

Центральноукраїнський національний технічний університет
Механіко-технологічний факультет
Кафедра кібербезпеки та програмного забезпечення

”Допущено до захисту”
Завідувач кафедри кібербезпеки
та програмного забезпечення
д.т.н., професор
_____ Олексій СМІРНОВ
“ ____ ” _____ 2026 р.

ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
на тему
“Програмне забезпечення системи пошуку зображення за
змістом за допомогою AR/VR/MR”

Виконав здобувач вищої освіти
IV курсу, групи КН-22
ОПП «Комп’ютерні науки»
спеціальності 122 «Комп’ютерні науки»
_____ Ткаченко Р.Е.
« ____ » _____ 2026 р.

Керівник проекту
кандидат технічних наук, доцент
_____ Коваленко А.С.
« ____ » _____ 2026 р.
Рецензент _____

Центральноукраїнський національний технічний університет
Факультет Механіко-технологічний
Кафедра Кібербезпеки та програмного забезпечення
Освітній ступінь бакалавр
Галузь знань . 12 “Інформаційні технології”
Спеціальність 122 “Комп’ютерні науки”
Освітньо-професійна (освітньо-наукова) програма “Комп’ютерні науки”

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

д.т.н., проф.

Олексій СМІРНОВ

« 15 » січня 2026 року

ЗАВДАННЯ НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

Ткаченку Роману Едуардовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи *Програмне забезпечення системи пошуку зображення за змістом за допомогою AR/VR/MR*

2. Керівник роботи *Коваленко Анна Степанівна, канд. техн. наук, доцент*

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

затверджені наказом вищого навчального закладу № 116-02 від 06.02.2026 року

3. Строк подання студентом роботи до захисту *23.05.2026 р.*

4. Мета та завдання випускної кваліфікаційної роботи: *Метою роботи є розробка програмного забезпечення системи пошуку зображення за змістом за допомогою AR/VR/MR*

5. 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

6. 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*

7. Дата видачі завдання « 15 » січня 2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти	Строк виконання етапів випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти	Примітка
1.	Аналіз існуючих систем	10.03.2026 р.	
2.	Постановка задачі, оформлення ТЗ	15.03.2026 р.	
3.	Розробка моделі компонента	20.03.2026 р.	
4.	Розробка структур даних	25.03.2026 р.	
5.	Розробка алгоритмів зв'язку та відображення	30.03.2026 р.	
6.	Програмування алгоритмів	10.04.2026 р.	
7.	Оформлення ПЗ	17.04.2026 р.	
8.	Попередній захист роботи	23.05.2026 р.	

Дата видачі завдання
« 15 » січня 2026 р.

Підпис керівника

Коваленко А.С.
(прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання
« 15 » січня 2026 р.

Підпис здобувача

Ткаченко Р.Е.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Ткаченко Р.Е. Програмне забезпечення системи пошуку зображення за змістом за допомогою AR/VR/MR. 122 Комп'ютерні науки. Центральноукраїнський національний технічний університет. Кропивницький. 2026.

В даній випускній кваліфікаційній роботі за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти розроблено програмне забезпечення, яке призначено для системи пошуку зображення за змістом за допомогою AR/VR/MR.

Метою розробки є програмне забезпечення системи пошуку зображення за змістом за допомогою AR/VR/MR.

Результат роботи – програмна реалізація системи пошуку зображення за змістом за допомогою AR/VR/MR.

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 з ОС Windows 10/11.

Програму розроблено в середовищі Visual C++.

Ключові слова: комп'ютерні науки, пошук зображення, AR/VR/MR

ABSTRACT

Tkachenko R.E. Software for the image search system by content using AR/VR/MR. 122 Computer Science. Central Ukrainian National Technical University. Kropyvnytskyi. 2026.

In this final qualification work for the first (bachelor's) level of higher education, software has been developed, which is intended for the image search system by content using AR/VR/MR.

The purpose of the development is software for the image search system by content using AR/VR/MR.

The result of the work is the software implementation of the image search system by content using AR/VR/MR.

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.

A convenient user interface has been developed. Instructions for working with software are provided.

The program can be used on a PC with Windows 10/11 OS.

The program was developed in the Visual C++ environment.

Keywords: computer science, image search, AR/VR/MR

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ І ТЕРМІНІВ	2
ВСТУП.....	3
1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ОБЛАСТЬ ВИКОРИСТАННЯ	5
1.1 Призначення системи.....	5
1.2 Область застосування.....	6
2 ПЕРЕГЛЯД АНАЛОГІЧНИХ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ	8
2.1 Огляд існуючих систем, технологій, архітектур та програмних рішень за профілем теми випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти.....	8
2.2 Обґрунтування вибору засобів для побудови системи та мови програмування.....	25
2.3 Розгорнута постановка завдання	28
3 ОПИС І ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ	30
3.1 Опис функціонування системи	30
3.2 Розробка структурної схеми.....	36
3.3 Розробка функціональної схеми	46
3.4 Розробка діаграми процесів.....	49
4 РЕАЛІЗАЦІЯ РОБОТИ. РОЗРАХУНКИ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДАНІ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ВІРНІСТЬ ПРОЕКТНИХ ТА ПРОГРАМНИХ РІШЕНЬ.....	51
4.1 Розробка блок-схем та опис алгоритмів функціонування системи.....	51
4.2 Захист розробленого програмного забезпечення.....	65
5 ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ В ПРОМИСЛОВУ ЕКСПЛУАТАЦІЮ	71
6 ОСНОВНІ ВИСНОВКИ.....	77
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	79

					ВКРБ-122.26.0031.00.00.ПЗ			
Вим.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	Програмне забезпечення системи пошуку зображення за змістом за допомогою AR/VR/MR	Літ.	Аркуш	Аркушів
Розроб.	Ткаченко Р.Е.					Б	1	84
Перев.	Коваленко А.С.							
Н.контр.	Коваленко А.С.					ЦНТУ КН-22		
Затв.	Смірнов О.А.							

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ І ТЕРМІНІВ

АОО	–	Алгоритм обчислення оцінок
БНМ	–	Багатошарові нейронні мережі
ЗНМ	–	Згорткові нейронні мережі
ІТ	–	Інформаційні технології
МГОА	–	Метод групового обліку аргументів
МН	–	Машинне навчання
НМ	–	Нейронні мережі
ПЗ	–	Програмне забезпечення
ПК	–	Персональний комп'ютер
ШІ	–	Штучний інтелект
AR	–	Доповнена реальність
OCR	–	Оптичне розпізнавання символів і об'єктів
LFIS	–	Система ідентифікації особи в реальному часі
MR	–	Змішана реальність
XR	–	Розширена реальність
VR	–	Віртуальна реальність

ВСТУП

Актуальність теми. Перехід до просторових обчислень досяг визначальної віхи у 2026 році, вийшовши за межі фрагментарних експериментів початку 2020-х років і перетворившись на стабілізовану, швидкозростаючу екосистему. Індустрія, що охоплює доповнену реальність (AR), віртуальну реальність (VR) та змішану реальність (MR) – разом відомі як розширена реальність (XR) – перетворилася з нішевого ігрового аксесуара на фундаментальний стовп сучасних операцій підприємств та взаємодії зі споживачами. Ця еволюція характеризується не одним проривним пристроєм, а конвергенцією інфраструктури, чіткістю регулювання та стандартизованими програмними платформами, які знизили бар'єр входу як для розробників, так і для кінцевих користувачів. Оскільки цифрові середовища стають дедалі менш помітними від фізичних, стратегічне значення XR для маркетологів та бізнес-лідерів перейшло з інноваційного проекту на основну вимогу для підтримки конкурентоспроможності в епоху комерції. 2026 рік являє собою момент для галузі, коли програмні екосистеми нарешті наздогнали можливості апаратного забезпечення, що сприяло хвилі масового впровадження, яку аналітики прогнозували понад десять років.

Мета й завдання дослідження. Метою роботи є програмне забезпечення системи пошуку зображення за змістом за допомогою AR/VR/MR.

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

- Огляд існуючих систем пошуку зображення за змістом за допомогою AR/VR/MR.
- Дослідження системи пошуку зображення за змістом за допомогою AR/VR/MR.
- Програмна реалізація системи пошуку зображення за змістом за допомогою AR/VR/MR.

					ВКРБ-122.26.0031.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

Практична цінність отриманих результатів полягає в тому, що розроблені алгоритми дозволяють успішно вирішувати задачі пошуку зображення за змістом за допомогою AR/VR/MR.

Таким чином, виходячи з вищеперерахованого, програмне забезпечення системи пошуку зображення за змістом за допомогою AR/VR/MR, є актуальною задачею, яка потребує вирішення у даній випускній кваліфікаційній роботі за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти.

К6ПЗ_2026

					ВКРБ-122.26.0031.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ОБЛАСТЬ ВИКОРИСТАННЯ

1.1 Призначення системи

Якщо глянути на криву зрілості технологій Gartner, то й машинне/глибоке навчання, і блокчейн перебувають на піку завищених очікувань, тоді як доповнена реальність уже спустилася в долину розчарувань, а віртуальна – вибралася на підйом просвітління. Так що від аналітиків можна було б очікувати більш зважених і погоджених прогнозів ринку AR/VR, чому МН/ШІ й блокчейна. На жаль, це не так – будь-яка послідовність оцінок аналітиків є розбіжною.

Деяке здивування викликає й те, як Gartner оцінює зрілість імерсивних технологій. Якщо проекти AR/VR перебувають переважно на стадії пілотних впроваджень, то глибоке навчання вже досить широко застосовується для рішення різних завдань. Втім, основною областю застосування AR/VR залишається індустрія розваг, а там ці технології використовуються більш активно, ніж у корпоративному сегменті.

AR/VR

Віртуальна й доповнена реальності часто згадуються разом, тому може створитися враження, що мова йде про одну й ту ж технологію. У дійсності ж вони не тільки різні, але й застосовуються для різних завдань.

Віртуальна реальність припускає повне занурення в штучно створену синтетичне середовище. При цьому вона, як правило, імітує який-небудь реальний об'єкт, доступ на який утруднений або неможливий (наприклад, бурова вишка, проєктований будинок і т.п.). Для створення віртуальної реальності необхідний дорогий шолом або інший спеціалізований пристрій.

Доповнена реальність означає надання контекстної цифрової інформації про реальні об'єкти. Для її створення найчастіше достатньо смартфона або

					ВКРБ-122.26.0031.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

планшета. Наприклад, покупець може довідатися докладні відомості про продукт, направивши камеру смартфона на товар, що його цікавить.

Технології віртуальної й доповненої реальностей поєднуються в змішаній реальності (Mixed Reality, MR). Вона дозволяє комбінувати віртуальні й дійсно існуючі об'єкти в реальному часі. Часто для цього використовуються спеціальні окуляри: на образ об'єкта накладається голограма, і користувачі можуть взаємодіяти з нею, переміщаючись по об'єкту.

Якщо ви ще не заплуталися, то от ще одне модне слово, що недавно з'явилося, – «розширена реальність» (extended Reality, XR). Це узагальнююче поняття охоплює всі види зміненої реальності. Незважаючи на різне походження й призначення, відмінності між ними поступово стираються, а подібність стає більш явним, так що новий термін з'явився вчасно.

1.2 Область застосування

Основною областю застосування VR на даний момент є практичні тренінги. Деякі сценарії, наприклад пожежу на буровій або евакуацію персоналу з нафтової платформи, дорого, а найчастіше й неможливо відтворити на існуючому об'єкті. Створюваний же за допомогою VR ефект присутності дозволяє відробити необхідні дії в умовах хоч і віртуальних, але максимально близьких до реальних.

