

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Центральноукраїнський національний технічний університет

Кафедра кібербезпеки та програмного забезпечення

На правах рукопису

Вороний Богдан Миколайович

Програмне забезпечення системи розширеної реальності на виробництві

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Освітній ступінь: бакалавр

Науковий керівник:

Коваленко Олександр Володимирович

_____ (підпис)

_____ (дата)

доктор технічних наук, доцент

ДОПУЩЕНО ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

_____ О.А. Смірнов

(підпис)

ПБ

« _____ » _____ 2021 р.

Міністерство освіти і науки України
Центральноукраїнський національний технічний університет
Факультет Механіко-технологічний
Кафедра Кібербезпеки та програмного забезпечення
Освітній ступінь бакалавр
Спеціальність 123 Комп'ютерна інженерія

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
д.т.н., проф.
О.А.Смірнов
« 11 » січня 2021 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ БАКАЛАВРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Вороному Богдану Миколайовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Програмне забезпечення системи розширеної реальності на виробництві

керівник роботи Коваленко Олександр Володимирович, докт. техн. наук, доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу № 204-02 від 28.12.2020 року

2. Строк подання студентом роботи до захисту 22.05.2021 р.

3. Мета та завдання кваліфікаційної бакалаврської роботи: Метою розробки є програмне забезпечення системи розширеної реальності на виробництві

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Призначення та область використання.

2. Перегляд аналогічних існуючих систем.

3. Опис і обґрунтування проектних рішень.

4. Етапи програмування системи.

5. Впровадження системи в промислову експлуатацію.

6. Висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Структурна схема системи 1 аркуш

Функціональна схема системи 1 аркуш

Діаграма процесів 1 аркуш

Блок-схема алгоритму роботи додатку 2 аркуша

6. Дата видачі завдання « 11 » січня 2021 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів кваліфікаційної бакалаврської роботи | Строк виконання етапів кваліфікаційної бакалаврської роботи | Примітка |
|-------|---|---|----------|
| 1. | Аналіз існуючих систем | 10.03.2021 р. | |
| 2. | Постановка задачі, оформлення ТЗ | 15.03.2021 р. | |
| 3. | Розробка моделі компонента | 20.03.2021 р. | |
| 4. | Розробка структур даних | 25.03.2021 р. | |
| 5. | Розробка алгоритмів зв'язку та відображення | 30.03.2021 р. | |
| 6. | Програмування алгоритмів | 10.04.2021 р. | |
| 7. | Оформлення ПЗ | 17.04.2021 р. | |
| 8. | Попередній захист роботи | 14.05.2021 р. | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Студент _____

(підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____

(підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Вороний Б.М. Програмне забезпечення системи розширеної реальності на виробництві. 123 Комп'ютерна інженерія. Центральноукраїнський національний технічний університет. Кропивницький. 2021.

В даній кваліфікаційній бакалаврській розроблено програмне забезпечення, яке призначено для системи розширеної реальності на виробництві.

Метою розробки є програмне забезпечення системи розширеної реальності на виробництві.

Результат роботи – програмна реалізація системи розширеної реальності на виробництві.

В процесі роботи над програмною моделлю виконано аналіз існуючих апаратних та програмних засобів. В повній мірі описані всі компоненти розробленого програмного забезпечення.

Розроблено зручний інтерфейс користувача. Наведені інструкції по роботі з програмними засобами.

Програма може використовуватися на ПЕОМ архітектури IBM PC з ОС Windows XP/Vista/7/8/10.

Програму розроблено в середовищі Visual C++.

Ключові слова: комп'ютерна інженерія, система розширеної реальності

ABSTRACT

Voronyi B.M. Augmented reality system software in production. 123 Computer Engineering. Central Ukrainian National Technical University. Kropyvnytskyi. 2021

In this bachelor's qualification the software which is intended for system of the augmented reality on production is developed.

The purpose of the development is augmented reality system software in production.

The result is a software implementation of an augmented reality system in production.

In the process of working on the software model, an analysis of existing hardware and software was performed. All components of the developed software are fully described.

Developed user-friendly interface. Instructions for working with software are given.

The program can be used on an IBM PC with Windows XP / Vista / 7/8/10.

The program is developed in Visual C ++.

Keywords: computer engineering, augmented reality system

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ І ТЕРМІНІВ

| | | |
|------|---|-------------------------------|
| AR | – | розширена реальність |
| CBIR | – | content-based image retrieval |
| QBIC | – | query by image content |
| ПЗ | – | програмне забезпечення |
| ПК | – | персональний комп'ютер |
| ШІ | – | штучний інтелект |

Кафедра КБПЗ – 2021 рік

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | КБР-123.21.0024.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 2 |

ВСТУП

Актуальність теми. Досвідченим керівникам підприємств знайома формула росту продуктивності праці. Усім очевидна роль інновацій у цьому процесі. Однак не кожний може вчасно розпізнати технології, здатні допомогти в підвищенні продуктивності, особливо на такому консервативному й не схильному до інвестицій в інновації ринку, як українська промисловість.

У свій час Autodesk і Consistent Software досить довго пробивалися до проєктувальників і конструкторів – вони не розуміли, навіщо викладати мільйони за роботу, яка проводилася за допомогою олівців і ватману. У підсумку частина підприємств, які вчасно не прийняли на озброєння нові технології, пішла з ринку.

Пол Мілгр (Paul Milgram) і Фуміо Кісіно (Fumio Kishino) в 1994 році описали розширену реальність як якийсь простір між реальністю й віртуальністю. Технології розширеної реальності проєктують будь-яку цифрову інформацію (зображення, відео, текст, графіки і т.д.) поверх екрана будь-яких пристроїв.

Можливо, це звучить і виглядає більш ніж химерно, однак такі рішення вже з успіхом використовуються на багатьох промислових і виробничих компаніях, включаючи українські.

Мета й завдання дослідження. Метою роботи є програмне забезпечення системи розширеної реальності на виробництві.

Для досягнення поставленої мети визначена програма дослідження, що складається з наступних завдань:

- Огляд існуючих систем розширеної реальності на виробництві.
- Дослідження системи розширеної реальності на виробництві.
- Програмна реалізація системи розширеної реальності на виробництві.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------------|------|
| | | | | | КБР-123.21.0024.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 3 |

Практична цінність отриманих результатів полягає в тому, що розроблені алгоритми дозволяють успішно вирішувати задачі розширеної реальності на виробництві.

Таким чином, виходячи з вищеперерахованого, програмне забезпечення системи розширеної реальності на виробництві, є актуальною задачею, яка потребує вирішення у даній кваліфікаційній бакалаврській роботі.

Кафедра _КБПЗ_ 2021 рік

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | КБР-123.21.0024.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 4 |

Зокрема, компанія Samsung уже подала патент на «розумні» контактні лінзи, тому в нас є всі підстави очікувати виходу на ринок пристрою в найближчі 5-10 років.

1.2 Область застосування

Існуючі рішення вже охоплюють безліч сфер: інструменти для автоматизації процесів і підвищення продуктивності, навчання співробітників, скорочення шлюбу продукції, підвищення ефективності логістичних процесів, забезпечення безпеки праці.

Наприклад, за допомогою розширеної реальності робітники можуть оперативно одержувати доступ до інструкцій і керівництв по будь-якій деталі. Інформацію вони одержують у вигляді наочної тривимірної анімації, відео, аудіо, світлинах, картинках або графіках. Такий підхід дозволяє знизити вимоги до кваліфікації фахівців, і зменшити час на вивчення й перегляд робочих інструкцій. Причому сама система здатна розпізнати форму деталі і її номер і вчасно підказати, якщо технік почав помилкові дії по її монтажу.

Результати досліджень демонструють вражаючі результати: із впровадженням розширеної реальності до 50% підвищилася продуктивність і зросла швидкість виконання завдань, а кількість помилок знизилася до мінімуму.

Розглянемо ще кілька вражаючих прикладів використання розширеної й віртуальної реальності у виробничих і промислових компаніях.

Авіаційна промисловість

Компанія Boeing – одна з найбільших аерокосмічних компаній на планеті, яка будує літаки для 150 країн світу. У бортових системах літака утримується безліч компонентів, зв'язаних між собою системою проводів. Укладання й з'єднання кабелів проводиться по спеціальному шаблону, після чого їх скріплюють у джгути, а на кінці кабелів установлюють рознімання. Процес роботи забирає тривалий час і вимагає особливої уваги й відповідальності.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------------|------|
| | | | | | КБР-123.21.0024.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 6 |

Останні 20 років Boeing шукала систему, здатну скоротити час на виробництво й усунення помилок. На початку 2014 року компанія впровадила рішення розширеної реальності на платформі окулярів Google Glass. За допомогою застосунки оператор віддає голосову команду: «Ок, Skylight. Почати створення джгута. Сканувати замовлення 0447» і бачить в окулярах розширеної реальності візуальну дорожню карту по складанню джгута № 0447.

Згідно з даними з доповіді компанії Boeing по проекту, «використання Google Glass дозволило скоротити час виробництва на одну чверть і скоротити кількість помилок у два рази».

Інший приклад – компанія Lockheed Martin, де впровадженням проекту займалася компанія NGRAIN. Інженери заводу використовують розширену реальність для одержання візуальної підказки по складанню літака F-35. У якості основної платформи в компанії використовуються окуляри розширеної реальності Epson Moverio BT-200, обладнані спеціальними датчиками руху й глибини. Коли технік монтує деталь гальма на шасі, в окулярах розширеної реальності він бачить усі дані про те, де й у якому порядку потрібно проводити складання й приєднувати кабелю. У підсумку весь процес роботи нагадує складання конструктора LEGO, коли від робітника потрібно лише побрати підходящу деталь і помістити її в потрібне місце.

За даними компанії NGRAIN, «програмне забезпечення дозволяє інженерам працювати на 30 відсотків швидше з точністю до 96 відсотків».

Автомобільне виробництво

Моделі автомобілів випускаються в різних комплектаціях і квітах. Тому автоконцерни часто прагнуть знаходити баланс між масовим виробництвом і індивідуальними перевагами споживача. Звичайно, у часи Генрі Форда все було набагато простіше. Організація такого виробництва часто супроводжується складними робочими інструкціями, які здатні спровокувати прості, помилки й зниження продуктивності.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------------|------|
| | | | | | КБР-123.21.0024.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 7 |

конкурентна стратегія створює нелегкі умови, у яких прибуток по угодах коливається від 3 до 7%.

Розширена реальність може служити не тільки для потреб власного виробництва, але й для створення товару з унікальними властивостями. Багато продуктів вимагають від користувача деяких зусиль, щоб у ньому розібратися й використовувати. Наприклад, електричні щити, генератори, автомобілі й меблі від ІКЕА. За допомогою розширеної реальності виробник може додати для користувача інтерактивну довідку, якої той зможе скористатися за допомогою свого планшета або телефону. Ця довідка наочно покаже, як потрібно використовувати товар, виключить безліч помилок і в цілому підвищить задоволеність споживача.

Компанія BMW уже запустила аналогічний рішення для обслуговування й ремонту своїх автомобілів. Відразу після запуску багато ЗМІ заявили про кінець епохи станцій технічного обслуговування, адже тепер для кожного стало можливим виявити й виправити несправність в автомобілі. За допомогою застосунки користувач бачить послідовну інструкцію, яка крок за кроком показує, як діагностувати й виправити будь-яку деталь і які для цього будуть потрібні інструменти.

Багатьом виробникам відомі жорсткі умови конкурсних торгів, де доводиться сильно знижувати свій прибуток. Якщо переконати клієнта включити вимоги по наявності такої інтерактивної довідки в розширеній реальності в товару, що поставляється, то виробник одержить пряму конкурентну перевагу й гарантію перемоги.

У всякому разі до цієї пори, поки розширена реальність не перетвориться в масове явище.

Таким чином, виходячи з вищеперерахованого, програмне забезпечення системи розширеної реальності на виробництві, є актуальною задачею, яка потребує вирішення у даній кваліфікаційній бакалаврській роботі.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------------|------|
| | | | | | КБР-123.21.0024.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 10 |

2 ПЕРЕГЛЯД АНАЛОГІЧНИХ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ

2.1 Огляд існуючих систем, технологій, архітектур, програмних рішень за профілем теми кваліфікаційної бакалаврської роботи

Таке футуристичне поняття як «розширена реальність» (AR) насправді існує вже багато років. AR – це накладення комп'ютерних зображень поверх реальних, яке створює комплексну картинку й тим самим доповнює реальний мир.

Застосунки розширеної реальності можуть бути самими різними: від інтерактивних накладень на карти й віртуальних демонстраційних залів до масивних багатокористувацьких шутерів. У той час як Arcore – це майбутнє Android (після закриття Project Tango від Google), застосунки ARkit завойовують операційну систему iOS.

Впливаючи зі зростаючої популярності розширеної реальності, ми склали список кращих AR-застосунків, доступних на Android і iOS.

Кращі мобільні AR-застосунки

1. Froggipedia

Можливо цей застосунок не для самих брудливих, але Froggipedia виразно послужить відмінним навчальним посібником тим, хто не схвалює препарування живих жаб в ім'я науки. Froggipedia дозволяє досліджувати цікавий і унікальний життєвий цикл земноводного, починаючи від одноклітинного яйця й закінчуючи перетворенням в автономний організм. Застосунок також дозволяє препарувати жабу (за допомогою Apple Pencil або пальцем) або зробити її прозорою й уважно розглянути внутрішню будову.

2. BBC Civilisations AR

Розширена реальність знаходить відмінне застосування в сфері освіти, а такі застосунки як BBC Civilisations AR прокладають шлях до AR-орієнтованому

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | КБР-123.21.0024.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 11 |

майбутньому. BBC Civilisations AR дає користувачам можливість помилуватися різними історичними артефактами, розглянути їх з різних сторін і змінити масштаб.

При першому запуску застосунки доступно зручне керівництво, яке ознайомить користувача з єгипетською мумією, її історією й навіть дозволяє заглянути усередину за допомогою функції рентгенівських променів. BBC Civilisations AR містить більш 30 історичних реліквій, які можна оглянути, досліджувати й запам'ятати на фото. Застосунок відмінний підійде тим, хто захоплюється історією або прагне заглянути в музеї майбутнього.

3. Sketchar

У кожному з нас є творча сторона, але не в кожного є час годинником практикувати малювання від руки. Чому б не сжульничати? Застосунок Sketchar це по суті AR-грейсинг. Варто намалювати пари кіл на аркуші паперу, вибрати ескіз – як застосунок спроектує рисунок на папір, дозволяючи обвести його. Технічно це не можна назвати AR-грейсингом, тому що не вийде точно обводити лінії, однак для практики певних технік малювання застосунок підійде відмінно. Sketchar може здатися небагато незручним – тримати телефон в одній руці й малювати іншою не є самою традиційною практикою, однак спробувати коштує. Sketchar працює з невеликими аркушами паперу на багатьох телефонах, що підтримують ARCore.

4. Mondly

Підійде тим, хто прагне вивчити нова мова, але не може виділити на цей час. Застосунок пропонує 33 мови для вивчення й завдяки щоденним вправам користувачі зможуть швидко освоїти бажану навичку. Існує VR-версія Mondly для Gear VR із вбудованої в застосунок AR-технологією. В AR-режимі користувача попросять знайти плоску поверхню, де буде проєктований AR-викладач, який проведе урок, пропонуючи приклади слів для запам'ятовування. Хоч це й не самий звичний застосунок на щодня, воно безсумнівно внесе новизну в процес вивчення мов.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | КБР-123.21.0024.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 12 |

5. Pokémon Go

Цей список не буде повноцінним без згадування Pokémon Go – гри, яка миттєво привернула загальну увагу, спонукавши людей вийти на вулиці й ловити покемонів. Гра використовує GPS для оцінки місця розташування й пересування ігрового аватара, у той час як камера використовується для відображення покемона в реальному світі. При першому запуску пропонується не так багато інструкцій або інформації про ігрову механіку (наприклад, про кольорові кільця навколо покемонів), але завдяки інформації в Інтернеті, зрозуміти, що робити, не так уже й складно.

