. 2011. 192с
5. Grisetti, G., Kümmerle, R., Stachniss, C., & Burgard, W. A tutorial on graph-based SLAM. *IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine*. 2010. Vol.2(4). P.31-43.
6. Lombardi, J., & TP, P. D. Virtual & augmented reality. *Communication Technology Update and Fundamentals*, 2008. Vol.1. P.182.
7. Kortyak, Y., Bolohova, N., & Liashova, A. Analysis of the current status of additional reality technologies. In *COMPUTER AND INFORMATION SYSTEMS AND TECHNOLOGIES*. 2020.Vol.23. P.90.
8. Fowler, A. C. *Mathematical models in the applied sciences* . Cambridge University Press. 1997. Vol.17. P.402
9. Patel, K., Bailenson, J. N., Hack-Jung, S., Diankov, R., & Bajcsy, R. The effects of fully immersive virtual reality on the learning of physical tasks. In *Proceedings of the 9th Annual International Workshop on Presence, Ohio, USA*. 2006. Vol. 25. P.87-94.
10. Speicher, M., Hall, B. D., & Nebeling, M. What is mixed reality?. In *Proceedings of the 2019 CHI conference on human factors in computing systems*. 2019. Vol.2. P.1-15.

11. Evans, G., Miller, J., Pena, M. I., MacAllister, A., & Winer, E. Evaluating the Microsoft HoloLens through an augmented reality assembly application. *Degraded environments: sensing, processing, and display 2017*. 2017. Vol.10197. P.282-297. SPIE.
12. Schloerb, D. W. A quantitative measure of telepresence. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 2001. Vol.4(1). P.64-80.
13. Lv, Z., Yin, T., Han, Y., Chen, Y., & Chen, G. WebVR-web virtual reality engine based on P2P network. *Journal of Networks*. 2011. Vol.6(7). P.990.
14. LaValle, S. M., Yershova, A., Katsev, M., & Antonov, M. Head tracking for the Oculus Rift. In *2014 IEEE international conference on robotics and automation (ICRA)*. 2014. Vol.2. P.187-194.
15. Borges, M., Symington, A., Coltin, B., Smith, T., & Ventura, R. HTC vive: Analysis and accuracy improvement. In *2018 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*. 2018. Vol.3. P.2610-2615.
16. A., Katsev, M., & Antonov Model, E. Lighthouse. 2016. Vol.3. P.32.
17. Willis, A. R., Hossain, M. S., & Godwin, J. Hardware-accelerated SAR simulation with NVIDIA-RTX technology. In *Algorithms for Synthetic Aperture Radar Imagery XXVII*. 2020. Vol.11393. P.108-124.
18. Ehlers, J. P., Uchida, A., & Srivastava, S. K. The integrative surgical theater: combining intraoperative optical coherence tomography and 3D digital visualization for vitreoretinal surgery in the DISCOVER study. *Retina*. 2018. Vol.38. P.88-96.
19. Shapovalov, Y. B., Bilyk, Z. I., Atamas, A. I., Shapovalov, V. B., & Uchitel, A. D. The potential of using Google expeditions and Google lens tools under STEM-education in Ukraine. *arXiv preprint arXiv:1808.06465*. 2018. Vol.3. P.12-16.
20. Hillmann, C., & Hillmann, C. Comparing the gear vr, oculus go, and oculus quest. *Unreal for Mobile and Standalone VR: Create Professional VR Apps Without Coding*. 2019. Vol.3. P.141-167.
21. Pognon, J., Chi, J., Salabert, A., Kim, K., & Kim, S. J. Meta-Analysis of Global Activities in Augmented Reality (AR) and Virtual Reality (VR). *Augmented Reality and Virtual Reality: Changing Realities in a Dynamic World*. 2020. Vol.32. P.335-347.