У компанії використовується віртуальний тренажер для навчання роботі з біореактором (прилад, де створені необхідні умови для розвитку певних мікроорганізмів). Новачкові важко одержати досвід роботи з реальним біореактором, оскільки доступ до нього обмежений – зокрема, необхідно пройти дезінфекційну обробку. Тому до появи тренажера, що навчаються були змушено знайомитися з ним здебільшого «вприглядку» – вивчати документацію загальним обсягом понад 600 аркуші.

Крім теоретичних знань, тренажер допомагає практикантам придбати практичні навички в ході самостійних занять. В тих, хто навчається є можливість

					ВКРБ-122.26.0031.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

помилятися й бачити результати своїх дій, при цьому ні йому самому, ні установці не наноситься ніякого збитку. Після двох-трьох повторень заданих операцій користувач перестає допускати критичні помилки. Звичайно, це не скасовує необхідності навчання «у поле», але завдяки прискореному освоєнню навичок час входження в посаду скоротилося із трьох місяців до трьох тижнів.

Окремий реактор для навчання практикантів обійшовся б компанії в 9 млн грн., при цьому такий рішення не масштабується: кількість людей, які можуть виконувати тренувальні завдання в певний момент часу, обмежене. Віртуальний тренажер обійшовся в три рази меншу суму, при цьому їм можуть скористатися співробітники з будь-якого офісу в будь-який зручний час. До того ж для навчання їм не потрібен наставник, що також скорочує витрати на підготовку фахівців.

Серед інших переваг подібних рішень називається однакова подання інформації. Робочий час використовується ефективно: навчання проводиться, коли це зручно для всіх сторін, а не коли з'являється доступ до установки/об'єкту. Будь-які операції можна повторювати без обмежень, поки не буде освоєна необхідна навичка. До речі, до презентації Олена готувалася за допомогою віртуального тренажера (звичайно, не тренажера біореактора, про який вона розповідала), щоб позбутися страху перед виступом.

Інша область застосування віртуальної реальності – інженерне моделювання. Реалізація VR-моделей дозволяє виявити помилки, які не можна побачити на плоскому екрані при використанні 3D-моделювання, – наприклад низькі перекриття, незручний доступ до устаткування, нестачу місця для віддалення блоку з метою його ремонту й інші фактори, пов'язані з ергономікою.

Таким чином, виходячи з вищеперерахованого, програмне забезпечення системи пошуку зображення за змістом за допомогою AR/VR/MR, є актуальною задачею, яка потребує вирішення у даній випускній кваліфікаційній роботі за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти.

					ВКРБ-122.26.0031.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

2 ПЕРЕГЛЯД АНАЛОГІЧНИХ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ

2.1 Огляд існуючих систем, технологій, архітектур, програмних рішень за профілем теми випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти

Програмне забезпечення для оптичного розпізнавання символів і об'єктів стає скоріше необхідністю, чому утилітою для розваги. OCR створює доступний для пошуку, що редагується текст із друкованих документів, а також зі світлин або книг, Pdf-Файлів, отриманих при скануванні.

Розпізнавання зображень відбувається в кілька етапів. Залежно від об'єкта в них використовуються різні алгоритми, які дозволяють ідентифікувати дані й шукати схожі цифрові копії з відкритих джерел або інтегрованої бази.

Актуальність OCR

OCR використовується для двох основних завдань: архівування документів і їх редагування. Для цього звичайно обробляються папери (квитанції, візитні картки, звіти, внутрішні укази) сканером, а програмне забезпечення OCR створює Pdf-Файли з можливістю пошуку потрібно фрагмента тексту.

Такі додатки звичайно перетворюють надруковану таблицю в Excel-Файл або паперовий документ в електронний, який можна редагувати й використовувати надалі на ПК. Потужне програмне забезпечення для оптичного розпізнавання тексту також може конвертувати друкований текст у файли HTML. Вони можуть відразу розміщатися на сайті для публічного доступу.

Характеристики програм

При виборі застосунку OCR, потрібно вирішити, чи прагнете ви, щоб воно запускалося автоматично, в інтерактивному режимі або в комбінації з іншим ПЗ. При автономній роботі утиліта починає працювати відразу після сканування документа. Буквально через кілька секунд після обробки паперового носія

					ВКРБ-122.26.0031.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

програма видає кінцевий результат. Коли ПЗ працює в ручному режиму, можна використовувати інструменти для поліпшення якості зображення або підвищення різкості. Крім цього, включаються функції блокування окремих фрагментів сторінки, які не потрібні при роботі. Є програми, які також мають вбудовані редактори.

У більшості застосунків можна вибрати між автоматичним і ручним режимом. Це дозволяє підібрати список необхідних інструментів і утиліт, щоб зробити текст, що читаються. При розпізнаванні зображення використовується широкий спектр налаштувань, виходячи з типу розташованих на фото об'єктів. Чим складніше графічний рисунок, тим більше буде потрібно ресурсів для його ідентифікації.

Як працює ідентифікація

Розпізнавання зображень будується на системі складних алгоритмів. Вони застосовуються для пошуку або верифікації конкретного об'єкта, у тому числі особи.

Біометрія використовується для ідентифікації й автентифікації людини з використанням набору пізнаваних, що й перевіряються даних, унікальних і специфічних для конкретного суб'єкта.

У процесі біометрії особи, 2D або 3D датчик «захоплює» його контур. Потім він перетворює окремі лінії в цифрові дані, застосовуючи для цього спеціальний алгоритм, перш ніж порівнювати оброблені об'єкти з тими, які зберігаються в базі даних. За твердженням учених, це точна копія процесу, який відбувається в людському мозку при обробці графічної інформації.

Ці автоматизовані системи можуть використовуватися для ідентифікації або перевірки особистості людей усього за кілька секунд на основі їх рис особи: відстань між очима, перенісся, контур губ, вух, підборіддя. Таке розпізнавання зображень може застосовуватися й у системах безпеки.

Алгоритми можуть навіть здійснювати пошук у великій групі людей і в нестабільних умовах, таких як вплив погодних умов і погане висвітлення.

					ВКРБ-122.26.0031.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

Доказом цього можуть служити показники, досягнуті системою ідентифікації особи в реальному часі (LFIS) Gemalto, передовим рішенням, заснованим на багаторічній роботі вчених в області біометрії.

Власники iPhone X уже познайомилися з технологією розпізнавання осіб. Проте біометричний рішення Face ID, розроблене Apple, було піддано різкій критиці в Китаї наприкінці 2017 року через нездатність провести відмінність між деякими китайськими особами. Програма-сканер, інтегрована в операційну систему, була пізніше дороблена. На даний момент проблема повністю вирішена.

Звичайно, існують і інші сигнатури, що ідентифікують людину: відбитки пальців, сканування райдужної оболонки, розпізнавання голосу, оцифровка ліній на долоні й вивчення поведінки.

Вони в основному використовуються для забезпечення безпеки онлайн-платежів у середовищі, де кіберзлочинність в останні роки одержала широке поширення. Далі буде представлений огляд ПЗ, яке користується популярністю й дозволяє конвертувати зображення в потрібний формат.

1. Nuance Omnipage Ultimate

Переваги:

- індивідуальні системи налаштувань;
- висока швидкість;
- точність розпізнавання.

Недоліки:

- висока ціна;
- складно розібратися починаючим користувачам;
- платні відновлення.

Якщо ви серйозно ставитеся до сканування й оптичному розпізнаванню тексту, тоді зверніть увагу на Nuance Omnipage Ultimate. ПЗ містить безліч функцій, що перевершують ваші очікування, і хоча ціна відносно висока, воно як і раніше перебуває в доступній категорії для більшості малих підприємств, які здобувають таке програмне забезпечення за комерційною ліцензією.

					ВКРБ-122.26.0031.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Навіть якщо скануєте готівку, ви зможете перетворити їх у будь-який вид цифрового файлу, який необхідний для роботи. І все це працює дуже швидко.

Програма-сканер Nuance відома точністю перетворення. Вона користується довірою найбільших світових компаній, у тому числі Amazon, Ford і GE, і дозволяє створювати робочі процеси, що налаштовуються, щоб ваші документи автоматично доставлялися в потрібне місце в певному форматі залежно від ваших потреб.

Якщо видання Ultimate занадто дороге для вас (30 тисяч гривень) спробуйте більш дешеву версію Omnipage Standard за ціною близько 10 тисяч гривень. Хоча стандартний пакет не містить у собі стільки параметрів вводу, виводу й робочих процесів, він все-таки пропонує гарний набір функцій для більшості користувачів, яким потрібне рішення для оптичного розпізнавання тексту.

2. Google Goggles

Переваги:

- повністю безкоштовно;
- сучасні алгоритми обробки;
- висока швидкість.

Недоліки:

- точність розпізнавання осіб невисока;
- ранжирування результатів у більшості випадків помилково;
- дуже багато знаходить схожих об'єктів.

Інтернет-сервіс популярний в усьому світі. Google відомий створенням кращих доступних інструментів пошуку. Кожне з налаштувань має велика кількість пунктів.

З їхньою допомогою можна встановити необхідні параметри для обробки запиту. Інструмент шукає в Google Goggles об'єкти, схожі на ті, які ви завантажили. Далі за допомогою фільтрів можна підібрати найбільш підходящі варіанти серед результатів.

					ВКРБ-122.26.0031.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Цей безкоштовний інструмент забезпечує чудову систему обробки даних. Він простий у використанні, але не має ніякої реальної аналітики. Це не дає можливість вивчити індивідуальні параметри й риси кожного об'єкта.

Однак сервіс постійно поліпшується. Google Goggles активно обновляється розроблювачами. На жаль, але система всі також не одержує доробок в області ідентифікації конкретних фізичних параметрів.

Що стосується розпізнавання, пошукова утиліта відмінно справляється з неживими предметами й логотипами, тому що вони мають більше схожих рис. Google Goggles для "Андроїд" і ПК поставляється повністю безкоштовно. Є можливість установити сервіс і на iOS.

3. Amazon Rekognition

Переваги:

- зручний інтерфейс;
- швидка обробка;
- можливість порівняння характеристик.

Недоліки:

- більше націлений на обробку неживих об'єктів;
- немає українського інтерфейсу;
- її шукає одиничні об'єкти.

Rekognition – це сервіс розпізнавання зображень від Amazon. За допомогою цього ПЗ можна виявити об'єкти й особи на картинках у Мережі, а також порівнювати отримані результати.

Amazon Rekognition заснована на технології глибокого навчання, розробленої вченими компанії з комп'ютерного зору, щоб щодня аналізувати мільярди зображень для системи Prime Photos. Розпізнавання осіб у цій програмі поки працює погано.

ПЗ використовує моделі нейронних мереж для виявлення й маркірування тисяч об'єктів і силуетів на зображеннях. Проте воно може аналізувати тільки ті картини, які опубліковані масово. Це означає, що якщо ви прагнете знайти

					ВКРБ-122.26.0031.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

власний, розроблений логотип, вам спочатку потрібно додати в мережу тисячі зображень, пов'язаних із цим об'єктом. Одиничні екземпляри алгоритм не розпізнає.

4. Clarifai

Переваги:

- унікальна система обробки даних;
- висока швидкість роботи;
- поки безкоштовно.

Недоліки:

- система ще тестується;
- обробка зображень по конкретних серверах;
- глобальний пошук відсутній.

Clarifai – один з найточніших вбудованих API (пакетів, що редагуються, з відкритим вихідним кодом) розпізнавання зображень. Утиліта може маркірувати, систематизувати й вивчати зображення й відео, використовуючи штучний інтелект і машинне навчання. Технологія розпізнавання осіб у програмі працює добре.

Clarifai пропонує безкоштовний API, який дає можливість користувачам шукати будь-які дані й зображення, які їм потрібні, щоб перевірити, наскільки це потужний інструмент.

5. Ditto

Переваги:

- ідеальний інструмент для комерційних компаній;
- зручна система пошуку;
- пошук через соціальні мережі.