Гравці Ingress, іншої освіти Niantic, можуть помітити багато загального між двома іграми, аж до локацій і тренажерних залів покемонів. На сьогоднішній день гра одержала багато відновлень, включаючи обмін, рейди й битви в стилі «гравець проти гравця». І, звичайно ж, сотні нових покемонів були додані в гру. Компанія Niantic має намір продовжувати відновлення гри й додавати нові функції, так що можна припустити, що Pokémon Go ще довго не буде втрачати популярність.

6. Ink Hunter

Застосунок Ink Hunter придасться тим, хто планує зробити татуювання й прагне визначитися з її місцем розташування. Застосунок дозволяє випробувати готові татуювання, а також «примірити» власні розробки, які можна розмістити на будь-якій частині тіла. Татуювання, зроблені за допомогою Ink Hunter виглядають майже так само як справжні, а завдяки можливості редагувати ескізи й міняти колір татуювань прямо в застосунку, можна одержати кращу виставу про те, як буде виглядати ескіз, перш ніж перетворити його в перманентний рисунок.

7. Star Walk 2 (\$2.99)

Спостерігати за зоряним небом – приголомшливе задоволення. Але найчастіше буває важко зрозуміти, яке саме сузір'я розташувалося перед очима. На щастя, щоб розвіяти сумніву, досить направити застосунок розширеної

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | КБР-123.21.0024.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 13 |

реальності в небо. Star Walk 2 дозволяє довідатися, яка зірка, планета або сузір'я перебуває в поле огляду.

Застосунок має й інші функції, приміром, астрономічний календар, розклад сходу й світанку, і т.д. Іншими словами, Star Walk 2 цей дуже цікавий застосунок для дітей і дорослих, яке адаптується до всіх рівнів астрономічних знань.

8. Google Перекладач

Google Перекладач не є строго AR-застосунком, але одна з його AR - функцій робить його неймовірно зручним для перекладу тексту. Мова йде про режим камери. Просто зробивши знімок тексту іноземною мовою, користувач може побачити його переклад у реальному часі.

При підключенні до WiFi застосунок підтримує переклад безлічі мов, але користувачі також можуть завантажити необхідні їм мови й використовувати Google Перекладач офлайн. Завдяки цій функції Google Перекладач може стати кращим другом під час подорожей і не дати згубитися в незнайомій країні.

9. Amikasa

Amikasa допоможе оформити кімнату й визначитися з бажаним плануванням ще до покупки меблів. Використовуючи камеру на iPhone або iPad, можна з легкістю обійти спальню, кухню, робочий кабінет або будь -яку іншу кімнату й розмістити 3D моделі різних предметів, щоб побачити, як вони виглядають або визначитися з їхнім ідеальним розміщенням. Amikasa також дає можливість використовувати меблі й предмети інтер'єру різних брендів, які можна придбати прямо в застосунку.

10. Knightfall: AR

Який жанр ігор підійде для AR краще, чим бойова стратегія? Knightfall: AR дає гравцям можливість відчувати себе тамплієрами, що захищають Акр від набігу мамлюків. Розмістивши поле бою на будь -якій плоскій поверхні, гравці випускають стріли й запускають катапульти у ворогів зі своєї крапки огляду. Перемагаючи суперників, гравці заробляють золото, яке можна обміняти на

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | КБР-123.21.0024.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 14 |

захист і воїнів, що дають відсіч загарбникам. Незважаючи на невеликі недоліки, гра залучає і являє гарний приклад майбутнього AR-Ігор.

11. Just a Line

Just a Line – це експериментальний проект від Google, який вийшов досить забавним і, незважаючи на свою простоту, може послужити відправною крапкою потенціалу AR. Принцип його такий: відкалібрувавши застосунок, ви малюєте будь-яке зображення й, відступивши на крок назад, можете помилуватися своїм утвором. Але це ще не все. Обходячи свій рисунок ок по колу, ви здатні розглянути його в 3D-просторі, більше того, у міру пересування навколо рисунка, що вийшов, у вас вийде розтягувати лінії й міняти кінцевий результат.

12. Ingress Prime

Ingress була першою спробою Google вийти на AR-ринок і зараз у гравців є можливість випробувати оновлену версію Ingress Prime. Це ММО гра, яка ділить гравців на два табори – Освічені й Опір і змушує їх боротися за контроль над віртуальними територіями.

У розпорядженні в гравців є екзотична матерія (ХМ), яка використовується для захвату віртуальних порталів. Коли одна з команд захоплює три або більш порталів, вона одержує контроль над територією між цими порталами. Ingress Prime – це всеосяжна стратегія, заснована на науковій фантастиці й підтримувана безперервним відкритим оповіданням.

13. Genesis Augmented Reality

Genesis Augmented Reality – це настільна AR-гра, що є одним із самих успішних проектів на Kickstarter. Гра оповідає про Ріфтлорда, наділеного силою Генезису, здатної покласти кінець злому впливу Паркона. Хоча розроблювачі споконвічно планували досить велику гру, на жаль, вона не обновлялася з 2018 року. Проте Genesis Augmented Reality пропонує крутий ігровий досвід, хоча для цього спочатку знадобиться принтер, щоб роздрукувати AR «якір», на якому активується ігровий персонаж.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------------|------|
| | | | | | КБР-123.21.0024.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 15 |

14. Zombies Go

З популярністю серіалу «Ходячі мерці» багато напевно замислювалися над своїми шансами вижити в апокаліпсис^-апокаліпсисові-апокаліпсису-апокаліпсисі-зомбі^-апокаліпсисі. Гра Zombies Go хоч і не дасть точних відповідей на це питання, але зате дозволить боротися із зомбі під час прогулянок або навіть під час походу за покупками. Назва Zombie Go нагадує Pokémon Go і це неспроста. Можна помітити подібності між двома додатками, такі як принцип використання телефону для пошуку істот і подальшого взаємодіями з ними.

15. Quiver

Враховуючи, що смартфони більше призначені для дорослих, чому для підлітків, нестача AR-Контенту для дітей і зовсім не дивна. На щастя, для дітей і батьків, застосунок Quiver (раніше відоме як Colar Mix) поживляє 2D-розфарбування за допомогою анімованих зображень, які з'являються прямо зі сторінок.

Користувачі можуть завантажити один з декількох безкоштовних наборів розфарбування на веб-сайті Quiver, кожний з яких містить у собі самі різні рисунки – від вогнедишних драконів і плюшевих ведмедиків до високих динозаврів і диких жеребців. А після того, як рисунок буде розфарбований, користувачам потрібно просто подивитися на нього через камеру смартфона й спостерігати за оживаючим розфарбуванням.

16. Wanna kicks

Wanna kicks – це застосунок, створений спеціально для фанатів кроссовок, яке дозволяє «примірити» віртуальне взуття й розглянути її з будь-якого ракурсу. Завдяки такій функції користувачі можуть перевірити, чи підійдуть їм ті або інші кроссовки, не виходячи з будинку, що виразно робить онлайн-покупки ще зручніше. Застосунок також дозволяє поділитися «примірянням» із друзями в соцмережах і якщо буде потреба одержати схвалення на покупку.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | КБР-123.21.0024.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 16 |

17. Holo

Holo бере свій початок з AR-стікерів на Google Pixel і працює по схожому принципу. У застосунку можна вибрати персонажів, як вигаданих, так і з реального світу, і перетаскувати у своє безпосереднє оточення (цей процес називається «Holo-Mixing»). Кожний з персонажів, від знаменитостей Youtube до вигаданих персонажів при розміщенні в реальному світі виконує набір заданих анімацій і звуків, і може бути зменшений і збільшений відповідно до бажаного розташування.

Фактична реалізація й AR-функціональність застосунку не позбавлена помилок, приміром, персонажі можуть пересуватися разом з користувачем, замість того, щоб дозволити переміщатися навколо них, але проте це вже вражаюче починання.

18. Google Lens

Google Окуляри вже в минулому – майбутнє за Google Lens – застосунком, що послужили повноцінною заміною застосунку Google Окулярів. Направивши фокус на який-небудь предмет або об'єкт, застосунок спробує його розпізнати. Якщо розпізнання пройшло успішно, Google Lens запропонує місця, де можна придбати даний предмет або його альтернативи або ж просто виконає пошук предмета в Google. Крім цього застосунок може розпізнавати рослини, зберігати телефонні номери й дати, а також надавати інформацію про найближчі визначний пам'ятках.

19. AR Ruler

Одна з найпростіших ідей використовувати технологію розширеної реальності – виміру. Використовуючи здатність AR визначати, де починаються й закінчуються тривимірні об'єкти, можна виміряти відстань і легко відобразити його. Однак мова йде не тільки про прості прямі виміри – AR Ruler (вона ж AR-Лінійка) також вимірює кути, обсяг і площа. Більше того, у застосунку є функція створення плану кімнати по вимірах. AR Ruler може бути не самим ідеальним,

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | КБР-123.21.0024.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 17 |

але проте досить корисним застосунком, щоб одержати зразкові виміри, коли вони необхідні.

20. Find Your Car with AR

Ситуація знайома багатьом: закінчуєш покупки, вертаєшся на паркування, а згадати або знайти місце паркування автомобіля не можеш. У такій ситуації на допомогу прийде Find Your Car with AR – застосунок, розроблений спеціально для пошуку припаркованого автомобіля. Після визначення місця розташування автомобіля застосунок створює видимий маркер, що показує автомобіль, відстань уводити, увести до ладу нього й напрямом, у якому потрібно йти. Find Your Car with AR особливо корисно для паркувань у таких місць як стадіони, конференц-центри, відкриті концертні майданчики й інші багатолюдні місця або місця з більшою кількістю парковочних місць. У добавок, користувачі можуть використовувати застосунок, щоб знайти свої місця в більших театрах і концертних залах.

21. Wanna nails

Wanna Nails дозволяє примірити лаки для нігтів перед покупкою, наклавши кольору на реальні нігті. У застосунку доступні такі бренди як ORLY, CND Vinylux і essie – у такий спосіб користувачі примірять справжні лаки для нігтів, а не просто абстрактні кольори.

Wanna Nails відмінно розпізнає нігті, а потім точно наносить кольору в потрібному місці. Після того як підібраний підходящий колір лаку, у користувачів є можливість відразу перейти на Amazon і замовити продукт.

22. Snapchat

Колись таймер самознищення повідомлень в Snapchat мав більший успіх серед користувачів, сьогодні ж застосунок розширив можливості, додавши функцію розширеної реальності у вигляді фільтрів, перетворень у реальному часі й спецефектів, називаних «лінзами». Лінзи можуть перетворювати користувачів у тварин, міняти місцями особи людей і прикрашати світлини й відео самими різними забавними розширеннями.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------------|------|
| | | | | | КБР-123.21.0024.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 18 |

23. Instagram

Після додавання фільтрів у стилі Snapchat у власний застосунок, Facebook також переніс їх в Instagram. Функції AR працюють як через передню, так і на задню камери телефону, а також з усіма режимами фото й відео в Instagram. Користувачі можуть примірити різні корони, зіграти у вікторини, перетворитися в коалу або кролика або вибрати математичні рівняння, що плавають навколо їхнього голови. Більше того, користувачі можуть створювати власні фільтри й ділитися ними з іншими, що поповнює бібліотеку фільтрів самими різними й креативними AR-Ефектами.

24. Vuforia Chalk

Vuforia Chalk – це досить корисне AR-застосунок, який перетворює смартфон у потужний інструмент візуальної технічної підтримки. Після того, як застосунок зв'язує користувача із другом або технічним гуру за допомогою відеодзвінка, користувач використовує задню камеру телефону як видошукача, щоб показати, із чим саме потрібна допомога.

Потім обоє учасника відеодзвінка можуть малювати на екрані «маркером» і залишати позначки розширеної реальності, які працюють як візуальні анотації. Вони дозволяють користувачеві без плутанини знаходити потрібні кнопки, циферблати й елементи керування.

25. Roar

Roar – це застосунок, який приносить користь і споживачам, і бізнесу, але насамперед воно корисно покупцям у їхнім повсякденному житті. Для покупців Roar – це радник по покупках у розширеній реальності, який дозволяє робити знімки тисяч блюд і напоїв і довідуватися про них усе необхідне: ціни, інгредієнти, відкликання інших покупців і навіть рекламних акціях. Ще однією вражаючою функцією застосунки є можливість сканувати плакат фільму, щоб швидко купити квитки на майбутній показ. З новими відновленнями Roar очікуються й нові можливості, а також приємні розширення, такі як музика, анімація й 3D об'єкти.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | КБР-123.21.0024.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 19 |

Технологія розширеної реальності повільно, але вірно стає частиною нашого повсякденного життя. Сьогодні існує безліч AR-застосунків для Android і iOS пристроїв – від програм для здійснення покупок до багатокористувацьких ігор, і цей список тільки поповнюється.

Якщо згадати ранні втілення технології, такі як Google Окуляри, можна помітити, що ці застосунки вже замінюються більш функціональними версіями. Користувачі можуть розраховувати на нові способи робити покупки, подорожувати, вчитися й залишатися у формі.

2.2 Обґрунтування вибору засобів для побудови системи та мови програмування

Для реалізації програми мною була використана мова програмування Visual C++. У зв'язку з тим, що сьогодні рівень складності програмного забезпечення дуже високий, розробка застосунків Windows з використанням тільки якої-небудь мови програмування значно утрудняється. Програміст повинен затратити масу часу на рішення стандартних завдань по створенню багатовіконного інтерфейсу. Реалізація технології зв'язування й вбудовування об'єктів – OLE – зажадає від програміста ще більш складної роботи. Щоб полегшити роботу програміста практично всі сучасні компілятори з мови C++ містять спеціальні бібліотеки класів. Такі бібліотеки містять у собі практично весь програмний інтерфейс Windows і дозволяють користуватися при програмуванні засобами більш високого рівня, чим звичайні виклики функцій. За рахунок цього значно спрощується розробка застосунків, що мають складний інтерфейс користувача, полегшується підтримка технології OLE і взаємодія з базами даних. Сучасні інтегровані засоби розробки застосунків Windows дозволяють автоматизувати процес створення застосунка. Для цього використовуються генератори застосунків. Програміст відповідає на питання генератора застосунків і визначає властивості застосунка – чи підтримує воно багатовіконний режим,

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------------|------|
| | | | | | КБР-123.21.0024.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 20 |

технологію OLE, тривимірні органи керування, довідкову систему. Генератор застосунків, створить застосунок, що відповідає вимогам, і надасть вихідні тексти. Користуючись їм як шаблоном, програміст зможе швидко розробляти свої застосунки. Подібні засоби автоматизованого створення застосунків включені в компілятор Microsoft Visual C++ і називаються MFC AppWizard. Заповнивши кілька діалогових панелей, можна вказати характеристики застосунка й одержати його тексти, постачені великими коментарями. MFC AppWizard дозволяє створювати одновіконні й багатовіконні застосунки, а також застосунки, що не мають головного вікна, – замість нього використовується діалогова панель. Можна також включити підтримку технології OLE, баз даних, довідкової системи. Звичайно, MFC AppWizard не всесильний. Прикладну частину застосунка програмістові прийдеться розробляти самостійно. Вихідний текст застосунка, створений MFC AppWizard, стане тільки основою, до якої потрібно підключити інше. Але працюючий шаблон застосунка – це вже половина всієї роботи. Вихідні тексти застосунків, автоматично отриманих від MFC AppWizard, можуть становити сотні рядків тексту. Набір його вручну був би дуже стомлюючий. Потрібно відзначити, що MFC AppWizard створює тексти застосунків тільки з використанням бібліотеки класів MFC (Microsoft Foundation Class library). Тому тільки вивчивши мову C++ і бібліотеку MFC, можна користуватися засобами автоматизованої розробки й створювати свої застосунки в найкоротший термін. Як уже згадувався, MFC – це базовий набір (бібліотека) класів, написаних мовою C++ і призначених для спрощення й прискорення процесу програмування для Windows. Бібліотека містить багаторівневу ієрархію класів, що нараховує близько 200 членів. Вони дають можливість створювати Windows-застосунки на базі об'єктно-орієнтованого підходу. З погляду програміста, MFC являє собою каркас, на основі якого можна писати програми для Windows. Бібліотека MFC розроблялася для спрощення завдань, що стоять перед програмістом. Як відомо, традиційний метод програмування під Windows вимагає написання досить довгих і складних програм, що мають ряд специфічних особливостей. Зокрема, для

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------------|------|
| | | | | | КБР-123.21.0024.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 21 |

створення тільки каркаса програми таким методом знадобиться близько 75 рядків коду. У міру ж збільшення складності програми її код може досягати воістину неймовірних розмірів. Однак та ж сама програма, написана з використанням MFC, буде приблизно в три рази менше, оскільки більшість приватних деталей приховано від програміста.