22. Moss, F. *The sorcerers and their apprentices: How the digital magicians of the MIT Media Lab are creating the innovative technologies that will transform our lives*. Currency. 2011. Vol. 3. P.42-48.
23. Jeffery, M., Fisher, D., Granot, M., Kadyan, A., Pho, A., & Vasquez, C. Strategic IT transformation at Accenture. *Kellogg School of Management Cases*. 2017. Vol.3. P.1-18.
24. Mah, D. Project: Sense and sensibilities. *Kerb: Journal of Landscape Architecture*. 2015. Vol.23. P.66-71.
25. Hertel, G., Geister, S., & Konradt, U. Managing virtual teams: A review of current empirical research. *Human resource management review*. 2005. Vol.15(1). P.69-95.
26. Giannoula, C., Vijaykumar, N., Papadopoulou, N., Karakostas, V., Fernandez, I., Gómez-Luna, J., ... & Mutlu, O. Synchron: Efficient synchronization support for near-data-processing architectures. In *2021 IEEE International Symposium on High-Performance Computer Architecture (HPCA)*. 2021. Vol.1. P.263-276.
27. Mathew, D., Bergmann, R., Weyers, B., Ellwart, T., Bohrmann, D., & Hölzchen, E. FlexiTeam: Flexible Team and Work Organization using Process-Oriented Case-Based Reasoning. 2022. Vol.1. P.32-42.
28. Minarni, M., Setiawanto, F., Norhan, L., & Kustandi, T. Augmented Reality Portal 360 Degrees Tourism “Bundaran Balanga” Sampit. *Jurnal Mantik*. 2021. Vol. 5(3). P.1604-1614.
29. Rescorla, E. *The transport layer security (TLS) protocol version 1.3* (No. rfc8446). 2018. Vol.4. P.45-67.
30. Caruso, T. J., Hess, O., Roy, K., Wang, E., Rodriguez, S., Palivathukal, C., & Haber, N. Integrated eye tracking on Magic Leap One during augmented reality medical simulation: a technical report. *BMJ simulation & technology enhanced learning*. 2021. Vol.7(5). P.431.
31. Tran, T. H., Behrend, F., Fünning, N., & Arango, A. Single pilot operations with AR-glasses using Microsoft HoloLens. In *2018 IEEE/AIAA 37th Digital Avionics Systems Conference (DASC)*. 2018. Vol.4. P.1-7.

32. Kobayashi, T., Hirata Autodesk, B. I. M. Autodesk BIM 360. 2016. Vol.1. P-4-43.
33. Lehmann, J. Virtual meetings: not just an option any more!. In *IEMC'03 Proceedings. Managing Technologically Driven Organizations: The Human Side of Innovation and Change*. 2003. Vol.1. P.43-447.
34. Morimoto, T., Kobayashi, T., Hirata, H., Otani, K., Sugimoto, M., Tsukamoto, M., ... & Mawatari, M. XR (extended reality: virtual reality, augmented reality, mixed reality) technology in spine medicine: status quo and quo vadis. *Journal of Clinical Medicine*. 2022. Vol.11(2). P.470.
35. Сілін, С. О., & Шостак, І. В. Підхід до створення віртуальної мережі між IoT-пристроями, що поєднані трансляцією мережевих адресів. *Системи управління, навігації та зв'язку*. 2017. №3. С.114-116.
36. Sensors, C., & Headquarters, M. E. Sensor solutions. *Brussels, Belgium*. 2015. Vol.4. P.132.
37. Hurter, C., Riche, N. H., Pahud, M., Ofek, E., Drucker, S., Lee, B., ... & Wong, C. Into the mixed reality data sphere: Mapping user's movements to data exploration tools. In *Proc. Immersive Analytics Workshop*. 2017. Vol.1. P1-4.
38. McDonald, P. E. *Training Automotive Mechanics In Modern Servicing Techniques* (No. 630421). SAE Technical Paper. 1963. Vol.1. P.44.
39. von Neumann-Cosel, K., Dupuis, M., & Weiss, C. Virtual test drive-provision of a consistent tool-set for [d, h, s, v]-in-the-loop. In *Proceedings of the driving simulation conference Monaco*. 2009. Vol.1. P.45.
40. Siemens, P. L. M. Simcenter STAR-CCM. *Academic Research*, 2012. Vol.1. P.12.
41. Borsci, S., Lawson, G., & Broome, S. Empirical evidence, evaluation criteria and challenges for the effectiveness of virtual and mixed reality tools for training operators of car service maintenance. *Computers in Industry*. 2015. Vol.67. P.17-26.
42. Гладій Г. М., Абрамчук Д. В. Інтеграція технологій доповненої реальності і віртуальної реальності в управлінні проектами. Збірник наукових публікацій Мультидисциплінарної наукової інтернет-конференції «Інформаційне

суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення». (07-08 грудня 2023 р.). 2023. №83.

43. Абрамчук Д. В. Інтеграція технологій доповненої реальності і віртуальної реальності в управлінні проєктами. Міжнародна студентська наукова конференція «Діджиталізація науки як виклик сьогодення». 2023.

44. Комар М. П., Саченко А. О., Васильків Н. М., Гладій Г. М., Турченко І. В. Методичні рекомендації до виконання кваліфікаційної роботи з освітньо-професійної програми «Управління проєктами» спеціальності 122 «Комп'ютерні науки» за другим (магістерським) рівнем вищої освіти. – Тернопіль: ЗУНУ, 2021. – 32 с.