Недоліки:

- ареал пошуку маленький;
- працює тільки з добре деталізованими об'єктами;
- багато функцій ще в розробці.

					ВКРБ-122.26.0031.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Ditto – це інструмент розпізнавання зображень, оптимізований для соціальних мереж. Його особливість полягає в тому, що він працює тільки через суспільні портали. Вони стають усе більш популярними, тому що 3,2 мільярди знімків публікуються в соціальних мережах щодня.

Програма розпізнавання зображень від Ditto допомагає брендам знаходити й відзначати сцени й об'єкти на світлинах, якими люди діляться на популярних сайтах. Це фантастичний інструмент, який відмінно підходить для компаній. Однак зона покриття пошуку дуже маленька. Прив'язки до географії немає. Це не дозволяє визначити, де найчастіше зустрічаються співпадаючі по запиту зображення.

6. Gumgum

Переваги:

- пошук по брендах;
- великий охопит по запиту;
- немає аналогів на ринку.

Недоліки:

- працює тільки в деморежимі;
- Поки ще не всі функції працюють коректно.

Gumgum – це компанія, яка першою застосувала баннерну рекламу. Вона розробила новий інструмент виявлення зображень в Інтернеті. Ця технологія сама може ухвалювати й аналізувати дані соціальних мереж, тому немає необхідності окремо збирати інформацію з кожного джерела.

Незважаючи на те що технологія виглядає привабливою, інструмент усе ще досить новий для ринку, і його тільки має бути запустити. Розпізнавання графічних зображень відбувається досить швидко. Однак поки зустрічається багато помилкових результатів.

7. Logograb

Переваги:

- популярний інструмент для компаній;

					ВКРБ-122.26.0031.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

- потужна система обробки даних;
- багато налаштувань.

Недоліки:

- шукає тільки логотипи;
- висока ціна.

Створена колишніми співробітниками Google компанія Logograb зрозуміла, що брендам необхідно одержувати більше інформації з Мережі про свою продукцію. Вони створили сучасну технологію виявлення зображень, яка дозволяє компаніям знаходити фото із власним логотипом.

Технологія досить потужна, щоб знайти навіть частини конкретної картинки. Програма для сканування й розпізнавання зображень має багато додаткових інструментів. Вони дозволяють виставити більш точні налаштування при роботі.

Brandwatch і Logograb недавно уклали партнерські угоду для розробки платформи, що ідеально підходить для соціальних мереж. Їхні спільні запатентовані технології є світовими лідерами в області пошуку зображень і відео.

8. Verilook SDK

Переваги:

- зручне середовище для розробки;
- часті відновлення;
- краща система безпеки.

Недоліки:

- тільки для розроблювачів;
- немає базового інтерфейсу.

Модуль заснований на технології розпізнавання осіб і призначений для розроблювачів і інтеграторів біометричних систем. Утиліта широко поширена. Робітниче середовище дозволяє швидко розробляти застосунок з використанням алгоритмів, які забезпечують швидку й надійну ідентифікацію особи.

					ВКРБ-122.26.0031.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

ПЗ одержує постійні відновлення. Verilook Standard SDK може бути легко впроваджена в систему безпеки клієнта. Інтегратор повністю контролює введення й вивід даних SDK.

Таке програмне забезпечення містить у собі бібліотеку диспетчера пристроїв, яка дозволяє виконувати одночасний захват з декількох камер.

9. IBM Image Detection

Переваги:

- не має аналогів;
- використовується в багатьох сферах;
- той, якого навчають, алгоритм.

Недоліки:

- висока ціна;
- тільки для розроблювачів.

Технологія допомагає брендам зрозуміти зміст зображень. Наприклад, програмне забезпечення може розпізнати їжу, знайти людські особи, визначити приблизний вік, стать й виявити схожі зображення в Інтернеті.

Організації також можуть "навчати" ПЗ, створюючи специфічні алгоритми, щоб знайти, наприклад, конкретний тип плаття в роздрібній торгівлі, визначити зіпсовані фрукти на складі й багато чого іншого.

Такий застосунок розпізнавання зображень досить мобільний. Залежно від переваг робочий алгоритм можна змінювати.

10. Abbyy Finereader 14

Переваги:

- одна із самих популярних програм;
- зручний інтерфейс;
- підтримка української мови.

Недоліки:

- дорога ліцензія;
- вимагає потужний комп'ютер для швидкої обробки.

					ВКРБ-122.26.0031.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Цифровий продукт допомагає компаніям управляти документами вже давно, і це видно за останньою версією програмного забезпечення Abbyyfinereader 14. Це комплексний рішення як для малого бізнесу, так і для звичайних користувачів. На вибір є різні типи ліцензій.

Ви одержуєте всі необхідні інструменти для сканування паперових документів і створення їх повної цифрової копії. Крім розпізнавання тексту й перетворення його в PDF, формати, підтримувані Microsoft Office, або інші, програма також може порівнювати результати, додавати анотації, коментарі й багато чого іншого.

Якщо вам потрібно конвертувати відразу велику кількість паперів у пакетному режимі, Abbyy Finereader 14 може зробити й це. Програмне забезпечення має репутацію одного із кращих серед утиліт для оптичного розпізнавання символів, і ви можете скористатися безкоштовною пробною версією, щоб побачити, наскільки добре воно справляється зі своїм завданням.

11. Readiris

Переваги:

- зручніше багатьох ідентичних програм;
- має найбільша кількість інструментів;
- доступна ціна.

Недоліки:

- потрібен потужний комп'ютер;
- немає деморежиму.

Readiris має зручний інтерфейс із безліччю корисних функцій і налаштувань. Якщо ви управляєте малим бізнесом або потребуєте великої кількості оцифрованих документів і готові за це заплатити, тоді це краща програма для ваших потреб.

Схоже, що розроблювачі утиліти зібрали всі відомі інструменти в одному місці. Водяні знаки, коментарі й анотації – усе підтримуються цим ПЗ.

					ВКРБ-122.26.0031.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Це також одна з найшвидших і зручних програм OCR для розпізнавання тексту на зображенні, яка обійшла по популярності багато відомих брендів. Документи оперативно обробляються й зберігаються.

Для деяких опцій, таких як підтримка 138 мов і захист паролем PDF, потрібен пакет корпоративного рівня. Самий бюджетний варіант – це домашня версія. Вона коштує не більш 2 тисяч гривень.

12. TopOCR

Переваги:

- унікальна система обробки;
- висока швидкість роботи;
- доступна ціна.

Недоліки:

- може тільки вирівнювати текст;
- програма вимоглива до ресурсів комп'ютера.

У наші дні майже будь-яке програмне забезпечення для розпізнавання тексту може забезпечити високий рівень точності. Проте бувають і проблеми в роботі. Наприклад, коли відскановані зображення мають низьку чіткість або нерівності.

Для вирішення цих проблем був розроблений TopOCR, і утиліта справляється із завданням краще багатьох конкурентів. Розроблювачі затверджують, що програма використовує не менш трьох механізмів OCR для розгладження й видалення непотрібних елементів, щоб вирівняти букви й перетворити їх з найвищим рівнем точності.

Недоліком є те, що цей застосунок фокусується тільки на оптичному розпізнаванні символів і не надає інших функцій.

TopOCR пропонує безкоштовну 30-денну пробну версію на платформі Windows. Ще один плюс у тому, що повний пакет має доступну ціну, усього 800 гривень. Програма розпізнавання тексту із зображення також має функцію перекладу документа. Усі додаткові опції вибираються при інсталяції застосунку.

					ВКРБ-122.26.0031.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

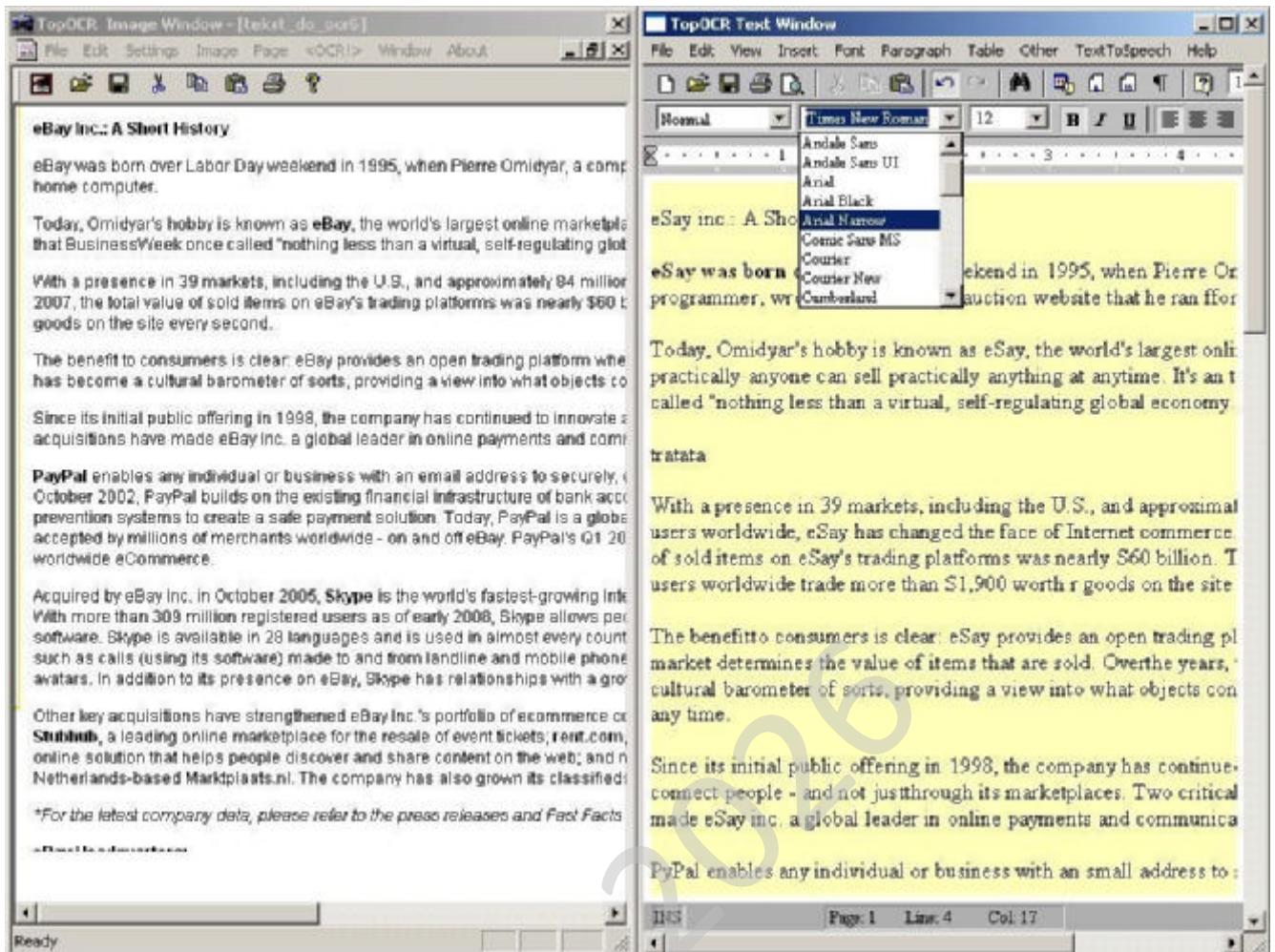


Рисунок 2.1 – Інтерфейс користувача TopOCR

13. "Google Диск"

Переваги:

- безкоштовна утиліта;
- постійні відновлення;
- автоматизована система.

Недоліки:

- ідентифікація осіб відсутня;
- текст повинен бути високої якості.

Незалежно від того, чи використовуєте ви Google Drive як приватна особа або як бізнес, ви можете скористатися його можливостями оптичного розпізнавання тексту. Насправді все включається автоматично.