Одною з основних переваг роботи з MFC є можливість багаторазового використання того самого коду. В зв'язку з тим, що бібліотека містить багато елементів, загальних для всіх Windows-застосунків, немає необхідності щораз писати їх заново. Замість цього їх можна просто успадковувати (говорячи мовою об'єктно-орієнтованого програмування). Крім того, інтерфейс, забезпечуваний бібліотекою, практично незалежний від конкретних деталей, його що реалізують. Тому програми, написані на основі MFC, можуть бути легко адаптовані до нових версій Windows (на відміну від більшості програм, написаних звичайними методами). Ще однією істотною перевагою MFC є спрощення взаємодії із прикладним програмним інтерфейсом (API) Windows. Будь-який застосунок взаємодіє з Windows через API, що містить кілька сотень функцій. Значний розмір API утрудняє спроби зрозуміти й вивчити його цілком. Найчастіше навіть складно простежити, як окремі частини API зв'язані один з одним! Але оскільки бібліотека MFC поєднує (шляхом інкапсуляції) функції API у логічно організовану безліч класів, інтерфейсом стає значно легше управляти.

Оскільки MFC являє собою набір класів, написаних мовою C++, тому програми, написані з використанням MFC, повинна бути в той же час програмами на C++. Для цього необхідно володіти відповідними знаннями. Для початку необхідно вміти створювати власні класи, розуміти принципи спадкування й вміти перевизначати віртуальні функції. Хоча програми, що використовують бібліотеку MFC, звичайно не містять занадто специфічних елементів з арсеналу C++, для їхнього написання проте потрібні солідні знання в даній області.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------------|------|
| | | | | | КБР-123.21.0024.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 22 |

2.3 Розгорнута постановка завдання

Згідно з технічним завданням на кваліфікаційну бакалаврську роботу, реалізації підлягає програмне забезпечення, яке призначено для системи розширеної реальності на виробництві.

В процесі розробки кваліфікаційної бакалаврської роботи необхідно виконати наступний обсяг роботи:

а) провести аналіз існуючих систем-аналогів для виявлення їх позитивних і негативних якостей. Результати аналізу врахувати в подальших розробках;

б) вибрати та обґрунтувати методика побудови системи контролю роботи технологічного обладнання на виробництві в автоматизованому режимі. Розробити функціональну та структурну схеми системи;

в) розробити програмне забезпечення системи, що дозволить реалізувати поставлену технічним завданням задачу. Побудувати блок-схеми алгоритмів програми та підпрограми;

г) організувати інтерфейс користувача з метою формування та виводу на екран ЕОМ повідомлень про некоректні дії користувача та нестандартні ситуації в роботі технологічного обладнання;

д) розробити рекомендації по організаційних та методичних заходах, які забезпечать впровадження системи в промислову експлуатацію та її подальшу успішну експлуатацію;

е) провести розрахунки по визначенню економічної ефективності розробленої системи;

ж) розробити заходи по охороні праці при впровадженні та експлуатації системи, а також розробити заходи з цивільного захисту;

з) сформулювати висновки про виконаний обсяг робіт та одержані результати.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------------|------|
| | | | | | КБР-123.21.0024.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 23 |

3 ОПИС І ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ

3.1 Опис функціонування системи

Віртуальна й розширена реальності (VR і AR) – це сучасні технології, що й швидко розвиваються. Їх ціль – розширення фізичного простору життя людину об'єктами, створеними за допомогою цифрових пристроїв і програм, що й мають характер зображення.

Зображення яке бачить користувач через спеціальні окуляри віртуальної реальності (далі – VR), розділене на дві окремі картинки для кожного ока й спеціально перевернуто, щоб створити для очей ілюзію тривимірного простору. Якщо людина переміщається або просто повертає голову, то програма автоматично перебудовує зображення, що створює відчуття реальної фізичної присутності. За допомогою контролерів (джойстиків і т.п.) користувач може взаємодіяти з навколишніми предметами, наприклад, він може підняти камінь і кинути його з гори – вбудована в програму фізична модель прорахує політ цього каменю, що ще більше створить ілюзію реального простору.

У застосунку, що використовує технології розширеної реальності (далі – AR) можна розміщати зображення меблів на зображенні з камери телефону, але за рахунок їх деформацій у користувача створюється враження, що він бачить реальний предмет, що розташовується в кімнаті. Важливо, те, що в цьому випадку реальність (кімната) доповнюється віртуальним кріслом технологія, що й відповідає, буде називатися розширеною реальністю. Створення розширеної реальності можливо не тільки за допомогою смартфонів, але й інших технічних засобів, наприклад, за допомогою спеціальних окулярів. У цьому випадку, віртуальне зображення добудовується на поверхні лінз окулярів.

У якості пристроїв на даний момент використовуються: окуляри віртуальної й розширеної реальності, контролери, навушники, смартфони,

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | КБР-123.21.0024.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 24 |

планшети. Ці пристрої дозволяють людині бачити й чути цифрові об'єкти. У найближчому майбутньому, очікується поява рукавичок зі зворотним зв'язком, що дозволяють людині сприймати дотиком цифрові об'єкти.

Програми створюються, як правило, на тих же платформах, на яких розробляють комп'ютерні ігри (Unity [1], Unreal Engine [2], і т.д.), за допомогою різних інструментів для розробки програм віртуальної й розширеної реальності (Steam VR [3], Google VR [4], Oculus [5], Windows Mixed Reality [6], Google Arcore [7], Apple Arkit [8], Google Tango [9], Vuforia [10] і т.д.).

Прототипи пристроїв і перші використання термінів VR і AR існували ще в середині 20 століття, але сучасна термінологія була сформована на початку 90-х років. Для VR у роботі Джарона Ланье (Jaron Lanier) [11], для AR у роботі авторів Коделла, Томаса й Мізелла (Caudell, Thomas P., and David W. Mizell) [12].

Внаслідок бурхливого розвитку технологій, термінологія постійно змінюється. Однак, поняття реально-віртуального континууму (reality-virtuality continuum), запропоноване в роботі Мілгрема, Поула й ін. (Milgram, Paul, et al.) [13] залишається актуальним і донині і є основним для наступних.

Усі технології, пов'язані з розширенням реальності за допомогою цифрових об'єктів (можливо, що й не тільки цифрових), розташовуються між двома полярними варіантами можливих реальностей: реальністю (reality), у якій ми з вами живемо, і віртуальною реальністю (virtual reality, VR). Реальність – ця абсолютна відсутність додаткових об'єктів у фізичному просторі, тобто сам фізичний простір. Віртуальна реальність – це абсолютна відсутність реальних об'єктів. Безліч цих технологій називається змішаною реальністю (mixed reality, MR). На практиці воно часто розбивається на підмножини. Двома класичними підмножинами є розширена реальність (augmented reality, AR) і розширена віртуальність (augmented virtuality, AV). У першому випадку маються на увазі технології, що доповнюють реальність різними об'єктами, у друг, що доповнюють віртуальну реальність реальними об'єктами.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------------|------|
| | | | | | КБР-123.21.0024.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 25 |

Як приклад можна привести технологію, яка занурює вас у Прадавній Рим. Якщо ця технологія доповнює навколишнє вас простір різними об'єктами з тієї епохи (мечі, зброя, глиняні глечики, храми, арени), то це буде вважатися AR технологією, якщо ж вас переносять у прадавнє місто, з його архітектурою, людьми, погодою, подіями, і т.д., але, приміром, особи цих людей будуть транслюватися з навколишнього світу, те це технологія розширеної віртуальності (далі – AV). На сьогоднішньому рівні розвитку, технологія AV практично не використовується, але в майбутньому вона може стати набагато більш вражаючої, чому AR і VR.

Говорячи про прогнози розвитку технології, часто передбачається зсув існування людини в простір змішаної реальності (MR), що вже спостерігається внаслідок розвитку інтернету й мобільних пристроїв. У рамках віртуально-реального континууму мобільні пристрої можна вважати технологією розширеної реальності AR, тому що вони доповнюють навколишній світ додатковою візуальною, звуковою й почасти тактильною інформацією. У короткометражному фільмі антиутопії режисер Кейічі Матсуда (Keiichi Matsuda) [14], показує результат такого руху, який автор називає надмірною або понад-реальністю (hyper reality). Чи зможе людина в тому вигляді, в якому він є зараз існувати в подібному світі. Це залишається питанням.

Наявний досвід застосування в освіті

В останнє десятиліття, завдяки зменшенню вартості пристроїв, технології стали більш доступні широкому колу користувачів. Що, у свою чергу, привело до росту числа програм (застосунків) по різних тематиках. Для VR це в основному ігри від 1 особи в жанрі шутер або записи камер 360 градусів (стрибки парашутистів, визначний пам'ятки, дика природа, підводний мир, динозаври і т.д.), для AR застосунки для зміни осіб користувачів, виміру відстаней об'єктів реального світу, різні головоломки, а також навчальні програми (в основному, по анатомії й астрономії).

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------------|------|
| | | | | | КБР-123.21.0024.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 26 |

Якщо говорити про застосування в освіті, то для віртуальної реальності це вивчення природи [15, 16], проведення лабораторних робіт з фізики [17], вивчення динозаврів [18], подорож по планетах [19], астрономії [20] і багато чого іншого. Для AR це вивчення анатомії [21], хімії [22, 23], астрономії [24, 25].

Технології VR і AR часто згадуються в програмах іммерсивного навчання (immersive education) [26-31]. Такі програми містять у собі використання сучасних інформаційних технологій у процесі навчання, який проходить усередині різних віртуальних світів і симуляцій, причому часто в ігровій формі. Такий вид навчання сприяє підвищенню залучення, комунікацій між тими, яких навчають, і інтересу до предмета.

У рамках академічних досліджень, на тему впливу технологій розширеної реальності на процес навчання, було проведено десятки робіт (найбільш повний огляд представлений в одній із зазначених у списку джерел робіт – [32]). В огляді відзначене поліпшення успішності тих, яких навчають, розуміння матеріалу, підвищення рівня мотивації. Також росте ступінь залучення в процес навчання й інтересу до вивчення предмета, підвищується рівень комунікації між студентами.

Основні проблеми, з якими зустрічалися викладачі – це додатковий час, витрачене на завантаження застосунків, навчання роботі з ними тих, яких навчають, погана робота геолокації, іноді низька якість відгуку моделей, труднощі в студентів з роботою у форматі AR. У цілому, усі проблеми пов'язані з недоліком досвіду в роботі з AR і поки ще недосконалістю технології. Надалі, з розвитком технології, ці проблеми будуть усунуті.

Ідеї для застосування

У даному розділі представлені лише деякі ідеї того, як можуть бути використані можливості технологій AR і VR у сфері освіти.

а) віртуальна реальність (VR)

Можливість цієї технології занурювати людину у віртуальний мир визначає основний напрямок для її розвитку в освіті. Усе те, що не може бути

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------------|------|
| | | | | | КБР-123.21.0024.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 27 |

створене в реальному світі по технічних, економічних або фізичних причинам, може бути створене у світі віртуальному. Можливість побувати там, де в реальності побувати важко або неможливо. Побачити електричні й магнітні поля, доісторичних тварин, підводні мири, прадавні країни, планети й астероїди. Також ця технологія може відкривати деякі речі по-новому, приміром, живопис, є застосунок, який занурює вас у картину Ван Гога «Нічне Кафе» [33]. Такі застосунки можуть по-новому відкрити живопис у столітті кіно й комп'ютерних ігор.

У фізику, ця технологія може дозволити проводити лабораторні роботи в сучасних лабораторіях. Приміром, чому б не змоделювати найбільш відомі дослідницькі проекти останніх років: великий андроний коллайдер або детектор гравітаційних хвиль і провести в них лабораторні роботи? Це дозволить зацікавити тих, яких навчають, показуючи їм сучасний стан науки, а то, при якому вчилися ще їхні діди й прадіди (що звичайно, теж має значення).

При вивченні іноземних мов, великий прогрес у навчанні досягається при живому спілкуванні з носієм. Але якщо такої людини з... знайти важко або важко технічно доправити його в аудиторію. Віртуальна реальність уже зараз дозволяє попадати в простори, де можна не тільки спілкуватися, але й взаємодіяти з іншими користувачами [34-36]. Наприклад, можна перенести групу, що вивчають японську мову в Україні, і групу, що вивчають українську мову в Японії, в один простір, де вони могли б спілкуватися, виконувати завдання. А на наступне заняття, наприклад, із групою з Іспанії. Такий інтерактивний формат буде цікавий тим, яких навчають, у будь-якому віці. Проводити ж такі зустрічі вжив у або навіть із використанням відеоконференцій зв'язку було б не так ефективно, але більш трудомістко й затратно.

У вивченні історії, ті, яких навчають, можуть ознайомитися із тривимірними експонатами музеїв світу. А також з відтвореними містами, битвами або іншими історичними подіями.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------------|------|
| | | | | | КБР-123.21.0024.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 28 |

В області географії сучасний розвиток камер 360 градусів, дозволяють користувачам знімати тривимірні панорами й відео. Багато дослідників, мандрівники й просто туристи знімають безліч матеріалу й викладають його у відкритий доступ. Це відео про гори, океани, польоти, вулкани, полюси. Використання такого матеріалу на заняттях, дозволить тим, яких навчають, побачити далекі куточки нашої планети й підтримати їхній інтерес до подорожей.

У біології технологія відкриває можливість масштабуватися до розміру органів, клітки або навіть молекули ДНК [37-38]. Інтерактивні можливості дозволяють не тільки побачити статичну картину, але й подивитися, приміром, процес реплікації ДНК.

В області хімії застосунки дозволяють проводити небезпечні або дорогі досліди [39-40]. Вивчати будови атомів і молекул. Спостерігати за хімічними перетвореннями в динаміку.

В області літератури можна, наприклад, візуалізувати найбільш яскраві моменти художніх творів. Цікавим бачиться сполучення матеріалу й події.

в) розширена реальність (AR)

Візуалізація алгебраїчних поверхонь, як другого, так і більш високих порядків. Наприклад показати алгебраїчні поверхні 2 порядку при їхнім відображенні за допомогою технології AR. Той, якого навчають, одержить можливість якісно вивчити поверхня як реальний об'єкт перед собою, а не на екрані комп'ютера й, тим більше, книги, а також змінювати параметри в реальному часі й бачити результат. Усе це повинне сприяти кращому розумінню структури рівнянь (інтерактивна зміна параметрів) і тривимірної форми поверхонь.

Аналогічні візуалізації можна створювати для поверхонь більш високого порядку.

Основним напрямком для застосування у фізиці є візуалізація рівнянь математичної фізики. При цьому показується рішення у вигляді фізичного

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------------|------|
| | | | | | КБР-123.21.0024.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 29 |

процесу. Той, якого навчають, зможе динамічно змінювати параметри рівняння й бачити вплив цієї зміни на результат.

Цікавим бачиться візуалізація фазових діаграм, зокрема pvt-діаграми (фазової діаграми) води. На діаграмі можливе відображення фізичних процесів: ізобарного, ізохорного, ізотермічного, адіабатного й політропних процесів. Студент буде бачити повну картину процесу, а не проекції на певні площини, інтерактивно міняти крапки початку й закінчення процесу, бачити додаткову інформацію про процес (виділювана/ енергія, що поглинається, параметри на початку й кінці).