					ВКРБ-122.26.0031.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Будь-який Pdf-Файл або картинку, яку ви завантажуєте на "Google Диск", сканують на текст. Утиліта досить зручна у використанні. Розпізнавання зображень від Google проводиться повністю онлайн. Однак додаткових фільтрів і налаштувань в утиліті немає. Відключити функцію також не можна.

Якщо ви використовуєте застосунок Google Drive для Android, то можете сканувати документи прямо з утиліти, використовуючи камеру на своєму смартфоні. Є й звичайний режим роботи через ПК або ноутбук.

Для фізичних осіб "Google Диск" пропонує безкоштовне зберігання близько 19 ГБ файлів. Є можливістю розширення до 100 ГБ (пропонується через пакет One) за 100 гривень на місяць. При необхідності може бути підключений Google Goggles для комп'ютера. Це дозволяє активувати розширений режим пошуку. Інтеграція також відбувається автоматично за допомогою одного облікового запису.

Ринок затоплений програмами OCR, які можуть витягати текст із зображень і заощадити вам багато часу, який ви могли б витратити на передрук документа.

Застосунки такого типу дійсно оптимізують роботу. Однак гарне програмне забезпечення для розпізнавання тексту повинне робити більше, чим витягати текст із друкованих документів. Воно повинне підтримувати макети, текстові шрифти для зручної обробки даних. Тільки завдяки цьому робота буде ефективна. Однак на це потрібні серйозні обчислювальні потужності.

Крім цього, усе більше стало з'являтися ПЗ, яке йде далі, і пропонує ідентифікацію об'єктів і пошук подібних результатів у різних джерелах. Багато технологій ще далекі від досконалості, однак зі створенням нейронних систем удалося в багато разів поліпшити ефективність роботи.

Маркетингові та стратегії зростання

Маркетинг у 2026 році перейшов від експериментальних «трюків» до стратегій з високою рентабельністю інвестицій, які використовують унікальний психологічний вплив занурення. Бренди досягають утричі вищого просування

					ВКРБ-122.26.0031.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

бренду та можливості рентабельності інвестицій на 460%, використовуючи доповнену реальність (AR) для вирішення проблем споживачів, а не просто для створення ажіотажу.

Інтерактивні демонстрації продуктів та «брендовані ефекти»

Бренди використовують доповнену реальність (AR), щоб навчати споживачів технічним особливостям продукту за допомогою інтерактивності.

– #VideoSnapChallenge від Samsung: У цій кампанії в TikTok використовувався інтерактивний AR-«рандомайзер» для демонстрації функції 8K Video Snap на Galaxy S21 FE. В результаті було створено 14,8 мільярда переглядів та 6,5 мільйона контентних елементів, що демонструє, що AR може навчати користувачів, одночасно підвищуючи впізнаваність бренду.

– Віртуальний художник Sephora: Дозволивши клієнтам віртуально приміряти макіяж, Sephora зменшила вагання щодо покупки. Успіх застосунку – понад 8,5 мільйона завантажень – доводить, що доповнена реальність, орієнтована на практичність, діє як потужний інструмент залучення клієнтів.

Просторова доповнена реальність (AR) для міської взаємодії та орієнтації в містах

Використання фізичних місць розташування як тригерів для доповненої реальності дозволяє брендам залучати споживачів до їхнього повсякденного середовища.

– Переможний режим Nike у Парижі: Під час Олімпійських ігор Nike перетворила небо над Парижем на AR-зал із таблицею лідерів. Це охопило понад 90% французької молоді через Snapchat, демонструючи, як просторова AR може обійти традиційне рекламне безладдя.

– Фестивальна навігація LiveNation AR: Забезпечуючи GPS-орієнтацію та встановлення часу в режимі реального часу через AR, LiveNation вирішила справді проблемну проблему для відвідувачів фестивалю. Такий підхід, орієнтований на корисність, будує довгострокове лідерство бренду.

Персоналізація та консультації на базі штучного інтелекту

					ВКРБ-122.26.0031.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Інтеграція генеративного штучного інтелекту з доповненою реальністю (AR) створює персоналізованих амбасадорів бренду, які працюють цілодобово.

– NYX Professional Makeup «Beauty Bestie»: У цій кампанії використовувався штучний інтелект для створення індивідуальних образів макіяжу та експертних порад. Це призвело до 70% збільшення кількості нових покупців бренду та охоплення понад 240 мільйонів осіб, що доводить, що доповнена реальність (AR) з інтегрованим штучним інтелектом може забезпечити результати повноцінного маркетингу.

– Торговельні автомати Coca-Cola з доповненою реальністю: Завдяки навігації на основі жестів ці автомати перетворили буденну точку контакту в роздрібній торгівлі на культурне явище, збільшивши середній час взаємодії в 15 разів порівняно з традиційними автоматами.

Виклики та майбутні можливості

Незважаючи на оптимістичні прогнози, галузь стикається зі значними регуляторними, технічними та культурними перешкодами, які необхідно подолати для досягнення загальної стабільності після 2026 року.

Проблеми регулювання та конфіденційності: Закон ЄС про штучний інтелект

Найзначнішим регуляторним зрушенням у 2026 році є повне впровадження Закону Європейського Союзу про штучний інтелект.

– Заборонені практики: Закон забороняє системи штучного інтелекту, які використовують «підсвідомі методи» для маніпулювання поведінкою людини або використання вразливостей, пов'язаних з віком чи інвалідністю (Закон ЄС про штучний інтелект, 2025). Це безпосередньо впливає на гейміфікований досвід доповненої реальності, який можна вважати залежним або оманливим.

– Конфіденційність біометричних даних: Закон забороняє масовий збір біометричних даних без згоди, включаючи парсинг зображень з Інтернету для баз даних розпізнавання облич. Для XR це означає суворі гарантії щодо даних відстеження очей та аналізу обличчя, що використовуються для «розпізнавання

					ВКРБ-122.26.0031.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

емоцій» на робочих місцях або в школах.

– Класифікація високого ризику: Системи штучного інтелекту, що використовуються в охороні здоров'я, виробництві або правоохоронних органах, класифікуються як «високоризикові», що вимагає ретельної оцінки впливу та людського нагляду (Закон ЄС про штучний інтелект, 2025). Порушення можуть призвести до штрафів у розмірі до 35 мільйонів євро або 7% від світового річного обороту.

Технічні та економічні перешкоди

Галузь продовжує боротися з проблемою «незграбного обладнання». Хоча лінзи MicroLED та Pancake зменшують обсяг виробництва пристроїв, висока вартість компонентів залишається перешкодою для входу на ринок для багатьох споживачів. Крім того, зниження поставок у 2025 році через затримки в ланцюжку поставок підкреслює вразливість екосистеми обладнання до геополітичної напруженості та торговельних тарифів.

Майбутні можливості: промисловий та медичний фронтір

Після 2026 року справжня цінність XR полягає в його корисності в неігрових секторах.

– Промисловий метавсесвіт: 75% промислових компаній, які впроваджують масштабну віртуальну реальність (VR), повідомляють про 10% підвищення операційної ефективності. Економічна цінність AR-інтегрованого Інтернету речей у виробництві, за прогнозами, досягне 90-110 мільярдів доларів США до 2030 року.

– Зростання охорони здоров'я: Охорона здоров'я є найшвидше зростаючою корпоративною вертикаллю зі середньорічним темпом зростання 33,9%. Віртуальна реальність вже використовується для зниження показників болю на 50% та економії лікарням 200 000 доларів США щомісяця на витратах на ліки.

– Потенціал «заміни смартфонів»: Очікується, що до 2030 року обсяг продажів окулярів доповненої реальності (AR-окулярів) досягне 15 мільйонів

					ВКРБ-122.26.0031.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

одиниць, і багато аналітиків прогнозують, що ці пристрої зрештою замінять смартфони як основний цифровий інтерфейс.

Тематичні дослідження

Тематичне дослідження 1: Walmart (VR-тренінг)

Передумови: Walmart прагнув підготувати своїх 2 мільйони співробітників до напружених ситуацій, таких як святковий ажіотаж та інструктажі з техніки безпеки, які традиційні методи навчання в класі не могли відтворити).

Впровадження: Розгорнуто 17 000 гарнітур Oculus Go у 4700 локаціях у США. Програма використовувала гіперреалістичні 3D-сканування макетів магазинів та «розгалужені наративи» для перевірки прийняття рішень у стресових ситуаціях).

Результати:

– Ефективність: час навчання Pickup Tower скоротився на 96%, з восьми годин до лише п'ятнадцяти хвилин).

– Продуктивність: 70% співробітників, навчених VR, перевершили своїх колег у оцінюваннях після навчання, покращивши результати тестів на 10-15%).

Висновок: Масштабоване навчання з використанням віртуальної реальності вимагає «відкритої екосистеми» для ефективного адаптування контенту та має пріоритезувати гіперреалізм для максимального залучення учнів).

Тематичне дослідження 2: Boeing (AR Productivity)

Передумови: Техніки Boeing зіткнулися зі значним «когнітивним навантаженням», намагаючись нанести двовимірні паперові схеми проводки на складні тривимірні каркаси літаків).

Впровадження: Техніки використовували окуляри доповненої реальності (AR-окуляри), щоб накласти цифрові інструкції з проводки безпосередньо на фізичний літак, що дозволило здійснювати керування без використання рук).

Результати:

– Швидкість і точність: швидкість складання джгута проводів

					ВКРБ-122.26.0031.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

збільшилася на 25%, а рівень помилок знизився майже до нуля).

– Ефективність: Техніки побачили скорочення часу, витраченого на перехресне посилання на інструкції, на 30%, та покращення показників успішного проходження першої перевірки на 40%).

Висновок: Використання власних даних САПР для просторової точності та пріоритет ергономічного дизайну гарнітури є важливим для впровадження в промислових масштабах).

Тематичне дослідження 3: IKEA (роздрібна торгівля з доповненою реальністю)

Передумови: Щоб подолати розрив між онлайн-переглядом та фізичними покупками, IKEA запустила застосунок «IKEA Place», який допомагає клієнтам віртуально розміщувати 3D-моделі меблів у своїх домівках з точністю 98%).

Впровадження: Розроблений на базі ARKit від Apple, додаток дозволяв користувачам обертати та розміщувати багатoelementні комплекти кімнат у режимі реального часу, змінюючи оздоблення та тканини на льоту).

Результати:

– Залученість: Користувачі витрачали на візуальні пробні версії вдвічі більше часу, ніж на традиційні сеанси електронної комерції).

– Конверсія: Повернення, пов'язані з проблемами з розміром, знизилося більш ніж на 20%, а кількість переходів на сторінки товарів зросла на 30%).

Висновок: Завдяки високоточній AR-візуалізації прийняття рішень у роздрібній торгівлі можна перейти від здогадок до впевненості, заснованої на даних).

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

					ВКРБ-122.26.0031.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

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, 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

					ВКРБ-122.26.0031.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

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 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

					ВКРБ-122.26.0031.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

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, повинні 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.

2.3 Розгорнута постановка завдання

Згідно з технічним завданням на випускню кваліфікаційну роботу за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти, реалізації підлягає програмне забезпечення, яке призначено для системи пошуку зображення за змістом за допомогою AR/VR/MR.

В процесі розробки випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти 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 методику 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

					ВКРБ-122.26.0031.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

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.