У хімії відображення атомних орбіталей допоможе краще зрозуміти й запам'ятати їхню будова. Візуалізація будови молекул, дозволяє побачити різні хімічні зв'язки в просторі.

Машинобудування

У машинобудуванні візуалізація моделей устаткування з можливістю відтворення анімації, що показує принцип їх роботи. Для насосів і турбін можна розміщати поруч фазову діаграму середовища з нанесеним на ній фізичним процесом.

Сьогодні в реальності масової загальної освіти уявити собі використання технологій розширеної й віртуальної реальності досить важко. На нашу думку, основні труднощі пов'язана з:

– Твердістю програми, яку необхідно успішно засвоїти учням у рамках загальної освіти. Незважаючи на те, що технології віртуальної й розширеної реальності мають великий потенціал для підвищення успішності тих, яких навчають, вони ж можуть суттєво відволікати. Приклади використання технологій говорять про збільшення залучення й підвищенні інтересу до процесу навчання. Деякі дослідники роблять вивід, що ці фактори ведуть до підвищення успішності тих, яких навчають. Однак, у випадку зайвого захоплення формою на шкоду змісту ефект може бути зворотним.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------------|------|
| | | | | | КБР-123.21.0024.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 30 |

– Використання подібних технологій, імовірно, може давати великий ефект, але використання в рамках стандартного шкільного уроку в 45 хвилин буде приводити до істотного порушення програми, тому що тимчасові витрати на роботу з матеріалом з використанням даних технологій так чи інакше будуть змінювати план навчальних занять.

– Впровадження подібних технологій пов'язане з декількома труднощами, які носять фінансовий характер: дорожнеча устаткування, відсутність великої кількості якісних застосунків і, відповідно, необхідність їх розробки, невеликий досвід користування даною технологією у викладачів, яких необхідно додатково навчити.

– Скромна кількість і різноманітність існуючих застосунків з використанням технологій AR і VR, особливо спеціально створених для освіти, є ще одним «гальмом». Для того, щоб змінити ситуацію, безумовно, необхідна державна підтримка таких проектів, державне замовлення. Створення навіть невеликого застосунки віртуальної реальності, приміром, у галузі історії, вимагає роботи безлічі фахівців: істориків, художників, програмістів, культурологів і ін. Подібні ресурси можливо знайти або при наявності серйозних ресурсів і запиту з боку держави або великого бізнесу, або у випадку, коли інтереси різних сторін перетинаються.

Які є способи подолати ці труднощі? Основна наша теза полягає в тому, що в даний момент використання технологій розширеної й віртуальної реальності найбільше адекватно в області додаткової освіти, який може служити провідником нових ідей, не настільки жорстко структурована, як загальна освіта.

Проілюструємо як додаткова освіта може долати труднощі, пройшовшись по зазначених вище пунктах потенційних проблем впровадження технологій.

Додаткова освіта має набагато гнучку в порівнянні із загальною освітою систему пристрою. Програми різних рівнів, різна тривалість занять, залучення педагогів із профільних організацій на часткову зайнятість. Можливості

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------------|------|
| | | | | | КБР-123.21.0024.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 31 |

співробітництва із профільними промисловими підприємствами, вузами дозволяє залучити компетентних фахівців, а також потенційно дає можливість знайти способи рішення питань по необхідному устаткуванню. Особливо цікавий варіант співробітництва з іншими організаціями, наприклад, музеями, які можуть бути зацікавлені в подібних технологіях. Уже зараз існують екскурсії й спеціально створені експозиції, де активно використовуються можливості AR і VR. Так чому не створювати й використовувати високотехнологічний продукт для спільного використання? Адже вони можуть бути включені як елементи програм по багатьом напрямкам додаткової освіти.

Окремо варто сказати про необхідність не тільки навчання за допомогою технологій AR і VR, але й навчання компетенціям по створенню продуктів, що використовують ці технології. Передпрофесійна й професійна освіта обов'язково повинна звернути увагу на ці напрямки підготовки.

Промислове застосування VR/AR

Практична вигода від сполучення матеріальних і віртуальних об'єктів у реальному часі й просторі очевидні. Промислові компанії, що й ведуть у світі, уже застосовують AR-технології в справжніх виробничих процесах для рішення інженерних або конструкторських завдань. По даним IDC, у найближчі роки продажу AR/VR-засобів будуть рости в середньому на 198% у рік і до 2022 р. досягнуть \$143,3 млрд.

Більша частина підприємств, що працюють із VR/AR-технологіями, представляє реальний сектор економіки (машинобудування, видобуток і переробка, енергетика). Згідно з дослідженням, найбільшу поінформованість про вбудовування VR/AR у технологічні й бізнес-процеси продемонстрували представники таких галузей, як металургія, машинобудування, будівельна галузь, енергетика, транспортні компанії, а також фінансовий сектор і IT/телекомунікації [9].

Флагманськими галузями промисловості, що впроваджують VR/AR, є атомна енергетика, суднобудування, авіабудування й ВПК. Більшою мірою вони

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------------|------|
| | | | | | КБР-123.21.0024.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 32 |

Отже, що існують AR-рішення можуть бути використані як один з інструментів для автоматизації процесів і підвищення продуктивності, вони роблять навчання співробітників роботі з новими технічними засобами більш наочним, допомагають контролювати технічні ризики, сприяють скороченню шлюбу продукції, підвищують ефективність логістичних процесів і поліпшують забезпечення безпеки праці.

Реальність – розширена, вигода – реальна

Питання ефективності впровадження розширеної реальності дуже докладно освітлені в [11]. Матеріали [12] будуть корисні топ-менеджерам виробничих і промислових підприємств, оскільки дають можливість прийняти рішення про ефективність інвестицій у нову технологію. Результати проведених авторами [12] досліджень вражають: із впровадженням розширеної реальності продуктивність обслуговування турелі бронетранспортера підвищилася практично на 50%, зросла швидкість виконання завдань, а кількість помилок знизилася до мінімуму.

Комерційні ходи

У конкурентній боротьбі багато підприємств пропонують ідентичний товар і тому прагнуть перемагати, в основному, за рахунок зниження ціни. Така стратегія створює нелегкі конкурентні умови, у яких прибуток по угодах коливається від 3 до 7%.

AR може служити не тільки для потреб власного виробництва, але й для створення товару з унікальними властивостями. Багато продуктів вимагають від користувача деяких зусиль, щоб у ньому розібратися й використовувати. Наприклад, електричні щити, генератори, автомобілі й навіть меблі від ІКЕА. За допомогою AR виробник може додати для користувача інтерактивну довідку, яка наочно покаже, як потрібно використовувати товар, виключить безліч помилок і в цілому підвищить задоволеність споживача. Така інформація може бути трансльована на його планшет або телефон.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------------|------|
| | | | | | КБР-123.21.0024.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 34 |

Компанія BMW уже розробила аналогічний рішення для обслуговування й ремонту своїх автомобілів. Відразу після його запуску багато ЗМІ поспішили заявити про кінець епохи станцій технічного обслуговування, адже тепер кожний може виявити й усунути несправність в автомобілі. За допомогою застосунки користувач бачить послідовну інструкцію, яка крок за кроком показує, як діагностувати, полагодити або замінити будь-яку деталь і які для цього будуть потрібні інструменти.

Якщо переконати клієнта включити вимоги по наявності такої інтерактивної довідки в AR у товару, що поставляється, то виробник одержить пряму конкурентну перевагу й гарантію перемоги в тендерах. У всякому разі, до тієї пори, поки AR не перетвориться в масове явище.

3.2 Розробка структурної схеми

Під час усіх промислових революцій головними факторами реалій для робітників завжди виступали ті або інші інструменти й машини. Однак зовсім недавно за допомогою пристроїв і підходів «Інтернету речей» стало можливим оцифрувати значну частину навколишньої робочого реальності. Тобто реалізувати те, що зараз прийнято називати цифровізацією. В 2015 р. Хеннінг Кагерманн (Henning Kagerman) генеральний директор, що був, SAP AG (німецька компанія, виробник програмного забезпечення для організацій), затверджував, що «цифровізація, що як триває зближення реального й віртуального світів, стане основною рушійною силою інновацій і змін у всіх секторах нашої економіки» [1].

Створення цифрових потоків подає інформацію, яка може бути виражена різними способами й передана на безлічі різних типів носіїв і в найрізноманітніших системах [2].

До таких технологій представлення реальності ставляться технології, відомі як розширена реальність (extended Reality, XR), розширена реальність (augmented reality, AR), змішана реальність (mixed reality, MR) і віртуальна

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------------|------|
| | | | | | КБР-123.21.0024.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 35 |

реальність (virtual reality, VR), і більш зрілі й визнані технології – смартфони, планшети й ПК із плоскими екранами. У комбінації з IoT, аналітикою й штучним інтелектом (ШІ) можна створювати застосунки, що допомагають робітникам і персоналу підприємств у цілому, роблячи навколишні їхні реальності більш інтелектуальними й створюючи основу того, що ми можемо вже змело назвати інтелектуальною реальністю.

Інтелектуальна реальність для виробничої сфери

Інтелектуальна реальність визначається як технологічно поліпшена реальність, яка допомагає людським когнітивним діям і прийняттю тих або інших рішень. У порівнянні з базовою(реальною) реальністю інтелектуальна реальність може мати набагато більшу розмірність, зменшену оклюзію (під цим терміном мається на увазі який-небудь стан, який звичайно відкрите, а в певний момент часу повністю закрите, у розглянутому контексті – це «знав, але забув»). Інтелектуальна реальність не залежить від відстані, забезпечуючи тим самим оптимальне керівництво й поліпшений зв'язок з іншими суб'єктами підприємницької діяльності в рамках підприємства. Хоча тут можна було б (і це цілком доцільно) розглянути область фінансів і кібербезпеки, але в цьому розділі основна увага приділяється інтелектуальним реальностям, заснованим на фізичних реальностях і рушійних силах IoT стосовно до процесу виробництва фізичного продукту (рисунок 3.1).

У якості ілюстрації можна, наприклад, представити, як було б здорово, якби технік дивився на машину, використовуючи встановлений на голові дисплей (head mounted display, HMD) з функцією розширеної реальності, завдяки чому він міг би переглядати історію обслуговування цієї машини із прогнозуванням можливих її відмов для даного виробничого або майбутнього технологічного процесу. Це дає працівникові «бачити» четвертий вимір, час, – у майбутнє й минуле. Замість того щоб розбирати машину, робітник, завдяки вже функції змішаної реальності, може використовувати візуалізацію, керовану IoT, спроектовану безпосередньо на зовнішній корпус машини. Відводячи погляд від

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------------|------|
| | | | | | КБР-123.21.0024.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 36 |

машини, технічний фахівець може побачити віртуальну візуалізацію операцій машини того ж типу в якому-небудь віддаленому місці.

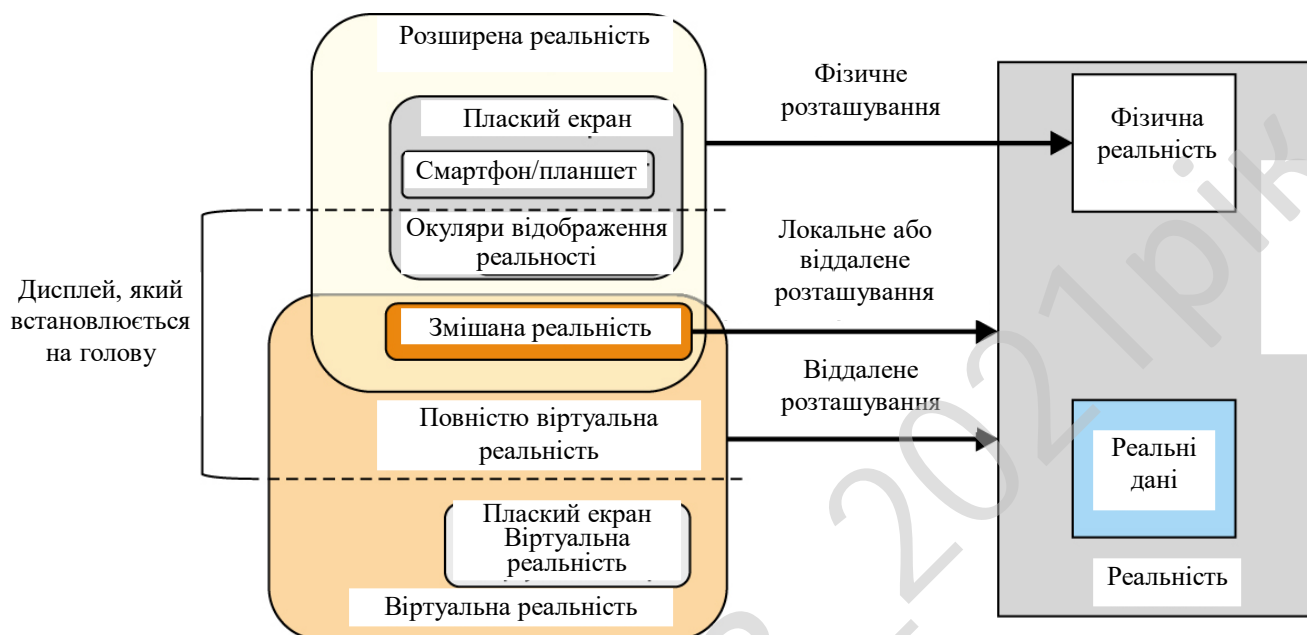


Рисунок 3.1 – Структурна схема системи

Заглянемо далі – технічний фахівець зможе взаємодіяти з 3D й віддаленими експертами, більш кваліфікованими або вузькими фахівцями, і обговорювати з ними ті або інші кроки й при цьому використовувати можливості експертів, керуючих віртуальними накладеннями розширеної реальності. Співробітник може спілкуватися з потрібними системами керування через той же встановлений на голові дисплей, без допомоги телефону (смартфону) або ноутбука. Комп'ютер, що як носить, такий шолом з дисплеєм дає можливість внести віддалені ресурси в операційну реальність робочого або обслуговуючого устаткування персоналу.

Інтелектуальна реальність, як і заводське цехове устаткування, може перебувати поруч із робітником. При цьому сам завод може розташовуватися хоч в іншій частині земної кулі, але користувач добре орієнтується в ситуації завдяки 3D-моделюванню цього підприємства. Тут можуть бути задіяні, але

необов'язково на всі 100%, гарнітури розширеної або віртуальної реальності. Однак, за нашим переконанням, кращий варіант на робочому місці – смартфони або плоскі екрани з комп'ютерами. Співробітники можуть бути мобільними й використовувати шоломи розширеної реальності або смартфони. Вони також можуть перебувати в диспетчерській або в центрі керування, розташованому в головному офісі компанії. Важливо, що вони можуть спостерігати за реальною реальністю в режимі реального часу або виконувати огляд і аналіз минулої події на основі отриманих даних. У всіх випадках контекст домінує візуально й у дизайні презентації.

Сьогодні інтелектуальна реальність може бути досягнута за допомогою вже готових і комерційно доступних технологій, що охоплюють IoT, – це аналітика, технології розширеної реальності й більш традиційні технології користувацького інтерфейсу. Це допоможе особам, що ухвалюють рішення, і архітекторам, не відходячи від свого робочого місця, «переміщатися» по великій території, де перебуває те або інше виробниче устаткування й технологічні лінії, і створювати для персоналу підприємства нові інтелектуальні реальності.

Порівняння простору змішаної реальності з більш традиційними мобільними й настільними плоскими екранами приводить нас до розгляду архітектури інтелектуальної реальності й розробці застосунків інтелектуальної реальності. Потім конкретні варіанти використання пропонують комбінації технологій представлення реальності з IoT і ШІ.