КБПЗ-2026

					ВКРБ-122.26.0031.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

3 ОПИС І ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ

3.1 Опис функціонування системи

Економічний ландшафт індустрії AR та VR у 2026 році визначається значними капіталовкладеннями та зростаючим розривом між апаратним забезпеченням загального призначення та спеціалізованими корпоративними рішеннями. Розмір світового ринку доповненої реальності у 2024 році оцінювався приблизно в 58,29 млрд доларів США, і, за прогнозами, він матиме сукупний річний темп зростання (CAGR) на рівні 34,3% протягом прогнозованого періоду, що закінчується у 2033 році (SkyQuest, 2024). Очікується, що сукупний світовий обсяг ринку AR та VR досягне 118,79 млрд доларів США у 2026 році, що є значним стрибком порівняно з 75,18 млрд доларів США, зафіксованими у 2025 році. Ця траєкторія свідчить про те, що галузь успішно долає «долину розчарування» та зараз вступає у фазу сталого, продуктивного зростання.

Аналіз сегментів та прогнози зростання

Зростання галузі розділене на домінування апаратного забезпечення та швидкозростаючий сегмент програмного забезпечення. У 2025 році сектор апаратного забезпечення мав найбільшу частку доходу – 59,8%, і очікується, що ця тенденція продовжиться, оскільки виробники випускатимуть високоякісні гарнітури та розумніші, ергономічніші окуляри. Однак сегмент програмного забезпечення готовий до найбільш агресивного розширення з прогнозованим середньорічним темпом зростання 41,8% з 2026 по 2035 рік. Цей зсув свідчить про те, що галузь переходить від фази придбання, де організації зосереджуються на купівлі пристроїв, до фази використання, де цінність виходить з регулярних підписок на програмне забезпечення, платформ імерсивного контенту та просторових послуг на основі штучного інтелекту.

Коливання обсягів поставок одиниць продукції свідчить про критичний

період корекції ринку. У 2025 році галузь зазнала 12% падіння поставок гарнітур, що значною мірою пояснюється затримкою запуску продуктів та вичікувальною позицією як з боку споживачів, так і з боку корпоративних покупців. Однак аналітики очікують значного відновлення на 87% у 2026 році, оскільки ці затримані цикли продуктів відновляться, а накопичений попит вивільниться на ринок. Очікується, що це відновлення призведе до того, що обсяги поставок перевищать пік у 11,2 мільйона одиниць, зафіксований під час пандемії у 2021 році, що сигналізує про нову еру комерційної життєздатності.

Географічне зростання у 2026 році буде зосереджено на двох домінуючих регіонах: Північній Америці та Азіатсько-Тихоокеанському регіоні. Північна Америка зберігає найбільшу частку ринку, яка наразі коливається від 27,8% до 35,5%, значною мірою завдяки концентрації технологічних гігантів, таких як Meta, Apple та Google. Сполучені Штати лідирують у цьому регіоні з прогнозованим доходом у 2025 році в розмірі 12,57 млрд доларів США, що підтримується потужною екосистемою венчурного капіталу та значними витратами на оборону.

І навпаки, Азіатсько-Тихоокеанський регіон є ринком, що розвивається найшвидше, з прогнозованим середньорічним темпом зростання (CAGR) 35,1% до 2030 року. Це зростання підживлюється агресивними виробничими можливостями Китаю, технологічними інноваціями Японії та державною підтримкою через різні політичні ініціативи. В Індії зростання пояснюється, зокрема, зростаючим використанням смартфонів та носимих пристроїв, а також зростаючим попитом на захопливий досвід у роздрібній торгівлі та освіті. У Європі ринок стабільно розширюється, і прогнози сягають 20,9 мільярда доларів США до 2025 року завдяки державній підтримці цифрових інновацій у виробництві та охороні здоров'я.

Конкурентне середовище та основні гравці

Конкурентне середовище у 2026 році характеризується війною платформ між визнаними технологічними гігантами та спеціалізованими виробниками

					ВКРБ-122.26.0031.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

обладнання. Meta Platforms залишається лідером ринку, захоплюючи 74,6% частки ринку завдяки своєму портфолію Quest та проривному успіху розумних окулярів Ray-Ban Meta. Apple має меншу, але цінну частку у 5,2% зі своїм Vision Pro, встановлюючи галузеві стандарти якості дисплеїв та інтеграції екосистеми. Серед інших помітних гравців – Sony (4,3%), ByteDance/Pico (4,1%) та Xreal (3,3%).

Очікується, що поява «Android XR» у 2026 році, результату співпраці Google та Samsung, демократизує ринок просторових обчислень. Забезпечуючи стандартизовану операційну систему, Android XR дозволяє виробникам зосередитися на інноваціях апаратного забезпечення, а не на розробці програмного забезпечення, що відображає еволюцію ринку смартфонів два десятиліття тому. Цей перехід до екосистемного підходу має вирішальне значення для вирішення проблеми «курки та яйця», коли розробникам потрібна велика база користувачів, щоб виправдати створення контенту, а користувачам потрібен переконливий контент, щоб виправдати покупку обладнання.

Психологічні та поведінкові взаємозв'язки між споживачами та імерсивними технологіями зазнали фундаментальних змін. На початку 2020-х років XR розглядався переважно як новинка або інструмент для спеціалізованого промислового навчання. Очікується, що до 2026 року споживчий ринок становитиме понад 50% від загальної частки ринку, що сигналізує про те, що звичайні люди зараз стимулюють зростання за допомогою AR-фільтрів, VR-ігор, віртуальних концертів та імерсивного шопінгу.

Споживчий попит дедалі більше зумовлений прагненням до корисності, ефективності та персоналізації. «Плоского екрана» більше недостатньо для покоління користувачів, які очікують, що досвід буде таким же захопливим та особистим, як і їхня фізична взаємодія. Цей попит проявляється в кількох ключових сферах:

– Імерсивна комерція: Споживачі відходять від статичних сторінок електронної комерції до «візуальних пробних версій». Дослідження показують,

					ВКРБ-122.26.0031.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

що 76% споживачів віддають перевагу брендам, які пропонують AR-досвід, причому 61% стверджують, що вони з більшою ймовірністю купуватимуть у таких брендів.

– Соціальний зв'язок: Зростання просторових соціальних мереж дозволяє користувачам відвідувати віртуальні прем'єри або взаємодіяти з 3D-персонажами, сприяючи відчуттю «присутності», яке традиційні відеодзвінки не можуть відтворити.

– Корисність та орієнтування: Зростає попит на «повсякденну доповнену реальність», яка вирішує реальні проблеми. Наприклад, 40,4% покупців квартир піддаються впливу панорамних віртуальних турів, а 72,7% користувачів повідомляють про позитивні відгуки щодо ефективності віртуального перегляду нерухомості.

Метрики залученості та статистика користувачів

Глибина залучення споживачів у XR значно вища, ніж у традиційних цифрових медіа. Кампанії з доповненою реальністю (AR) генерують у чотири рази довший час залучення, ніж мобільне відео, та на 70% кращий показник запам'ятовування. Ця інтенсивність зосередженості відображається в прогнозованих рівнях проникнення користувачів; до 2029 року очікується, що проникнення користувачів AR/VR досягне 56,5%, а глобальна база користувачів становитиме 3,728 мільярда осіб.

Покоління Z є основною рушійною силою переходу до просторових інтерфейсів. Для цієї демографічної групи перехід від екрана телефону до пари розумних окулярів є логічною еволюцією їхнього цифрового життя. Бренди, які успішно захоплюють цю аудиторію, роблять це, починаючи з мобільних платформ, де споживачі вже почуваються комфортно, і поступово впроваджуючи складніші просторові взаємодії. Ця стратегія «мобільно-орієнтованої доповненої реальності» діє як відправна точка для впровадження спеціалізованого обладнання. Успіх функцій, інтегрованих зі штучним інтелектом, таких як додаток Sephora Virtual Artist, який до 2023 року мав понад 8,5 мільйона

					ВКРБ-122.26.0031.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

завантажень, демонструє величезний попит на інструменти, що поєднують зручність із зануренням.

Технологічна основа галузі у 2026 році побудована на поєднанні мініатюризації обладнання, високошвидкісного підключення та контекстно-залежного штучного інтелекту. Ці інновації усунули історичні бар'єри незграбного обладнання та обмеженої доступності контенту, рухаючи галузь до моделі «пасивної допомоги», де пристрої адаптуються до потреб користувача в режимі реального часу.

Еволюція апаратного забезпечення: оптика та форм-фактор

Дизайн ранніх VR-гарнітур у формі «шолома» замінюється більш витонченими, більш соціально прийнятними форм-факторами. Ключові досягнення включають:

– Хвилеводна оптика та мікросвітлодіоди: Інновації в дифракційних хвилеводах на основі смоли дозволили створювати барвисті окуляри доповненої реальності (AR) вагою всього 38 грамів. Технологія мікросвітлодіодів стає стандартом дисплеїв, а її частка поставок зросла з 6% до 25% протягом одного року.

– Нейронний інтерфейс та елементи керування на зап'ясті: Щоб зменшити залежність від громіздких портативних контролерів, компанії розробляють нейронні діапазони, які дозволяють користувачам керувати просторовими інтерфейсами за допомогою ледь помітних жестів, залишаючись у суворих межах потужності та тепла для цілоденного використання.

– Штучний інтелект на пристрої та периферійні обчислення: перехід до «периферійного штучного інтелекту» дозволяє пристроям обробляти мовні моделі зі 120 мільярдами параметрів та генерувати локальні зображення, не покладаючись на постійне хмарне підключення. Це усуває затримку, яка є основною причиною заколисування у віртуальній реальності.

Конвергенція AI-XR

Найзначнішим технологічним рушієм у 2026 році є інтеграція

					ВКРБ-122.26.0031.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

генеративного штучного інтелекту з просторовим картографуванням. Окуляри доповненої реальності (AR-окуляри) перетворюються на «апаратні інтерфейси» для моделей великих мов (LLM). Ці системи використовують мультимодальний штучний інтелект, щоб «бачити» та «розуміти» середовище користувача, надаючи проактивну допомогу, таку як супровід техніка під час складного ремонту або допомога користувачеві у пошуку ключів, без необхідності явних підказок. Великі технологічні компанії значно інвестують у цю конвергенцію, визнаючи, що поєднання просторових обчислень та штучного інтелекту створює абсолютно нові категорії користувацького досвіду.

Стандартизація платформ та програмного забезпечення

Галузь відходить від ізольованих експериментів з обладнанням до моделі екосистеми, орієнтованої на програмне забезпечення.

– Android XR: Ця платформа забезпечує цілісну основу для просторових обчислень, дозволяючи розробникам створювати контент, який масштабується на різних пристроях. Вона вирішує постійну проблему фрагментації, враховуючи складність операційної системи, щоб виробники могли зосередитися на стратегіях виходу на ринок.

– Інструменти для створення без коду: Зростання популярності платформ, які дозволяють користувачам створювати та публікувати 3D-доповнені елементи без кодування, демократизує створення контенту. Такі інструменти, як ShapesXR та Ordinary Objects, дозволяють просторовим дизайнерам створювати прототипи та виконувати ітерації у віртуальному просторі, скорочуючи цикли розробки.

– 5G та Cloud XR: Високошвидкісні мережі 5G є важливими для потокової передачі багатого VR-контенту, що дозволяє використовувати «хмарний рендеринг», де інтенсивна обробка виконується віддаленими серверами, а не самою гарнітурою.

У 2026 році галузь перебуває на переломному етапі. Злиття мультимодального штучного інтелекту та стандартизованих програмних платформ, таких як Android XR, нарешті забезпечило інфраструктуру, необхідну

					ВКРБ-122.26.0031.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

для масового впровадження на ринку. Хоча регуляторні перешкоди, такі як Закон ЄС про штучний інтелект, створюють нові виклики для конфіденційності даних, вимірювана рентабельність інвестицій у навчання, виробництво та роздрібну торгівлю демонструє, що імерсивні технології більше не є периферійним експериментом. Для маркетологів та засновників можливості у 2026 році полягають у тому, щоб вийти за рамки «вау-фактору» та створити корисний досвід, який бездоганно інтегрується в повсякденне життя користувача.