Розширена реальність як логічний розвиток реальності-віртуальності

В 1995 році Піл Милграм (Paul Milgram, University of Toronto, Канада) і його колега Фуміо Кисино (Fumio Kishino, ATR Communication Systems Research Laboratories, Японія) опублікували статтю «A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays» («Таксономія змішаної реальності візуальних дисплеїв») [4], у якій був представлений поступовий процес розвитку зв'язування реальності й віртуальності. У нашій статті ми будемо обговорювати поточний стан в області змішаної реальності й роль мобільних і стаціонарних плоских екранів.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------------|------|
| | | | | | КБР-123.21.0024.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 38 |

Завдяки змішаній реальності користувач, починаючи зі звичайного перегляду фізичного оточення, може перейти до його повністю цифрової представлення. Змішана реальність перебуває тут між двома крайностями. Вона являє собою змішання фізичної реальності користувача з однієї або декількома цифровими реальностями. Змішана реальність припускає, що пристрій на основі технології розширеної реальності здатне стереоскопічно відтворювати динамічні тривимірні сцени поверх фізичної представлення з реального світу.

Віртуальне середовище, у силу самої природи цієї технології, є цифровим, але не обов'язково іммерсивним, тобто багатонаправленим. Варіанти включають занурення у віртуальну реальність через шоломи й окремі великі плоскі екрани. Головне тут полягає в тому, що шоломи віртуальної реальності й віртуальні середовища, відображувані на плоских екранах, можуть надати користувачеві динамічну тривимірну візуалізацію віддаленої або абстрактної тривимірної реальної реальності в реальному часі.

Що стосується розширеної реальності, вона не виключає й мобільні плоскі екрани. В 1995 р. термінів «смартфон» і «планшет» не існувало, але Милгрем і інші описали моніторні (не іммерсивні) традиційні на той час відеодисплеї, або дисплеї, названі ними «вікно в мир» (для цього ними була використана ідіома window-on-the-world, тобто «що знайомить із іншими країнами або світами»), на які згенеровані комп'ютером зображення накладаються електронним або цифровим образом.

Архітектура розумної реальності

Архітектура для розумної реальності повинна зосередитися на сприянні пізнанню й підвищенню продуктивності праці персоналу підприємства. Для співробітників, що працюють у реальності з підтримкою IoT, наріжним каменем архітектури інтелектуальної реальності стає інтеграція й осмислення неопрацьованих даних, що надходять від тих або інших «речей». Архітектурний погляд на технології представлення реальності для прийняття кращих тактичних рішень користувацького інтерфейсу «останньої милі» з візуалізацією

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------------|------|
| | | | | | КБР-123.21.0024.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 39 |

виробничих і технологічних процесів може бути представлений саме з обліком цих даних і обраної для них аналітичної основи. І він повинен бути представлений не загальною, а вже в конкретному виді для виробничих робітників і обслуговуючого устаткування технічного персоналу.

Як використовувати потік даних IoT

Для сприйняття ситуації в реальному часі необхідний діючий механізм потокової аналітики у вигляді більших даних [5]. Складність тут полягає в тому, що механізм такої потокової аналітики повинен аналізувати масиви даних у русі в міру проходження часточок, буквально – атомів, подій, що рухаються безперервним потоком. Крім застосування аналітичних методів, цей механізм (природно, якщо він обраний правильно) може надати виводи, отримані з моделей, створених на основі машинного навчання (machine learning, ML), і внести вже свій внесок у навчання таких моделей.

На додаток до негайної представлення аналізовані потоки даних можуть передаватися в сховища даних для подальшого аналізу й наступного представлення. Хоча проблеми більших даних, що ставляться до IoT і описані Лаурою Беллі (Laura Belli, Università di Parm, Італія) і іншими авторами в роботі «A Scalable Big Stream Cloud Architecture for the Internet of Things» («Масштабована хмарна архітектура великого потоку даних для «Інтернету речей») [6], безумовно, вимагають свого рішення, вони не є унікальними й недосяжними для реальних застосунків. Застосунки тієї або іншої реальності можуть бути об'єднані в мережу й відповідати традиційній архітектурі «клієнт-сервер» для запитів і звітів. Як відзначалося в ще одній статті, опублікованої як робітничий документ конференції-семінару по іммерсивній аналітиці, що пройшов в 2016 році в Грінвілде (Південна Кароліна, США), – «Immersive Analytics: Building Virtual Data Worlds for Collaborative Decision Support» («Іммерсивна аналітика: створення віртуальних світів даних для спільної підтримки прийняття рішень») [7], традиційна двовимірна візуалізація даних може успішно працювати через продовження зв'язування «реальність-віртуальність».

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------------|------|
| | | | | | КБР-123.21.0024.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 40 |

Взаємодія фізичного пристрою й реальності

Інтелектуальну реальність, відносно її взаємозв'язку з користувачем, дозволили реалізувати портативні комп'ютери, що носяться й, у тому числі шоломи змішаної реальності й смартфони, а також високопродуктивна графіка, здатна точно відображати реальність. Хоча шоломи з дисплеями являють собою безсумнівно важливе зрушення в комп'ютеризації реальної реальності, вони усе ще є пристроями, що носяться, що не завжди прийнятно для цілого ряду користувачів і застосування на промислових підприємствах. Наступна пропонується архітектурна ідея спрямована на те, щоб мінімізувати необхідність використання в архітектурі інтелектуальної реальності громіздких (як для виробничої сфери) шоломів з дисплеями представлення згенерованої тієї або іншої реальності.

Загальна концепція реальності включає фізичні й абстрактні реальності. Машина – це фізична реальність, а ланцюжок поставок, який створив машину, – абстрактна реальність, отримана з даних. Реальності даних, у найкращому разі абстрактні, можуть бути відділені від будь-якої фізичної реальності. Прямая трансляція даних з товарного ринку може сформувати реальність даних, яку, у свою чергу, може вивчити користувач віртуальної реальності.

Через прозору природу пристроїв розширеної реальності безпосередня фізична реальність є її частиною. Якщо ж мова йде про варіант використання, який не має нічого загального з безпосередньою фізичною реальністю – наприклад, незалежним відображенням тривимірної моделі ланцюжка поставок, то в цьому випадку розроблювач може вибрати для її реалізації технологію змішаної реальності. Користувачі можуть віддати перевагу саме такому варіанту, а не реалізацію на основі віртуальної реальності, тому що тут все-таки важливо знати фізичне оточення. При цьому, властиво, програмна реалізація змішаної реальності може бути віддаленою або локальною.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------------|------|
| | | | | | КБР-123.21.0024.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 41 |

Цифровий двійник

Гарний цифровий двійник бере інформацію про конструктивний рішення продукту, його виготовленні й терміні служби устаткування як виробничого активу, віртуалізуючи його в цифровий актив. Цифровий двійник може бути протестований і модифікований таким чином, як це ніколи б не відбувалося з діючим фізичним активом. Наприклад, замість одного дорогого краш-тесту автомобіля практично можуть бути виконані мільйони різних аварій. Замість кількох кругів по тестовій трасі автомобіль може фактично проїхати мільйони миль за кілька випробувань, з різною історією його обслуговування. Такі тести має сенс використовувати для формування нейронних мереж на основі машинного навчання, які потім запитуються при обслуговуванні вже реального активу.

З застосунком інтелектуальної реальності цифровий двійник може бути накладений на свого фізичного «брата». Коли автобус в'їжджає в гараж, керуючий автопарком може розглядати важливі вихідні дані цифрового двійника автобуса як накладення розширеної реальності. Наприклад, система видає попередження, оскільки для даного автобуса прострочена крайня дата заміни масла. Однак справжня сила й переваги цифрового двійника полягають у більш тонких випадках, які не є простими порушеннями встановлених одномірних правил. Можливо, шина перебуває в межах припустимих діапазонів по декільком аспектам технічного обслуговування, але цифровий двійник бачить, що комбінація близьких порушень значно збільшує ризик критичної відмови. Пристрій розширеної реальності передає цю інформацію менеджерів, який у свою чергу ухвалює необхідний рішення і діє відповідним чином.

Передача інформації із пристроїв розширеної реальності для ШІ-системи

Коли на підприємстві для його персоналу розгортається тисяча шоломів розширеної реальності, на них встановлюють принаймні тисячу відеокамер. Ці камери досить вдало розташовані й можуть використовуватися, щоб забезпечити

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------------|------|
| | | | | | КБР-123.21.0024.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 42 |

багатий набір відеоконтенту, який передається на комп'ютер, а потім на моделі машинного навчання й інші аналітичні моделі. Крім того, шоломи реальності можуть посилати не тільки відео, але й точну інформацію про місце розташування й навіть про орієнтацію голови користувача.

На виробництві робоче місце з підтримкою розширеної реальності може генерувати вже навчені моделі, отримані на основі машинного навчання, з урахуванням положення голови, напрямку погляду, розміщення компонентів у робочому просторі й відповідних їм результатів якості. Така модель може виявляти навіть невеликі рухи й особливості виконання операцій, які приводять до зниження якості й падінню продуктивності, і на цій основі пропонувати кращі варіанти. Причому робити це відразу, безпосередньо через шолом. Таке навчання може бути використане в тому, що ми назвали інтелектуальною реальністю для виробничого робітника.

Хоча віртуальна реальність не пропонує такої ж зв'язку з фізичним миром, як розглянуті нами розширена й змішана реальності, шолом віртуальної реальності може повідомляти про місце розташування й орієнтації голови працівника. Відстеження руху око також перетворює його в продукт уже розширеної реальності. При цьому отримана інформація може використовуватися для вдосконалювання симуляції й кращого розуміння того, як люди будуть реагувати у фізичному аналогу віртуального середовища в умовах реальної реальності.

Інтелектуальне технічне обслуговування об'єкта, цифровий двійник і

III

У міру того як буквально напхані найрізноманітнішими датчиками виробничі потужності стають усе розумніше, для допомоги в технічному обслуговуванні цих «розумних» об'єктів можуть бути розроблені їхні цифрові двійники. В ідеалі такий цифровий двійник для об'єкта повинен включати операційні моделі поведінки всіх використовуваних на ньому машин і устаткування, наданих їхніми виробниками. Коли виробники встановлюють

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------------|------|
| | | | | | КБР-123.21.0024.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 43 |

машини, які самі «дзвонять додому», передаючи оперативні дані, то для них, застосовуючи ще й машинне навчання, можна створити цілком надійний цифровий двійник, заснований на багатьох імовірнісних процесах, що супроводжують реальне виробництво.

Окремий об'єкт може поєднувати цифрові двійники машин і устаткування в складений цифровий двійник для всього об'єкта. Цифровий двійник об'єкта також буде враховувати плани будинків, наприклад креслення автоматизованого проектування (САПР), і включати їх усе в проект своєрідного ігрового движка, який охоплює доступні моделі. Застосунок у вигляді такого ігрового движка (APP, тобто мобільний застосунок) дозволяє користувачеві застосовувати цифровий двійник для розширеної або віртуальної реальності.

Для виконання робіт з технічного обслуговування цифровий двійник являє собою досить потужний актив. Експерт у вигляді ШІ може або повністю замінити людину-експерта, або, що поки більш імовірно, значно допомогти людині-експертові.

Для фахівця, що працює безпосередньо в місцях експлуатації машини або устаткування, портативний комп'ютер або такий девайс, як смартфон або планшет з застосунком розширеної реальності, поки ще залишається вірним вибором, але пристрій у вигляді шолома з дисплеєм тут більш прийнятне, чому в попередньому прикладі. Для багатьох техніків, що працюють на місцях експлуатації, тобто в польових умовах, переважно мати незайняті руки (тут використовується технологія Hands Free, з англ. «вільні руки» – система, що дозволяє говорити й управляти, наприклад, телефоном), і це цілком може виправдати вкладення в шолом з дисплеєм розширеної реальності. Так, технік систем опалення, вентиляції й кондиціонування повітря може увійти в машинне відділення й полагодити повітропровід або зробити профілактику, не звертаючись до керівництва й не займаючи руки планшетом або смартфоном. Причому він може зробити це, навіть не маючи заздалегідь підготовленого переліку робіт з обслуговування системи. Перед від'їздом з місця техніка, знов-

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------------|------|
| | | | | | КБР-123.21.0024.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 44 |

таки через шолом, наприклад, можна направити вирішувати ряд інших питань, щоб йому не довелося знову вертатися на місце обслуговування устаткування. Це заощаджує й час, і гроші.

Об'єднання розширеної реальності, III й «Інтернету речей» повинне привести до більшого проникнення науки про дані в сферу продуктивної праці. Коли ці технології впроваджують сюди аналітики, на підприємстві можна досягти не тільки істотної економії засобів, але й істотного поліпшення самого виробництва, вивівши його на новий рівень інтелектуальності.

Ідея розширеної реальності дозволяє пристроям оцифровувати реальну реальність працівника, щоб по-новому глянути на навколишній світ і допомогти знайти рішення, яких вони не можуть знайти в «реальному» світі.

Архітектура інтелектуальної реальності повинна бути зосереджена на сприянні пізнанню й продуктивності працівника.

У сукупності розширена реальність, III й «Інтернет речей» можуть підвищити ефективність виробництва й забезпечити нові вирішення старих проблем.

3.3 Розробка функціональної схеми

Функціонально для реалізації системи розширеної реальності на виробництві застосовується СВІР-система, яка визначає, з якими саме об'єктами працює система. Традиційно, для пошуку зображень використовують їх текстові характеристики: ім'я файлу, заголовок, ключові слова тощо. Однак такий підхід має ряд недоліків. Перш за все необхідне втручання людини для опису вмісту зображень у відповідності до обраного набору підписів та ключових слів. У більшості випадків зображення містить декілька об'єктів, кожен з яких має свій набір атрибутів. Крім цього, потрібно описати просторові відношення між цими об'єктами, щоб зрозуміти його зміст. Оскільки розміри баз даних зображень зростають, використання ключових слів стає не тільки складним але і

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------------|------|
| | | | | | КБР-123.21.0024.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 45 |

недостатнім для представлення зображення. Інша проблема даного підходу полягає у неадекватності єдиного текстового опису зображення. Як результат є необхідність для автоматизованого отримання примітивних властивостей зображень і пошук зображень на основі цих властивостей. Для великої бази даних із понад десятками тисяч образів ефективна індексація є важливим інструментом в СВІР-системах. Успішна класифікація зображень зменшує час опрацювання зображень фільтруванням зайвих класів образів під час пошуку подібних до них.