3.2 Розробка структурної схеми

Незважаючи на багато спільного, VR, AR та MR – це не одне й те саме. Ми обговорюємо ключові відмінності, рушійні сили та варіанти використання цих трьох перспективних пов'язаних технологій.

Сучасні технології пройшли довгий шлях від часів тонких картонних дисків View-Master, що містили сім стереоскопічних 3D-пар невеликих кольорових фотографій, до сучасної віртуальної реальності (VR) та її близької родички доповненої реальності (AR). Фактично, завдяки значним інвестиціям від таких гігантів, як Facebook, Google, Samsung та багатьох інших, які роблять ставку на високу прибутковість, віртуальна та доповнена реальність все частіше з'являються в наших стрічках новин.

У цьому розділі ми спочатку висвітлимо нюанси між VR, AR та MR, а потім коротко озирнемося в минуле, щоб побачити, як VR/AR розвивалися. Нарешті, ми оцінимо, як вони відповідають сьогодиншній реальності та як вони можуть вплинути на завтрашній день.

Віртуальна реальність, або VR

Віртуальна реальність, або VR, – це симульований та захопливий досвід, який пристрій проектує прямо в поле зору користувача. Уявіть, що ви йдете по Єлисейських полях (Париж), сидячи у своєму будинку в Кропивницькому. Все, що вам потрібно, це гарнітура, яка проектує вас у симуляцію через видошукач.

					ВКРБ-122.26.0031.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

Саме це й обіцяє VR, і багато іншого. Дехто з вас, можливо, пам'ятає захопливий досвід використання View-Master від Mattel, представленого в 1960-х роках. Сучасна віртуальна реальність (VR) – це сучасна версія стереоскопічного ефекту огляду визначних пам'яток: вона вимагає набору лінз всередині вікна перегляду на гарнітурі та встановленого пристрою, де зберігається або обчислюється отриманий досвід.

Від чистого спостереження до повного занурення, діапазон можливостей віртуальної реальності залежить від пристрою та типу використовуваної гарнітури. Використання пульта дистанційного керування, синхронізованого з встановленою гарнітурою, дозволяє користувачеві взаємодіяти з 3D-об'єктами в просторі, в межах ігрового процесу – як для VR-ігор, так і для віртуальних інтерфейсів та додатків.

Залишивши на мить осторонь технічні аспекти віртуальної реальності та зосередившись на захопливому 360-градусному досвіді, який вона має на меті проектувати, можна стверджувати, що віртуальна реальність почалася з «360-градусних фресок (або панорамних картин) дев'ятнадцятого століття», як зазначає Товариство віртуальної реальності у своїй «Історії віртуальної реальності». Ми перейшли від раннього авіасимулятора (1929) до першого VR-дисплея, що монтується на голову, Мортон у 1960 році, і до того, як Нео переживав увесь світ як симуляцію всередині «Матриці» у 1999 році.

Перенесемося у 2014 рік, коли Google започаткував масовий ринок саморобних гарнітур, які використовують смартфон для керування VR-досвідом: Google Cardboard. Наступного року Samsung випустила свій Gear VR, і нова гонка за віртуальну реальність офіційно розпочалася. Офіційно придбана в червні 2014 року, Oculus VR приєдналася до родини Meta, щоб пришвидшити досягнення мети домінування на ринку високоякісних гарнітур віртуальної реальності.

Доповнена реальність (AR)?

Як впливає з назви, доповнена реальність, або AR, доповнює наше сприйняття світу, перекриваючи комп'ютерну графіку, зображення або набір

					ВКРБ-122.26.0031.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

інтерактивних даних. На сьогоднішній день для роботи доповненої реальності (AR) потрібен лише смартфон із камерою та AR-додаток. Два ключові елементи, які забезпечують її роботу, – це здатність камери знімати навколишнє середовище під час руху та програмне забезпечення, яке обчислює та проектує деякі комп'ютерні візуальні ефекти або контент.

Чудовим прикладом цього в дії є нещодавній додаток AR від IKEA, який дозволяє будь-кому уявити, як виглядатиме будь-яка кімната чи простір з деякими меблями цього бренду.

Дизайнери та архітектори, безумовно, можуть отримати користь від цього нового способу створення об'єктів у натуральну величину в реальному житті. «Тепер технології наздогнали наші амбіції. Доповнена реальність (AR) дозволяє нам ще раз переосмислити досвід роздрібної торгівлі меблями в нашому невпинному прагненні створити краще повсякденне життя для всіх і всюди», – каже Майкл Вальдсгаард, керівник цифрової трансформації в Inter IKEA Systems.

Від встановлення першого віртуального жовтого маркера під час гри НФЛ у прямому ефірі в 1998 році до накладання даних карти для допомоги в симуляціях польотів NASA, доповнена реальність є реальністю вже багато десятиліть.

У 1974 році Майрон Крюгер поєднав проектори та відеокамери в інтерактивному середовищі – це стало народженням доповненої реальності (AR), якою ми її знаємо сьогодні.

Зовсім недавно AR зробила великий крок до ширшого впровадження на WWDC 17 від Apple, коли розробка AR була представлена широким масам за допомогою ARKit, фреймворку для розробки додатків доповненої реальності, створених для iPhone та iPad.

ARkit проти ARCore – боротьба між Apple та Google за домінування в AR

Apple ARKit для iOS 11 обіцяє демократизувати розробку та масове споживання AR-контенту. Це пряма відповідь Google ARCore, яка має перевагу у

					ВКРБ-122.26.0031.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

використанні своїх знань, що також є частиною VR-простору, на відміну від Apple. Як фреймворки для AR-дизайну, так і для розробки обіцяють спростити та пришвидшити процес створення, а також надати технологію мільйонам людей, які вже користуються телефонами Android та iOS.

Оскільки додатки доповненої реальності все ще є новими для масового ринку, зарано говорити про те, наскільки насправді відрізняються ці комплекти розробки, окрім того, що кожен з них специфічний для власних операційних систем та основної аудиторії.

Тепер, коли дві найвідоміші технологічні компанії, які контролюють 99% ринку смартфонів, зробили такий публічний крок на підтримку доповненої реальності, ми маємо бути готові до того, що галузі знову зазнають змін.

Змішана реальність (MR)

Змішана реальність – це гібрид віртуальної та доповненої реальності, який має на меті запропонувати найкраще з обох світів. Наприклад, хоча вона використовує гарнітуру, як і VR, яка бачить крізь напівпрозоре вікно перегляду або скло, вона також проектує візуальні ефекти поверх нашого оточення.

Що відрізняє MR, так це його високоінтерактивний аспект та реалістичне відтворення проекції, яку він додає до нашого оточення. Замість того, щоб покладатися виключно на пульт дистанційного керування чи екрани телефонів, ми можемо взаємодіяти з захопливим контентом за допомогою природних жестів тіла та пальців. Apple та Google явно лідирують у технології доповненої реальності (AR), але сьогоdnішній ландшафт MR надає перевагу Microsoft (HoloLens) та Magic Leap, що має величезне фінансування (поки що це лише концептуальна демонстрація). Microsoft HoloLens та Magic Leap – два королі перегонів змішаної реальності

Microsoft HoloLens

Незважаючи на комерційний провал Google Glass, Microsoft не соромилася спробувати власний «голографічний комп'ютер» у грі MR. Назва «HoloLens»

походить від основного досвіду, який «дозволяє вам взаємодіяти з вашим цифровим контентом та голограмами у світі навколо вас».

Як один із найбільш фінансованих стартапів, що ще не були розроблені, цей проект, що підтримується Google, також є одним із найсекретніших проектів у технологічній галузі. Генеральний директор Magic Leap Роні Абовіц називає це «кінематографічною реальністю – повним зрушенням у візуальних обчисленнях». Ця компанія, що займається технологіями змішаної реальності, вирішує проблему проектування інтерактивних середовищ, використовуючи найкраще від систем віртуальної та доповненої реальності.

Хоча це ще не було оприлюднено, голографічні окуляри використовують динамічний оцифрований сигнал світлового поля – проектування зображень безпосередньо в око та «обманювання» мозку, змушуючи його думати, що це реальне. Результатом є багатший та правдоподібніший доповнений досвід.

Як віртуальна реальність, доповнена реальність та магнітна резонансна реальність (VR, AR та MR) переосмислюють те, як ми бачимо та сприймаємо світ?

VR для розваг та споживання масової інформації

Одним із очевидних переможців появи віртуальної реальності є індустрія розваг. Lego Star Wars 360 Experience – один із прикладів успішного впровадження та реалізації віртуальної реальності, що дозволяє глядачам відчувати розповідь історій зовсім по-іншому.

Анонсує першу в історії автономну гарнітуру віртуальної реальності (для якої не потрібно підключати телефон чи комп'ютер), технологічний гігант Facebook переходить у наступ зі своїм планом демократизації віртуальної реальності.

Доповнена реальність (AR) майже за одну ніч переосмислює Nintendo – компанію зі столітньою історією

З вибуховим успіхом Pokemon Go у 2016 році світ вперше побачив, як доповнена реальність (AR) може буквально «переміщувати» нашу реальність,

					ВКРБ-122.26.0031.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

доповнюючи її маленькими монстрами, що з'являються на екранах наших смартфонів.

Змішана реальність. Об'єднана реальність? Змішані почуття.

З нечіткими відмінностями від своїх родичів, VR та AR, змішаній реальності важко визначити своє майбутнє.

Як і VR, MR використовує гарнітуру для запуску процесу. Але пристрої змішаної реальності відрізняються від типового VR-обладнання тим, що вони використовують напівпрозорі окуляри, такі як Google Glass, які дозволяють нам залишатися в реальному світі – віртуальна реальність змішується з реальною реальністю.

Як і доповнена реальність (AR), змішана реальність (MR) накладає цифровий контент та симуляції поверх того, що ми зазвичай бачимо. Але змішана реальність дозволяє фізично взаємодіяти з симуляцією так, як доповнена реальність (AR) поки що не може. І замість того, щоб покладатися лише на екран телефону, ви можете використовувати своє тіло та пульт дистанційного керування для більш інтерактивної взаємодії з навколишнім середовищем.

VR, AR та MR ландшафт

Для того, щоб дійсно набрати обертів та досягти ширшого впровадження, фінансова привабливість буде ключовим показником як технологічної, так і емпіричної привабливості.

За підтримки таких відомих інвесторів, як Google Ventures від Alphabet, Alibaba та Andreessen Horowitz, Magic Leap лідирує в інвестиціях у MR, маючи на сьогодні майже 2 мільярди доларів венчурного фінансування.

Проектування для VR, AR та MR схоже на створення нових реальностей. Ця нова парадигма створення захопливого та багатовимірного контенту вимагає нових правил та міркувань. Дизайн доповненої, віртуальної та змішаної реальності використовує існуючі навички, починаючи від візуального дизайну (3D, UI) і закінчуючи дизайном досвіду (UX, продукт) та розробкою, серед іншого.

					ВКРБ-122.26.0031.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

Від розуміння анатомії людини, емпатії, звуку до візуального дизайну та не тільки – коли справа доходить до проектування поза межами стандартного 2D прямокутного полотна, творчі люди мають абсолютно нове поле гри.

3D та візуальний дизайн

Дизайнери віртуальної реальності повинні використовувати зовсім інший підхід та набір інструментів під час створення захопливих вражень та інтерфейсів. Точніше, вони повинні мислити поза межами 2D-екрану чи прямокутників, а натомість уявляти своє творче полотно як безмежний 360° простір.

Все стає тривимірним, і, як наслідок, VR-дизайнерам краще співпрацювати з 3D-експертами та/або здобувати базове розуміння 3D-графіки за допомогою WebGL та інших інструментів з відкритим кодом.

Популярне програмне забезпечення для створення 3D-моделей включає:

- Unity3D (дизайн + ігровий движок).
- Блоки Google VR.
- Blender 3D (безкоштовно, з відкритим вихідним кодом).

Розуміння масштабу та позиціонування

Міркування щодо масштабу та позиціонування для VR та AR дизайну пов'язані та впливають одне на одного. З одного боку, відстань елемента від глядача впливає на читабельність та легкість взаємодії з ним. З іншого боку, масштаб об'єкта в симульованій реальності відображає, наскільки великим/малим або далеким/близьким був би той самий об'єкт у реальному світі.

Відстеження та рух

Концепція відстеження руху пов'язана з апаратним та програмним забезпеченням віртуальної, доповненої та змішаної реальності, яке використовується. Наприклад, хоча Google Cardboard здебільшого дозволяє базове відстеження руху за допомогою акселерометра телефону, новіша гарнітура віртуальної реальності Google Daydream постачається з пультом дистанційного

					ВКРБ-122.26.0031.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

керування, який дозволяє вказувати на об'єкти та керувати взаємодією у віртуальному просторі.

На вищому кінці спектра, такі імерсивні системи, як Oculus Rift та HTC Vive, дозволяють використовувати більш чуйні системи відстеження руху та інтерактивні контролери.

Проектування трекерів руху та контролерів вимагає гарного розуміння природних людських жестів та фізичної доступності. Правильне розуміння цього допомагає посилити ефект занурення.

Не потрібно винаходити велосипед, коли йдеться про дизайн для AR/VR/MR. Так само, як і під час переходу від друкованих матеріалів до вебу, ми можемо взяти багато прикладів та застосувати багато принципів з більш традиційних форм мистецтва.

Наприклад, теорія кольору, правила композиції та найкращі методи освітлення все ще застосовуються до нових медіа. Оскільки це все ще реальний світ, який ми намагаємося наслідувати та відчутти в іншому контексті, використовуючи переваги нових технологій, основні принципи візуального мистецтва можна використовувати під час проектування для нових реалій, які ми створюємо.

Принципи анімації та переходів

Те саме стосується принципів анімації – ефект переходу та рух у віртуальній реальності стають набагато правдоподібнішими, коли застосовуються 12 принципів анімації (від самого Disney). Давайте коротко розглянемо їх:

1. Стиснення та розтягування: розширення та стиснення об'єкта для імітації ваги та об'єму в русі.
2. Передчуття: ознака того, що важлива дія має відбутися.
3. Постановка: Наявність чіткого наміру в кожному стані/положенні об'єкта.
4. Прямо вперед і з пози в позу: спочатку визначення початкового та кінцевого станів, а потім заповнення прогалів.

					ВКРБ-122.26.0031.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

5. Дотримання та перекриття дій: Коли багато рухомих фігур зупиняються, вони не зупиняються всі одночасно.

6. Повільний прихід та повільний вихід: також відомий як ефект послаблення – спочатку повільно, потім швидко, потім повільно.

7. Дуга: Простіше кажучи, додавання трохи вигнутості більшості рухів.

8. Додаткова дія: Додавання до основної дії для її підсилення або доповнення.

9. Хронометраж: Використання швидкості або затримки для імітації фізики або часової шкали.

10. Перебільшення: акцентування певних рухів, щоб підкреслити щось.

11. Суцільні малюнки: Створення більш тривимірного вигляду речей.

12. Привабливість: Цей принцип вимагає цікавих та переконливих характеристик.

Інструменти та ресурси

В інтересах демократизації цих нових технологій та стимулювання духу спільної творчості багато компаній діляться своїми рамками проектування та розробки зі світом. Ось деякі ключові ресурси, які допоможуть вам розпочати роботу з віртуальною, доповненою та змішаною реальністю:

- Дизайн Facebook – ресурси віртуальної реальності.
- Apple – ARkit.
- Змішана реальність Microsoft HoloLens – MPT-набори.

Майбутнє доповненої, віртуальної та змішаної реальності

Доповнена реальність (AR) продемонструвала ширший рівень поширення, якщо врахувати світовий успіх хіта Pokemon Go. Сьогодні для використання доповненої реальності достатньо смартфона з оновленою ОС, пристойної камери та AR-додатку – вхід безкоштовний, і весь світ – наше полотно.

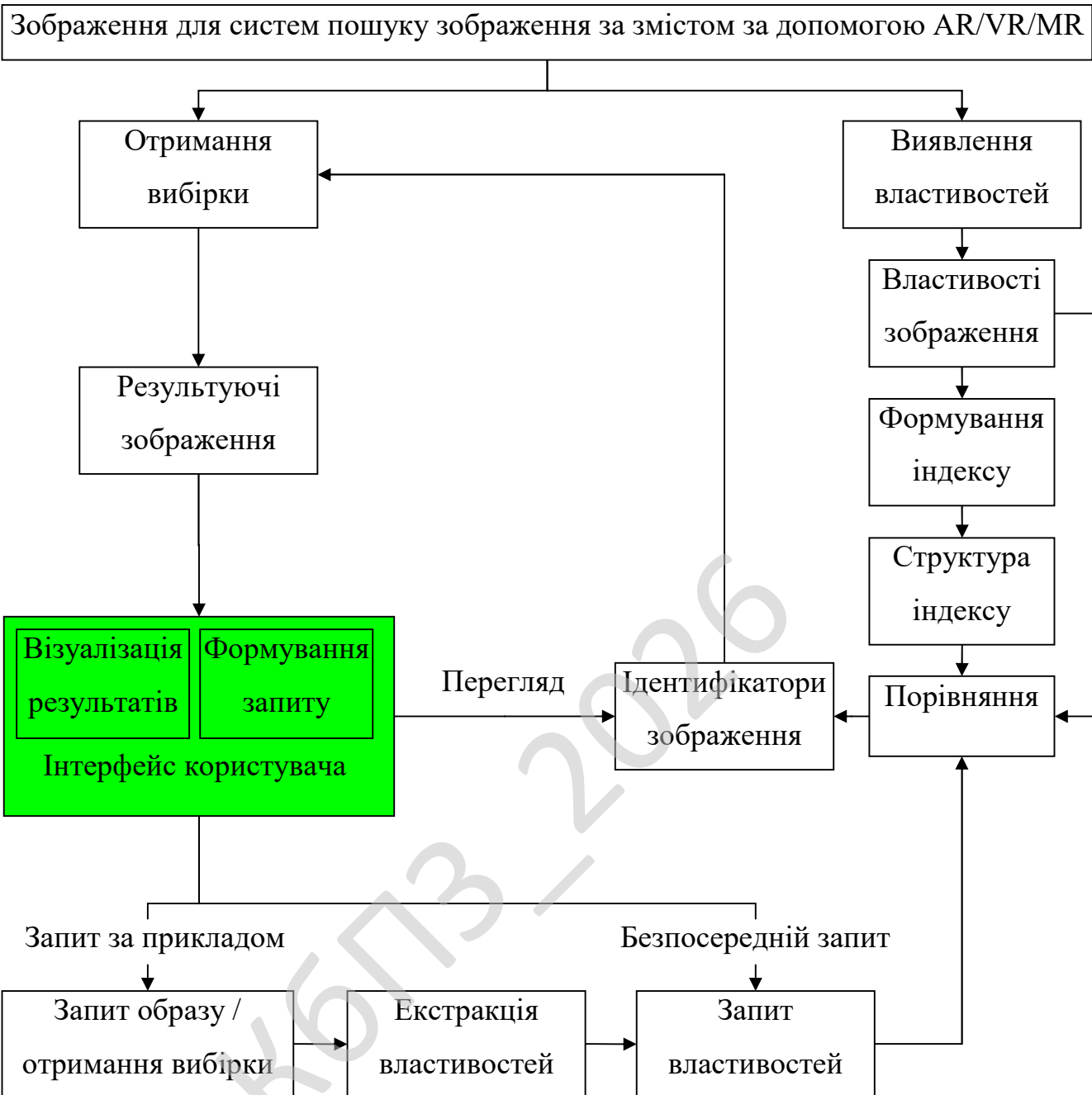


Рисунок 3.1 – Структурна схема системи

Нещодавній вхід Apple у світ доповненої реальності обіцяє ще більше посилити тенденції доповненої реальності. Тім Кук висловив свою позицію з цього питання: «Очевидно, що для VR є кілька нішевих цікавих речей, але, на мій погляд, вони не є глибокими. AR – це щось глибоке».

Незважаючи на довшу історію, ніж у AR чи MR, віртуальна реальність, здається, має проблему з аудиторією, головним чином через високу вартість впровадження гідної VR-гарнітури, фізичний дискомфорт при тривалому використанні та відсутність конкретних варіантів використання цієї технології.

«Як працює віртуальна реальність?» – це питання, яке ми часто чуємо в Інтернеті, а також на VR-заходах. Незважаючи на це, багато секторів можуть використовувати цю технологію для створення нових можливостей. Наприклад, віртуальна реальність в автомобільній промисловості демонструє деякі захопливі можливості.

Зрештою, змішана реальність – це ідеальне поєднання реальної, доповненої та віртуальної реальності. Дизайнери та інженери могли б безпосередньо маніпулювати 3D-моделями руками. Змішана реальність дозволяє людям безпосередньо взаємодіяти зі своїми ідеями, а не на екранах чи клавіатурах.

Світ стоїть на порозі розширення своїх меж завдяки захопливому 3D-контенту та цифровому простору, як ніколи раніше. Це унікальна можливість для дизайнерів, інженерів та компаній долучитися до революції.

3.3 Розробка функціональної схеми

Функціональна схема розробленої системи зображена на рисунку 3.2.

З рисунку видно, що розроблена система складається з наступних частин:

1. Вибір області застосування, й відповідних, цим областям, прото-об'єктів:

- Пошук зображень в мережі Інтернет.
- Каталогізація зображень творів мистецтва.
- Організація роботи з архівами фотографічних знімків.
- Організація каталогів роздрібного продажу товарів.
- Медична діагностика захворювань.
- Запобігання злочинів і заворушень.

- Застосування у військових цілях.
- Питання контролю за поширенням інтелектуальної власності.
- Отримання інформації про місце знаходження віддалених зондів і географічне позиціонування.

- Контроль за вмістом масивів зображень.

Алгоритм еволюції кривої на основі моделі геодезичних активних контурів (Geodesic Active Contours).

- Алгоритм еволюції кривої на основі потоку вектора градієнта (Gradient vector flow).

- Алгоритм еволюції кривої під управлінням потоку границь (Edgeflow-driven Curve Evaluation).

- Алгоритм анізотропної дифузії під управлінням потоку границь (Edgeflow-driven Anisotropic Diffusion).

- Алгоритм анізотропної дифузії, запропонований Перону й Маліком (Perona Malik Flow).

- Алгоритм анізотропної дифузії, запропонований Шапіро (Self– Snakes)

- Алгоритм JSEG сегментації зображень із обліком кольорних і текстурних ознак зображення.

- Оператори країв Кенні, Робертса, Превітт, Собела, Zerocross, Log з додатковою обробкою по зв'язуванню границь.

2. Інтерфейс користувача Системи пошуку зображення за змістом за допомогою AR/VR/MR.

3. Блок обрання бази даних, звідки буде відбуватися аналіз зображень.

4. Введення ключового слова-тега для пошуку зображення.

5. Блок уточнення запиту:

- Знайти схожі за тематикою.

- Знайти схожі за кольором й текстурою.