Принцип роботи СВІР-системи

Сучасні СВІР-системи працюють у два етапи: Індексування та Пошук. На етапі індексування кожний образ у базі даних представляється вектором властивостей. Існуючі універсальні системи СВІР відносять до однієї із трьох категорій залежно від підходу отримання властивостей образу: гістограма, кольорове розташування і пошук за регіонами. Такими властивостями, зокрема, є: колір, форма, структура і розташування. Отримані властивості зберігаються в окремій базі даних візуальних властивостей. На етапі пошуку обчислюються властивості із образу-запиту користувача. Використовуючи критерії подібності, отриманий вектор властивостей порівнюється з векторами у базі даних візуальних властивостей. Користувач у відповідь отримує образи, які максимально відповідають запиту. Системи пошуку за регіонами використовують локальні властивості регіонів (ідеальних об'єктів) у протилежність глобальним властивостям повного зображення. Якщо об'єкти в межах зображення сегментовані і кожна властивість об'єкту отримана автоматично, то такі особливості роблять можливу систему пошуку зображень за регіонами. Представлення візуального образу адекватним числом кластерів (об'єкти у зображенні) може краще відобразити його вміст, однак цей підхід є часозалежним.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------------|------|
| | | | | | КБР-123.21.0024.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 46 |

Зображення для розпізнання системи розширеної реальності на виробництві

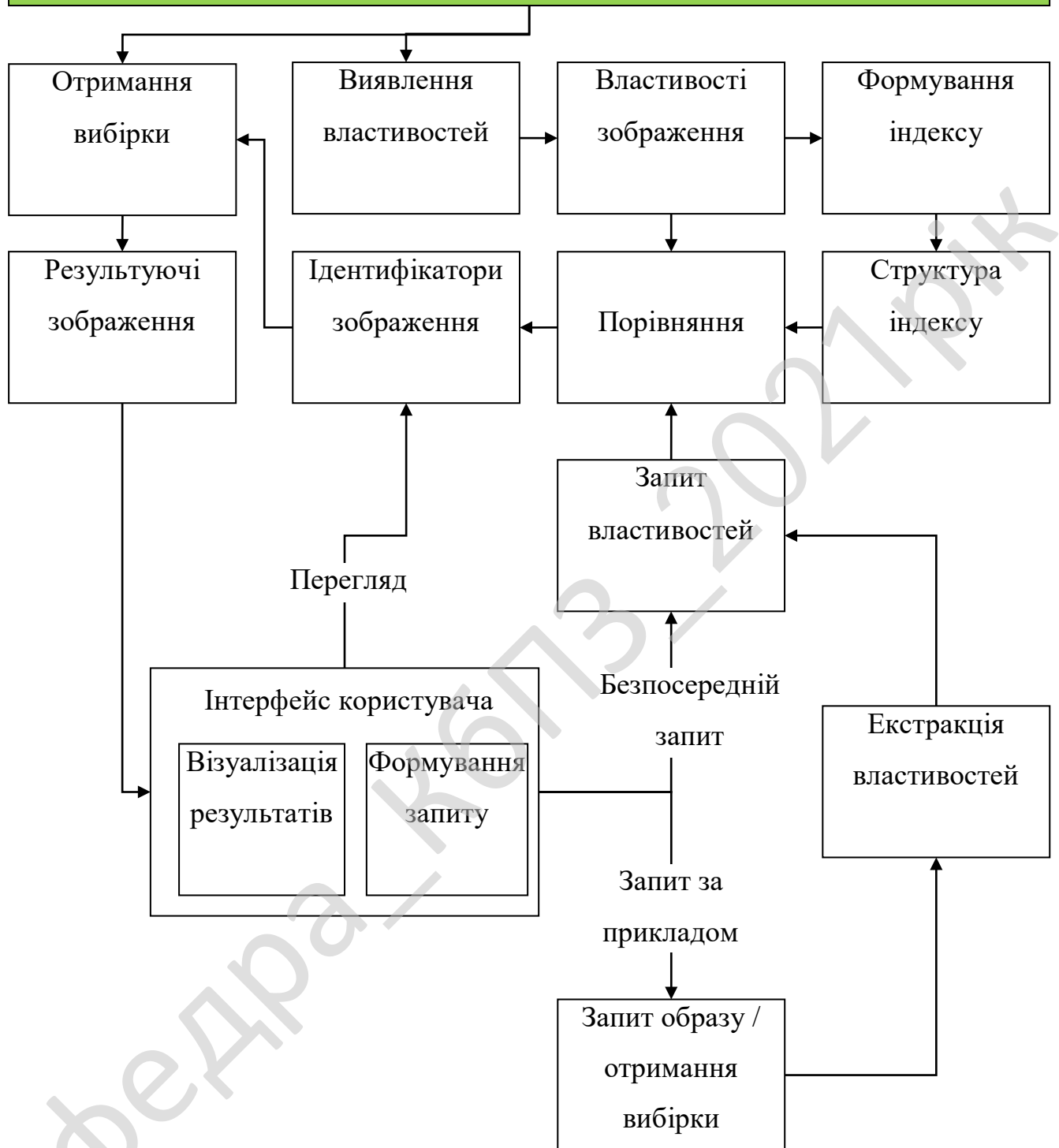


Рисунок 3.2 – Функціональна схема системи

Інтерфейс користувача (UI, User Interface), як правило, складається з двох частин: формування запиту і візуалізація результатів виконання запиту. Більшість СВІР-систем є результатами досліджень, і підкреслюють один з аспектів пошуку на основі вмісту. Іноді це можливість представлення результатів у вигляді ескізів у користувальницькому інтерфейсі, іноді це використання нової структури даних для індексування. Деякі системи існують у дослідницьких, комерційних версіях та версіях для виробництва. Комерційні версії, як правило, володіють більш стандартними пошуковими можливостями.

Деякі системи надають користувачеві інтерфейс, який дозволяє більш гнучко формулювати запити. Чим простіше властивість може бути отримана із зображення, тим легше її впровадити в систему, і тим легше використовувати цю властивість. Наприклад, властивості кольору для пошуку образів здебільшого ефективні, оскільки їх не важко отримати і впровадити в систему. Однак, властивості форми, які є стійкіші до шуму, беруть активнішу участь у СВІР - системах. Як результат, використовуються дуже прості функції, які часто є малоефективними. Більшість систем використовують ознаки кольору і текстури, меншість – ознаки форми та розташування. Результатом пошуку за кольором зазвичай є зображення зі схожими кольорами. Результатом пошуку за текстурою не завжди є зображення із подібною текстурою, якщо база даних містить багато зображень із домінуючими текстурами. Результати пошуку за формою часто є несподіваними. Тому вони не є найбільш ефективними властивостями.

Методи опису характеристик

Тут представлені найбільш загальні методи опису характеристик зображень, що використовуються для подальшого порівняння їх між собою. Всі вони є потенційно широко застосовними, тобто не специфічними для будь-якого особливого підкласу систем.

Розпізнавання семантики запиту

В ідеалі система пошуку повинна вміти обробляти запити користувача, сформульовані у вільній формі, наприклад «знайти фотографії собак» або навіть «знайти портрети людини». Запити такого типу дуже складні для обробки

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------------|------|
| | | | | | КБР-123.21.0024.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 48 |

або Виділення контурів зображення. Існують і інші способи, наприклад фільтрація форм. Часто визначення форми вимагає втручання людини, тому що методи типу сегментації складно повністю автоматизувати для широкого класу задач.

Програмні системи та алгоритми

Попри те, що існує безліч програмних комплексів з пошуку зображень в базах даних, проблема пошуку на основі піксельного змісту в більшості ситуацій поки не має ефективного реалізованого рішення.

Способи побудови запитів

Різні реалізації систем пошуку зображень за змістом працюють з наступними типами користувальницьких запитів:

Запит за шаблоном

Передбачається, що система робить пошук на основі вхідного зображення, поданого користувачем. Алгоритми, що лежать в основі системи, можуть мати різні способи опису та роботи з вхідним зображенням, але всі результати пошуку повинні мати спільні характеристики із вхідним зображенням, що подавалося користувачем.

Користувач може подати на вхід як існуюче зображення, так і грубий начерк необхідного результату (розмітку на кольорові області або прості геометричні форми).

При даному способі побудови запитів не виникає труднощів, пов'язаних з описом зображення за допомогою слів.

Інші способи

Ця категорія включає в себе такі форми запитів, як визначення категорії в запропонованій ієрархії, запит у вигляді частини зображення, очікуваного як результат, розширення запиту додатковими зображеннями, задання графічного шаблону, що складається зі складних форм, а також комбінацію методів.

Також можливе поступове уточнення запиту, коли користувач в процесі роботи системи пошуку позначає проміжні результати як «підходящі» або «незадовільні», і система продовжує працювати з уточненим запитом.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------------|------|
| | | | | | КБР-123.21.0024.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 50 |

3.4 Розробка діаграми процесів

Відповідно до методичних рекомендацій розроблення графічної частини кваліфікаційної бакалаврської роботи розглянемо розроблену діаграму процесів яка зображена на рисунку 3.3.

Розроблена діаграма взаємодії процесів використовується для представлення та візуалізації процесів обробки даних тобто структурного проектування бакалаврської роботи.

Основні складові елементи діаграми взаємодії процесів це потоки даних:

- Репозиторії, потік сховища даних.
- Потоки зовнішні по відношенню до системи сутності.
- Процеси які являють собою трансформацію даних в рамках описуваної системи.
- Потоки даних гібридні між елементами трьох попередніх типів.

Відповідно до документації основна будова діаграми процесів полягає у графічному представленні складу сукупностей даних, що характеризуються як співвідношення різних частин кожної з сукупностей.

Склад статистичної сукупності графічно може бути представлений як за допомогою абсолютних, так і відносних показників. Графічне зображення складу сукупності по абсолютними і відносними показниками сприяє проведенню більш глибокого аналізу і дозволяє проводити аналіз системи.

Для схематичного представлення системи що розробляється необхідно спочатку представити діаграму взаємодії процесів даних рівня контексту, завдяки чому буде показано взаємодію системи в цілому у подальшому.

Використовується модель проектування, графічне представлення «потоків» даних в інформаційній системі. Розроблена діаграма взаємодії процесів системи в подальшому уточнюється шляхом деталізації процесів та потоків даних з метою показати систему що розробляється.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------------|------|
| | | | | | КБР-123.21.0024.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 51 |

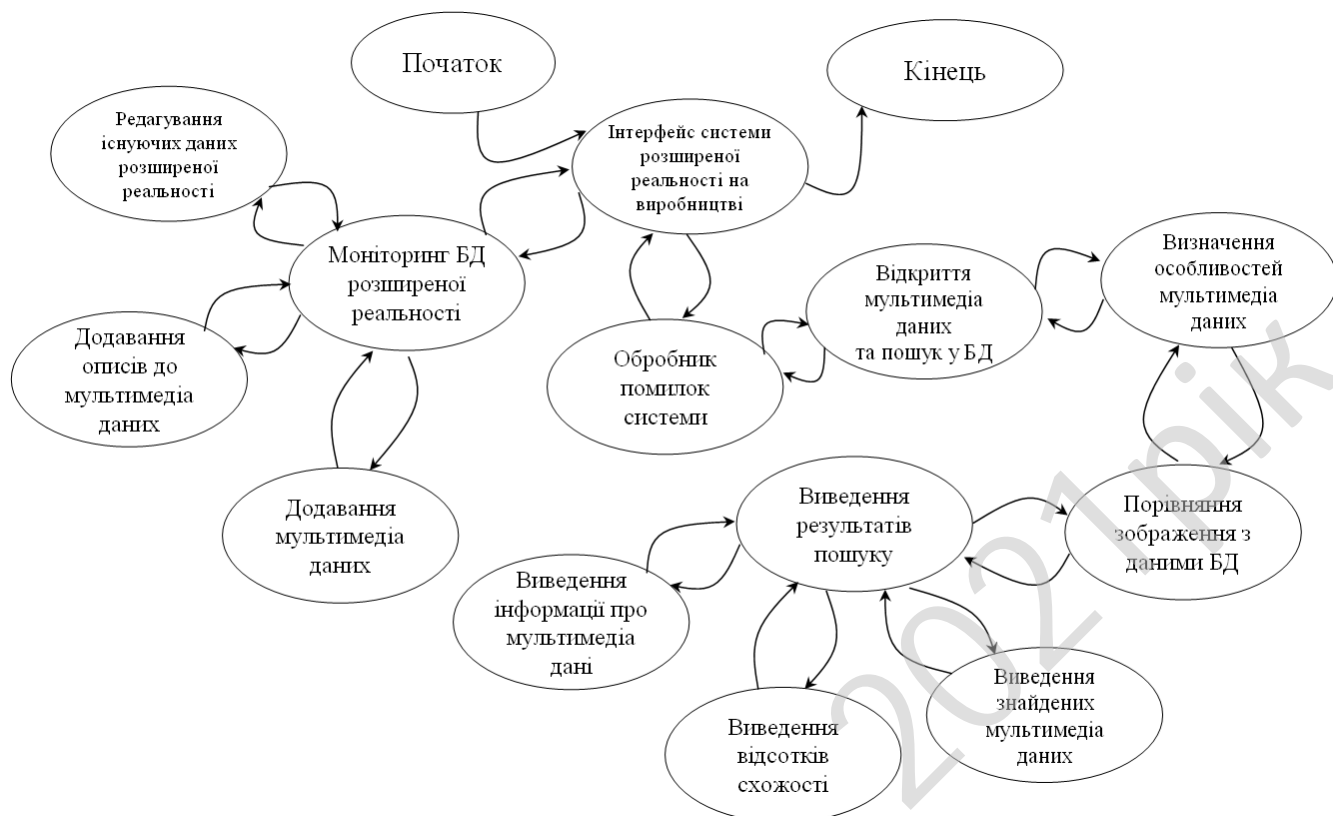


Рисунок 3.3 – Діаграма взаємодії процесів

Таким чином у результаті після розгляду, вищеописаної системи, схеми структурної, функціональної, діаграми взаємодії процесів перейдемо до опису та розгляду блок-схем основної програми, та підпрограм, які використовуються, для реалізації системи.

| | | | | |
|------|------|----------|--------|------|
| | | | | |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

КБР-123.21.0024.00.00.ПЗ

Арк.

52

4 РЕАЛІЗАЦІЯ РОБОТИ. РОЗРАХУНКИ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДАНІ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ВІРНІСТЬ ПРОЕКТНИХ ТА ПРОГРАМНИХ РІШЕНЬ

4.1 Блок-схеми та опис алгоритмів функціонування системи

Спочатку роботи розробленої системи відбувається ініціалізація змінних та виведення вікна роботи системи з обробкою запита відкриття зображення з обчисленням матриці гессе та викликом підпрограми де проходить робота з базою даних та пошуком та аналізом ключових точок через дескриптор. Далі у основній блок схемі відбувається запити пошуку схожих зображень, запиту додавання зображення та запиту редагування БД ПЗ. У послідуєчих етапах якщо не відбувається запиту завершення проходить повторний цикл до подачі запиту завершення роботи. Ці дії зображено на рисунку 4.1 – «Блок схема основної програми» та рисунку 4.2 – «Блок схемі підпрограми».

Розглянемо головний файл програми:

```
// підключення бібліотек
#include "surflib.h"
#include "kmeans.h"
#include <ctime>
#include <iostream>
#define PS 2
//-----
int mI(void)
{
    // Оголошення Ipoints та інших змінних
    IpVec ipt;
    IplImage *img=cvLoadImage("imgs/sf.jpg");

    // Визначення та описання потрібних ключових точок у зображенні
    clock_t start = clock();
    surfDetDes(img, ipt, false, 5, 4, 2, 0.0004f);
    clock_t end = clock();
}
```

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | КБР-123.21.0024.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 53 |

```

std::cout<< "Програма системи для реалізації додаткової реальності знайшла:
" << ipt.size() << " особливі точки" << std::endl;
std::cout<< "Програма системи для реалізації додаткової реальності
виконується: " << float(end - start) / CLOCKS_PER_SEC << " секунд" <<
std::endl;
// Відображення знайдених особливих точок
drawIpoints(img, ipt);
// Виведення результату на екран
showImage(img);
return 0;
}
int mainVideo(void)
{
// Ініціалізація пристрою отримання картинки
CvCapture* capture = cvCaptureFromCAM( CV_CAP_ANY );
if(!capture) error("Немає зображення");
// Ініціалізація пристрою відеозапису
cv::VideoWriter vw("c:\\out.avi",
CV_FOURCC('D','I','V','X'),10,cvSize(320,240),1);
//vw << img;
// Створюємо вікно
cvNamedWindow("Програма системи для реалізації додаткової реальності",
CV_WINDOW_AUTOSIZE );
// Оголошення Ipoints та інших змінних
IpVec ipt;
IplImage *img=NULL;

// Прокручуємо головну картинку
while( 1 )
{
// Вирізаємо фрейм з джерела картини
img = cvQueryFrame(capture);
// Отримуємо точки для методу SURF
surfDetDes(img, ipt, false, 4, 4, 2, 0.004f);
// Відображення знайдених особливих точок
drawIpoints(img, ipt);
// Виводимо фігуру FPS
drawFPS(img);
// Виведення результату на екран
cvShowImage("Програма системи для реалізації додаткової реальності", img);
// Якщо нажата клавіша ESC перериваємо прокручування
if( (cvWaitKey(10) & 255) == 27 ) break; }

```

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------------|------|
| | | | | | КБР-123.21.0024.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 54 |

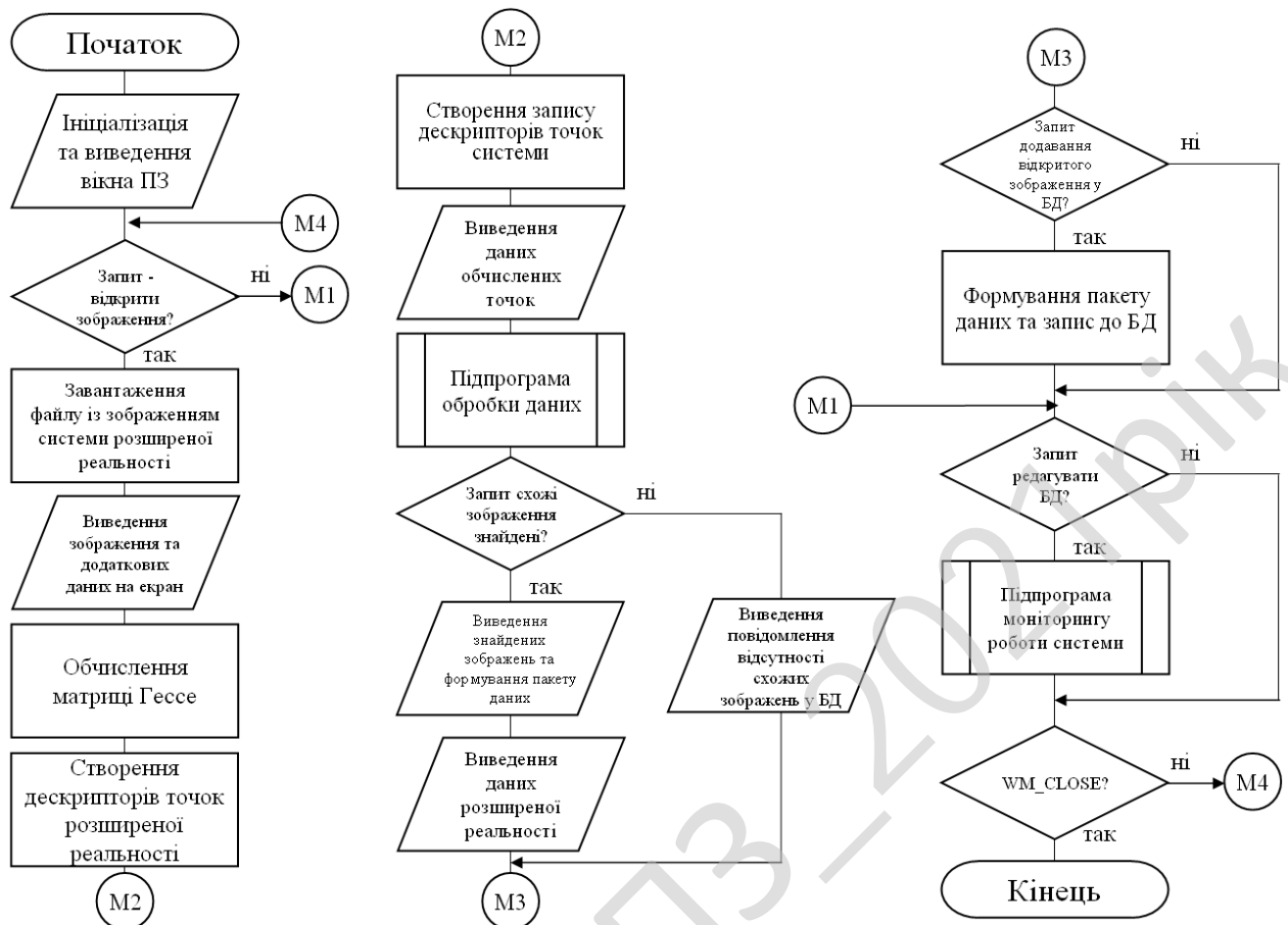


Рисунок 4.1 – Блок схема основної програми

```

cvReleaseCapture( &capture );
cvDestroyWindow( "Програма системи для реалізації додаткової реальності" );
return 0; }
//-----
int mainMatch(void)
{ // Ініціалізація пристрою отримання картинки
  CvCapture* capture = cvCaptureFromCAM( CV_CAP_ANY );
  if(!capture) error("Немає зображення");
  // Оголошення Ipoints та інших змінних
  IpPairVec matches;
  IpVec ipt, ref_ipt;
  // Описуємо пошук необхідних точок на відеокадрі
  // Це описано у рядку IplImage *img = cvLoadImage("imgs/object.jpg");
  // де object.jpg потрібний нам кадр з відео
  IplImage *img = cvLoadImage("imgs/object.jpg");

```

```

if (img == NULL) error("Потрібно завантажити довідкове зображення для того,
щоб управляти відповідністю процедури");
CvPoint src_corners[4] = {{0,0}, {img->width,0}, {img->width, img->height},
{0, img->height}};
CvPoint dst_corners[4];

```

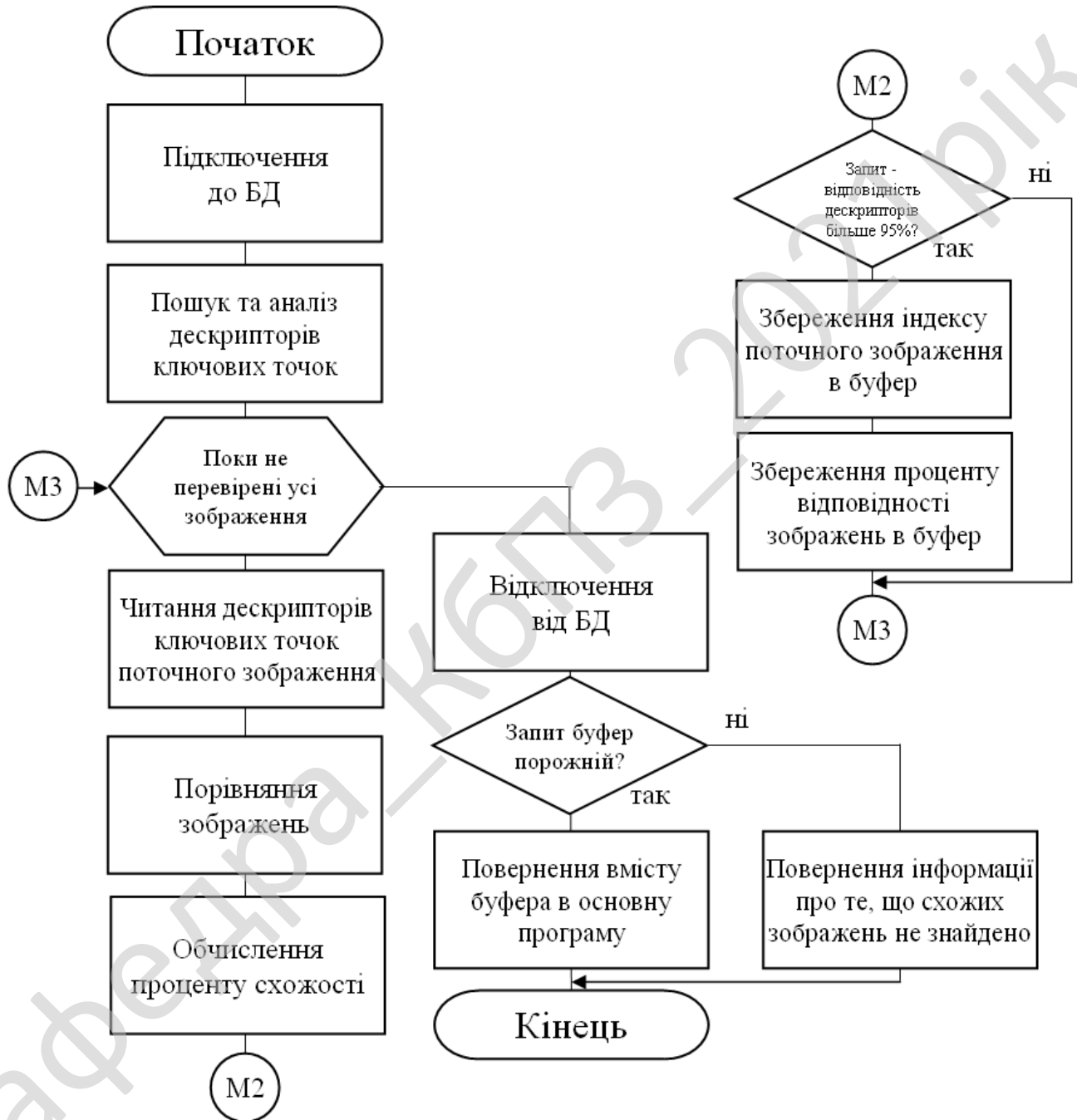


Рисунок 4.2 – Блок схема підпрограми

```

// Витягуємо довідковий об'єкт Ipoints
surfDetDes(img, ref_ipts, false, 3, 4, 3, 0.004f);

```

```

    drawIpoints(img, ref_ipts);
    showImage(img);
    // Створюємо вікно
    cvNamedWindow("Програма системи для реалізації додаткової реальності",
CV_WINDOW_AUTOSIZE );
    // Прокручуємо головну картинку
    while( true )
    {
    // Вирізаємо фрейм з джерела картинки
    img = cvQueryFrame(capture);

    // Визначаємо та описуємо особливі точки у фреймі
    surfDetDes(img, ipts, false, 3, 4, 3, 0.004f);
    // Рисуємо відповідний вектор
    getMatches(ipts,ref_ipts,matches);
    // Цей виклик знаходить, де об'єктні кути мають бути у фреймі
    if (translateCorners(matches, src_corners, dst_corners))
    {
    // Рисуємо фігуру вокруг об'єкту
    for(int i = 0; i < 4; i++ )
    {
    CvPoint r1 = dst_corners[i%4];
    CvPoint r2 = dst_corners[(i+1)%4];
    cvLine( img, cvPoint(r1.x, r1.y),
    cvPoint(r2.x, r2.y), cvScalar(255,255,255), 3 );
    }
    for (unsigned int i = 0; i < matches.size(); ++i)
    drawIpoint(img, matches[i].first);
    }
    // Виводимо фігуру FPS
    drawFPS(img);
    // Виведення результату на екран
    cvShowImage("Програма системи для реалізації додаткової реальності", img);
    // Якщо натата клавіша ESC перериваємо прокручування
    if( (cvWaitKey(10) & 255) == 27 ) break;
    }
    // Редагуємо зображення з пристрою
    cvReleaseCapture( &capture );
    cvDestroyWindow( "Програма системи для реалізації додаткової реальності" );
    return 0; }
    //-----
int mainMotionPoints(void)

```

| | | | | |
|------|------|----------|--------|------|
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |
|------|------|----------|--------|------|

КБР-123.21.0024.00.00.ПЗ

Арк.

57

```

{
// Ініціалізація пристрою отримання картинки
CvCapture* capture = cvCaptureFromCAM( CV_CAP_ANY );
if(!capture) error("Немає зображення");
// Створюємо вікно
cvNamedWindow("Програма системи для реалізації додаткової реальності",
CV_WINDOW_AUTOSIZE );
// Оголошення Ipoints та інших змінних
IpVec ipts, old_ipts, motion;
IpPairVec matches;
IplImage *img;
// Прокручуємо головну картинку
while( 1 )
{
// Вирізаємо фрейм з джерела картинки
img = cvQueryFrame(capture);
// Визначення та описання потрібних ключових точок у зображенні
old_ipts = ipts;
surfDetDes(img, ipts, true, 3, 4, 2, 0.0004f);
// Рисуємо відповідний вектор
getMatches(ipts,old_ipts,matches);
for (unsigned int i = 0; i < matches.size(); ++i)
{
const float & dx = matches[i].first.dx;
const float & dy = matches[i].first.dy;
float speed = sqrt(dx*dx+dy*dy);
if (speed > 5 && speed < 30)
drawIpoint(img, matches[i].first, 3);
}
// Виведення результату на екран
cvShowImage("Програма системи для реалізації додаткової реальності", img);
// Якщо нажата клавіша ESC перериваємо прокручування
if( (cvWaitKey(10) & 255) == 27 ) break;
}
// Редагуємо зображення з пристрою
cvReleaseCapture( &capture );
cvDestroyWindow( "Програма системи для реалізації додаткової реальності" );
return 0;
}
//-----
int mainStaticMatch()
{

```

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------------|------|
| | | | | | КБР-123.21.0024.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 58 |

```

IplImage *img1, *img2;
img1 = cvLoadImage("imgs/img1.jpg");
img2 = cvLoadImage("imgs/img2.jpg");
IpVec ipts1, ipts2;
surfDetDes(img1, ipts1, false, 4, 4, 2, 0.0001f);
surfDetDes(img2, ipts2, false, 4, 4, 2, 0.0001f);
IpPairVec matches;
getMatches(ipts1, ipts2, matches);
for (unsigned int i = 0; i < matches.size(); ++i)
{
drawPoint(img1, matches[i].first);
drawPoint(img2, matches[i].second);
const int & w = img1->width;
vLine(img1, cvPoint(matches[i].first.x, matches[i].first.y),
cvPoint(matches[i].second.x+w, matches[i].second.y),
cvScalar(255, 255, 255), 1);
cvLine(img2, cvPoint(matches[i].first.x-
w, matches[i].first.y), cvPoint(matches[i].second.x, matches[i].second.y),
cvScalar(255, 255, 255), 1);
}
std::cout<< "Відповідає: " << matches.size();
cvNamedWindow("1", CV_WINDOW_AUTOSIZE );
cvNamedWindow("2", CV_WINDOW_AUTOSIZE );
cvShowImage("1", img1);
cvShowImage("2", img2);
cvWaitKey(0);
return 0;
}
//-----
int mainKmeans(void)
{
IplImage *img = cvLoadImage("imgs/img1.jpg");
IpVec ipts;
Kmeans km;
// Беремо Ipoints
surfDetDes(img, ipts, true, 3, 4, 2, 0.0006f);
for (int repeat = 0; repeat < 10; ++repeat)
{
IplImage *img = cvLoadImage("imgs/img1.jpg");
km.Run(&ipts, 5, true);
drawPoints(img, km.clusters);
for (unsigned int i = 0; i < ipts.size(); ++i)

```

| | | | | |
|------|------|----------|--------|------|
| | | | | |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

КБР-123.21.0024.00.00.ПЗ

Арк.

59


```

    }
}
float sumX=0.f, sumY=0.f;
float max=0.f, orientation = 0.f;
float angl=0.f, ang2=0.f;
for(angl = 0; angl < 2*pi; angl+=0.15f) {
    ang2 = ( angl+pi/3.0f > 2*pi ? angl-5.0f*pi/3.0f : angl+pi/3.0f);
    sumX = sumY = 0.f;
    for(unsigned int k = 0; k < Ang.size(); ++k)
    {
// беремо angle з x-axis для точки прикладу
        const float & ang = Ang[k];
// визначаємо чи є точка в межах вікна
        if (angl < ang2 && angl < ang && ang < ang2)
        {
            sumX+=resX[k];
            sumY+=resY[k];
        }
        else if (ang2 < angl &&
            ((ang > 0 && ang < ang2) || (ang > angl && ang < 2*pi) ))
        {
            sumX+=resX[k];
            sumY+=resY[k];
        }
    }
    if (sumX*sumX + sumY*sumY > max)
    {
        max = sumX*sumX + sumY*sumY;
        orientation = getAngle(sumX, sumY);
    }
}
ipt->orientation = orientation;
}

```

Після цього пошук дескрипторів зужується до блоків Гауса 4x4, в яких координати визначених точок повертаються на вісь обертання. Для цього призначена наступна послідовність операцій в кодї програми:

```

void Surf::gD(bool bUpright)
{
    int y, x, sample_x, sample_y, count=0;
    int i = 0, ix = 0, j = 0, jx = 0, xs = 0, ys = 0;
    float scale, *desc, dx, dy, mdx, mdy, co, si;

```

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------------|------|
| | | | | | КБР-123.21.0024.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 61 |

```

float gauss_s1 = 0.f, gauss_s2 = 0.f;
float rx = 0.f, ry = 0.f, rrx = 0.f, rry = 0.f, len = 0.f;
float cx = -0.5f, cy = 0.f;
// Під область зосереджується для 4x4 блока гауса
Ipoint *ipt = &ipts[index];
scale = ipt->scale;
x = fRound(ipt->x);
y = fRound(ipt->y);
desc = ipt->descriptor;

if (bUpright)
{
    co = 1;
    si = 0;
}
else
{
    co = cos(ipt->orientation);
    si = sin(ipt->orientation);
}
i = -8;

```

Дескриптор для цієї особливої точки розраховується наступним чином:

```

while(i < 12)
{
    j = -8;
    i = i-4;
    cx += 1.f;
    cy = -0.5f;
    while(j < 12)
    {
        dx=dy=mdx=mdy=0.f;
        cy += 1.f;
        j = j - 4;
        ix = i + 5;
        jx = j + 5;
        xs = fRound(x + ( -jx*scale*si + ix*scale*co));
        ys = fRound(y + ( jx*scale*co + ix*scale*si));
        for (int k = i; k < i + 9; ++k)
        {
            for (int l = j; l < j + 9; ++l)
            {

```

| | | | | |
|------|------|----------|--------|------|
| | | | | |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

КБР-123.21.0024.00.00.ПЗ

Арк.

62

номера r , а вісім внутрішніх біт утворять номер s . Вихід S-блоку, O , має наступне значення: $O(r,c) = (c + ((r*17) \oplus 0xff) \& 0xff)^{31} \bmod P_r$.

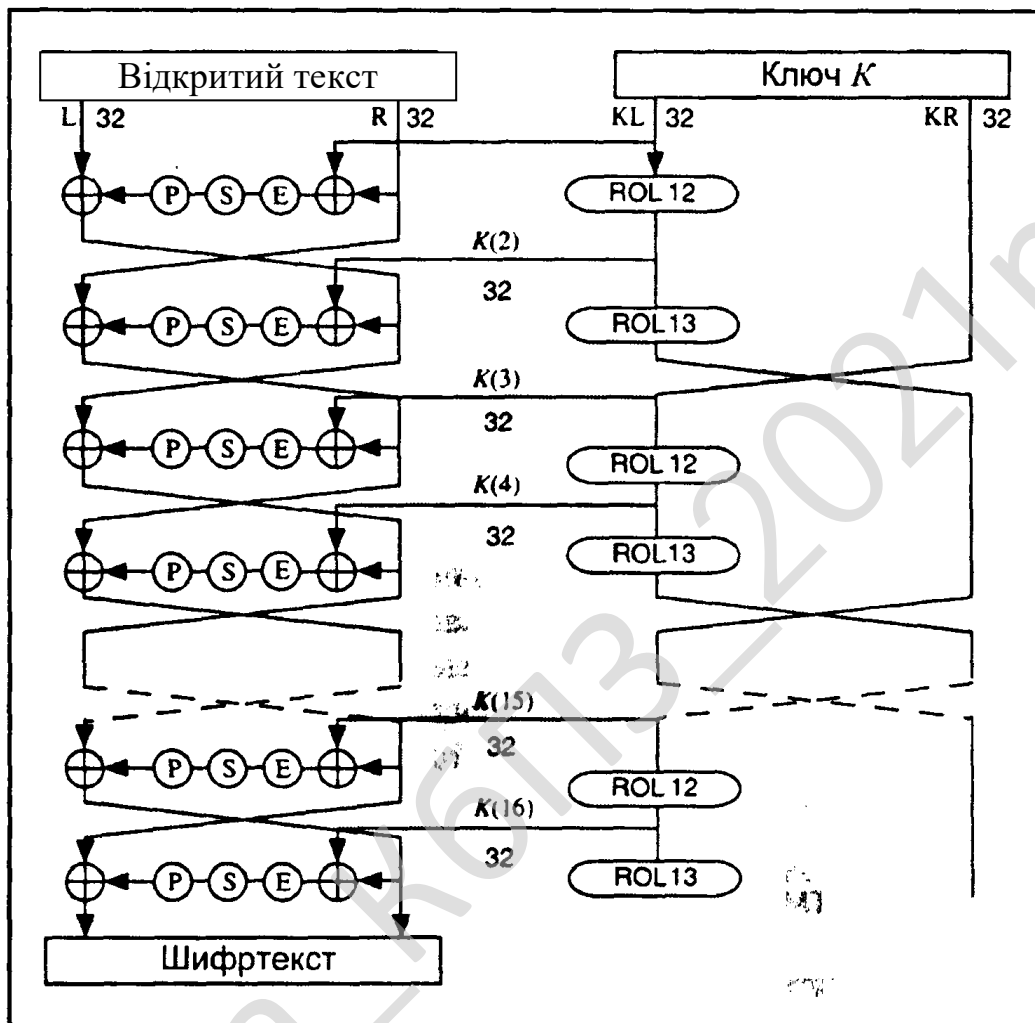


Рисунок 4.3 – Алгоритм LOKI91

Таблиця 4.2 – Значення P_r

| | | | | | | | | |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| r | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| P_r | 375 | 379 | 391 | 395 | 397 | 415 | 419 | 425 |
| r | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| P_r | 433 | 445 | 451 | 463 | 471 | 477 | 487 | 499 |

5 МЕТОДИКА ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ В ПРОМИСЛОВУ ЕКСПЛУАТАЦІЮ

Програма має простий та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, який зображений на рисунку 5.1. З рисунку головного вікна можна побачити що інтерфейс головного вікна розподілено на наступні функціональні розділи:

- Функціональних кнопок ПЗ: База даних; Ідентифікація.
- Навігаційного меню.
- Верхнього меню: Файл; Ідентифікація; База даних; Довідка.
- Розділу виведення об'єктів розширення реальності. На прикладі представлено розширення реальності у вигляді розпізнавання та опису об'єктів інструментального кріплення.
- Розділу виведення результату роботи системи – опису об'єкту.



Рисунок 5.1 – Головне вікно ПЗ

На рисунку 5.2 зображено авторські дані розробленого програмного забезпечення. Розроблена програма має дуже простий і зрозумілий інтерфейс з

користувачем. Кожен, хто в достатньому обсязі володіє операційним середовищем Windows без особливих складностей освоїть і цю програму, оскільки її інтерфейс інтуїтивно зрозумілий. Якщо програма не видала ніяких помилок, і працює, то можна використовувати, інакше слід слідувати інструкціям, які пропонує програма.

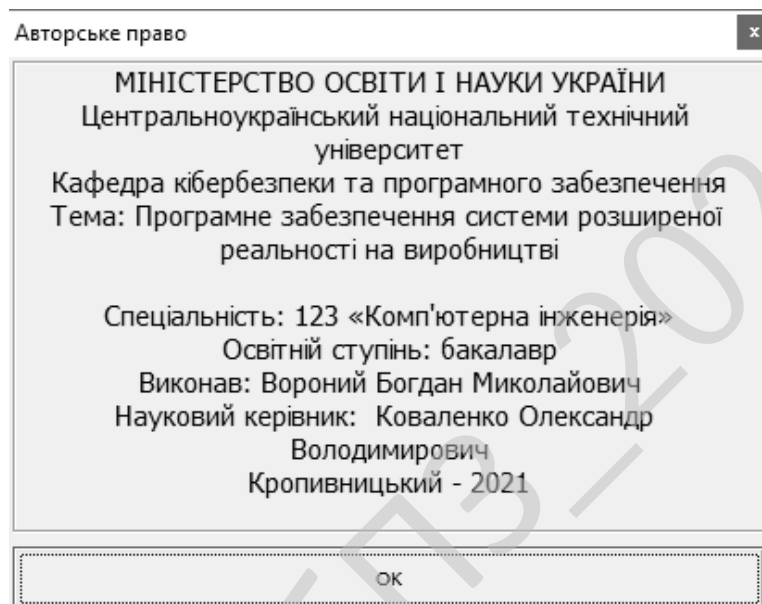


Рисунок 5.2 – Авторське право

Розглянемо процес впровадження програмного забезпечення, це процес налаштування програмного забезпечення під певні умови використання, а також навчання користувачів роботі з програмним продуктом. Впровадження програмного забезпечення це усі дії, що роблять розроблену програмну систему готовою до використання.

Даний процес є частинною життєвого циклу програмного забезпечення.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | КБР-123.21.0024.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 67 |

програмне забезпечення, що спеціально розроблене для даної конкретної системи й включає програми, що реалізують її функції.

Програма призначена для виконання під управлінням багатозадачної операційної системи Windows 10.

Даються необхідні рекомендації з установки розробленого програмного забезпечення.

Для підвищення рівня безпеки запропоновано застосовувати алгоритм LOKI_91.

В цілому створене програмне забезпечення підтверджує правильність використаних проектних рішень та повністю відповідає вимогам технічного завдання. Створене програмне забезпечення має потенційну можливість для подальшого вдосконалення і застосування у різних галузях.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | КБР-123.21.0024.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 69 |

18. <https://itunes.apple.com/us/app/jurassic-virtual-reality-VR/id958174054?mt=8>
19. <https://edu.google.com/expeditions>
20. <http://www.titansofspaceVR.com/>
21. <http://anatomy4d.daqri.com/>
22. <http://elements4d.daqri.com/>
23. <https://www.microsoft.com/en-us/store/p/mylab/9nn8dz3j8ksx>
24. <https://itunes.apple.com/us/app/AR-planets/id839735420?mt=8>
25. <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.google.android.stardroid&hl=en>
26. <http://immersiveducation.org/>
27. <http://immersiveVReducation.com/>
28. <https://medium.com/futurepi/a-vision-for-education-and-its-immersive-a-i-driven-future-b5a9d34ce26d>
29. https://www.ted.com/talks/michael_bodekaer_this_virtual_lab_will_revolutionize_science_class/footnotes?referrer=playlist-10_years_of_ted_talks#t-669397
30. <https://www.mos.ru/news/item/30181073/>
31. Freina, Laura, and Michela Ott. "A literature review on immersive virtual reality in education: state of the art and perspectives." *The International Scientific Conference eLearning and Software for Education*. Vol. 1. "Carol I" National Defence University, 2015.
32. Akçayır, Murat, and Gökçe Akçayır. "Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature." *Educational Research Review* 20 (2017): 1-11.
33. http://store.steampowered.com/app/482390/The_Night_Cafe_A_VR_Tribute_to_Vincent_Van_Gogh/
34. http://store.steampowered.com/app/638920/BeanVRThe_Social_VR_APP/
35. http://store.steampowered.com/app/407060/AltspaceVRThe_Social_VR_APP/

озброєння і військова техніка. Науковий журнал 2(34)– X.: ХУПС – 2013. С. 99-102.

47. Дреєв О.М. Дослідження впливу ступеня стиснення зображень на оперативність їх доставки у телекомунікаційній системі / О.А. Смирнов, О.М. Дреєв, О.П. Доренський // Збірник наукових праць "Системи обробки інформації". – Випуск 8(115). – X.: ХУПС – 2013. – С. 234-239.

48. Дреєв А.Н. Сравнение битовых плотностей при использовании различных методов кодирования информации / А.Н. Дреєв, А.А. Смирнов // Системи обробки інформації, 2014, випуск 2 (118), том 2– Харків: ХУПС – 2014. С 64-66.

49. Дреєв О.М. Моделювання впливу інтенсивності трафіку на оперативність доставляння інформації / О.М. Дреєв // Науково-виробничий журнал "Зв'язок". – Київ: ДУТ, 2014. – № 2 (108) С. 24-29.

50. Дреєв А.Н. Повышение вероятности доставки сообщений в телекоммуникационных системах и сетях для обеспечения информационной безопасности / А.Н. Дреєв, А.А. Смирнов // «Безпека інформації» Том 21, №1 2015 р. – Київ: НАУ – 2015. – С. 22-28.

51. Дреєв О.М. Узагальнення вейвлету Хаара / О.М. Дреєв, Г.М. Дреєва // Збірник тез доповідей Комбінаторні конфігурації та їх застосування, 15-16 жовтня 2010 р. – Кіровоград – С. 58

52. Дреєв О.М. Узагальнення вейвлету Хаара / О.М. Дреєв // Матеріали науково-практичної конференції, присвяченої 80-річчю фізико-математичного факультету КДПУ ім. В. Винниченка 26 листопада 2010 р. – Кіровоград – С. 12

53. Дреєв О.М. Метод прогнозування завантаженості серверу телекомунікаційної мережі / О.М. Дреєв, О.В. Коваленко // Тези доповідей Новітні технології – для захисту повітряного простору. Дев'ята наукова конференція. 18-19 квітня 2011 р. – X.: ХУПС. – 2012. – С. 206

54. Дреєв О.М. Метод довгострокового прогнозування навантаження серверу телекомунікаційної мережі / О.М. Дреєв, Г.М. Дреєва // Комбінаторні

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------------|------|
| | | | | | КБР-123.21.0024.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 73 |

конфігурації та їх застосування. Кіровоград. 13-14 квітня 2012 р. – Кіровоград: “Ексклюзів-систем”. – 2012. – С. 50

55. Дреєв О.М. Вдосконалення стиснення зображень SPIHT методу шляхом додаткового кодування та відкладеної передачі уточнення вейвлет коефіцієнтів / О.М. Дреєв // Дискретна математика та її застосування у економіко-математичному моделюванні та інформаційних технологіях. 11-13 жовтня 2012 р. – Запоріжжя: ЗНУ – 2012. – С. 22-23.

56. Дреєв О.М. Методи підвищення якості обслуговування у телекомунікаційних системах та мережах / О.М. Дреєв, Г.М Дреєва, О.А. Смірнов // Збірник тез доповідей. Академія внутрішніх військ МВС України “Застосування інформаційних технологій у підготовці та діяльності сил охорони правопорядку” 20-21 березня 2013р. – Харків: АВВ. – 2013. С. – 18-19

57. Дреєв А.Н. SPIHT кодирование с отложенной передачей значимых битов / А.Н. Дреєв // Тези доповідей. Новітні технології – для захисту повітряного простору. Дев'ята наукова конференція 17 квітня 2013 р. – Х.: ХУПС. – 2013. – С. 206

58. Дреєв А.Н. Повышение оперативности доставки данных повышенной востребованности в телекоммуникационных системах и сетях / А.Н. Дреєв, А.А. Смирнов, Е.В. Мелешко // Проблеми і перспективи розвитку ІТ-індустрії 25-26 квітня 2013 р. Системи обробки інформації. – Випуск 3 (110). Том 2. – Харків: ХУПС. – 2013. С. – 199.

59. Дреєв О.М. Середньостатистичний та найімовірніший час доставки багатопакетного повідомлення в телекомунікаційній системі або мережі / О.М. Дреєв, О.А. Смірнов // V Всеукраїнська науково-практична конференція "Інформатика та системні науки" ІСН – 2014, 13-15 березня 2014 року, м. Полтава – С. 92

60. Дреєв О.М. Визначення оптимального розміру блоку при бітовому арифметичному кодуванні / О.М. Дреєв, Г.М. Дреєва // Збірник тез доповідей

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------------|------|
| | | | | | КБР-123.21.0024.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 74 |

Комбінаторні конфігурації та їх застосування, 11-12 квітня 2014 р. – Кіровоград – С. 44

61. Дреев А.Н. Экстраполяция квазипериодических процессов с аддитивными помехами / А.Н. Дреев, А.А. Смирнов // П'ята Міжнародна науково-практична конференція "Інформаційні технології та моделювання в економіці" 15-16 травня 2014 р. – Черкаси – С. 59

62. Дреев А.Н. Статистическая модель передачи многопакетного сообщения в телекоммуникационной системе или сети / А.Н. Дреев, А.А. Смирнов // «Компьютерное моделирование в наукоемких технологиях (КМНТ-2014)» Харьков, 28-31 мая 2014 года – С. 137-140

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | КБР-123.21.0024.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 75 |