- Режим пошуку знімків конкретного автора

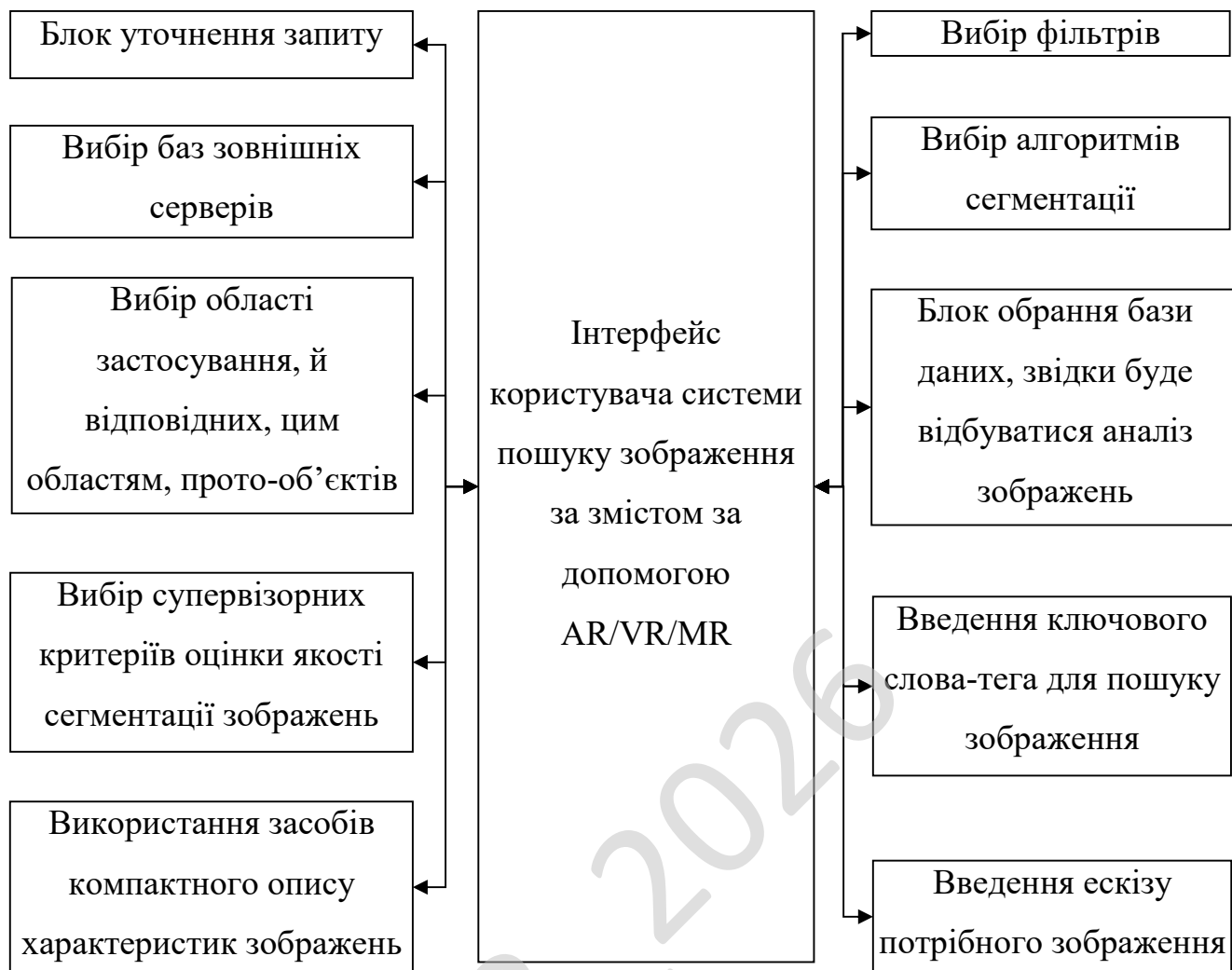


Рисунок 3.2 – Функціональна схема системи.

6. Блок введення тегів, для опису конкретного зображення.

7. Вибір баз зовнішніх серверів:

- Yahoo!
- Flickr.
- Picasa.
- Fotolia.
- iStockphoto.
- Facebook.

8. Вибір фільтрів:

- Сюжети зображень (портрети, загальні плани або пейзажі).

- Основна колірна гама зображення.
- Формат (звичайний або для широких екранів).
- Орієнтація зображення (книжкова або альбомна)
- Палітра найпростіших геометричних фігур.

9. Введення ескізу потрібного зображення.

10. Використання засобів компактного опису характеристик зображень:

- CEDD (фільтр MPEG-7).
- FTCH (вейвлет-перетворення Хаара).
- JCD.

11. Вибір супервізорних критеріїв оцінки якості сегментації зображень:

- Dku.
- GCE.
- RI.
- RMS.

12. Вибір алгоритмів сегментації:

3.4 Розробка діаграми процесів

Розглянемо розроблену діаграму процесів яка зображена на рисунку 3.3. Необхідно розуміти що 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 об'єкту. Графічне зображення складу сукупності по абсолютними і відносними показниками сприяє проведенню більш глибокого аналізу і дозволяє проводити аналіз системи. Діаграма взаємодії процесів використовується для візуалізації процесів обробки даних (структурне проектування).



Рисунок 3.3 – Діаграма взаємодії процесів

Для розробника вважається звичним спочатку креслити діаграму взаємодії процесів даних рівня контексту, завдяки чому буде показано взаємодію системи. Ця діаграма в подальшому підлягає уточненню шляхом деталізації процесів та потоків даних з метою показати систему що розробляється. При детальному її розгляді можна побачити як саме проходить взаємодія у розробленій системі. Використовується модель проектування, графічне представлення «потоків» даних в інформаційній системі. Діаграми потоків даних містять чотири типи елементів: Зовнішні по відношенню до системи сутності; Потоки даних між елементами трьох попередніх типів; Процеси які являють собою трансформацію даних в рамках описуваної системи; Сховища даних тобто репозиторії системи.

Таким чином, розглянувши опис системи, структурну, функціональну схеми системи, та діаграму взаємодії процесів перейдемо до опису блок-схем основної програми, та підпрограм, які використовуються, для реалізації системи.

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

4.1 Блок-схеми та опис алгоритмів функціонування системи

Розглянемо алгоритм роботи основної програми. Його блок-схема зображена на рисунку 4.1. З рисунку видно, що після запуску програми спочатку відбувається ініціалізація системи пошуку зображення та запит відкриття зображення, а саме зображення що буде аналізуватись.

Далі відбувається завантаження бібліотек підсистем AR/VR/MR системи з подальшим виведенням головного вікна та інформаційно-статистичних даних системи.

Що у результаті дає змогу провести формування даних та обчислення на основі матриці Гессе з використання вище підключених бібліотек підсистем AR/VR/MR. Що у подальшому приводить до створення дескрипторів точок запиту та створення запису дескрипторів точок запиту з виведенням результатів обчислення.

У подальшому проходить виклик підпрограми пошуку зображення за змістом що буде представлено та розглянуте пізніше (див. рис. 4.2).

Після виконаних дій проходить запит на знайдені дані та якщо ці дані знайдено проводиться виведення результату обробки запиту з відношенням схожості зображень, якщо ні то проводиться виведення результату обробки запиту з відсутністю зображень.

Що дає змогу у подальшому отримати дані – списку зображень у вигляді виведеної інформації у форму розробленого ПЗ. У послідовних діях проходить запит на оновлення відкритого зображення з записом оновлених даних у БД та запитом на коректування БД з викликом підпрограми коректування БД.

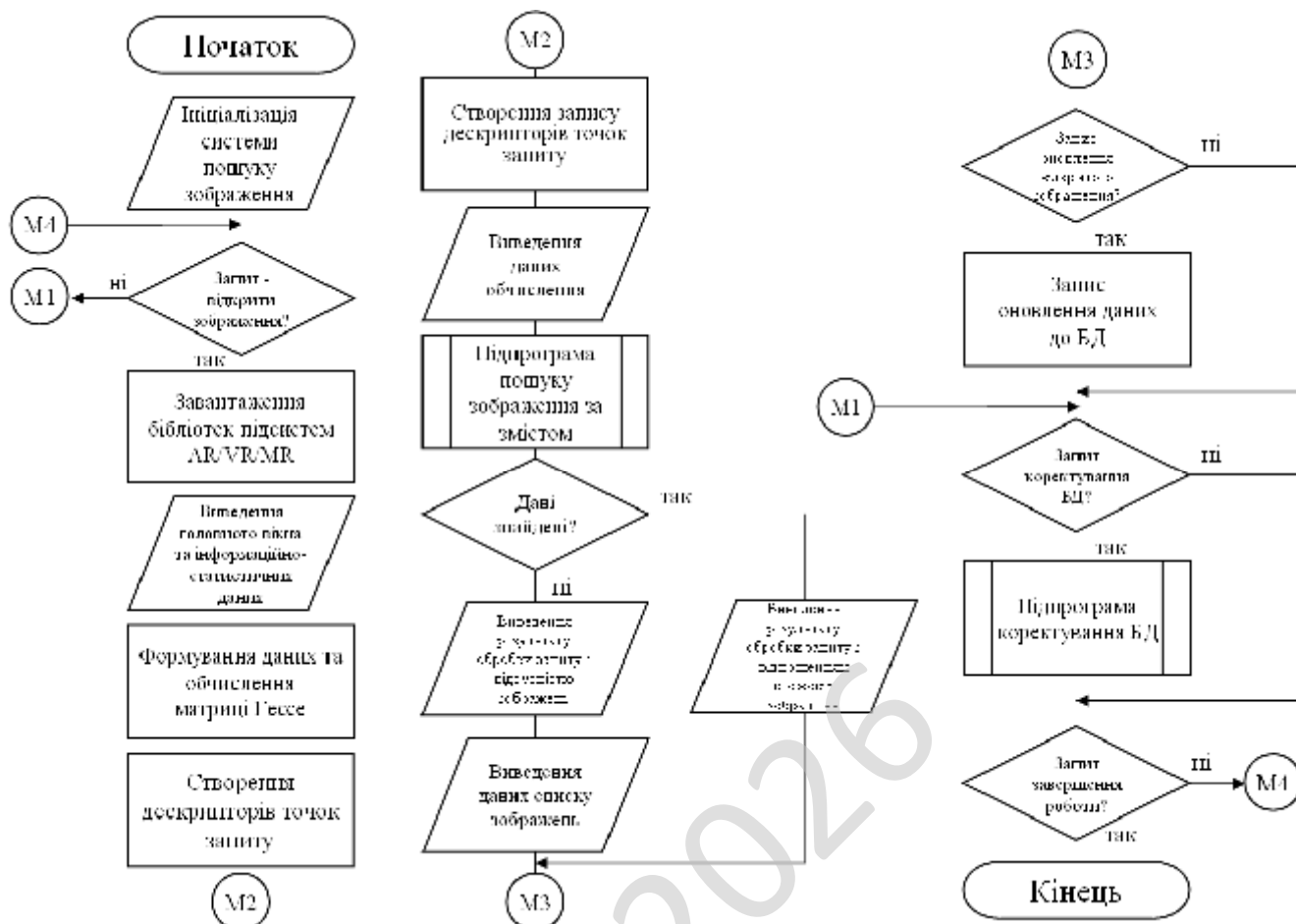


Рисунок 4.1 – Блок-схема основної програми

На рисунку 4.2 зображено роботу підпрограми пошуку зображення за змістом. На першому кроці підпрограми відбувається аналіз та формування дескрипторів ключових точок зображення шаблону.

Далі проводиться динамічне підключення до БД та дескрипторів підсистем AR/VR/MR з послідуочим циклом гарантуючим що усі зображення у БД будуть оброблені.

На першому кроці циклу відбувається запит на читання дескрипторів ключових точок поточного зображення з послідуочими кроками порівняння ключових даних зображення, обчисленням обраного відношення схожості, запитом на перевірку відношення дескрипторів більше 75% (цей параметр може бути встановлено нижче по замовчанню у налаштуваннях ПЗ) та проведенням

збереження даних індексу поточного зображення та проценту відношення зображення у буфер FIFO якщо відношення знайдено.

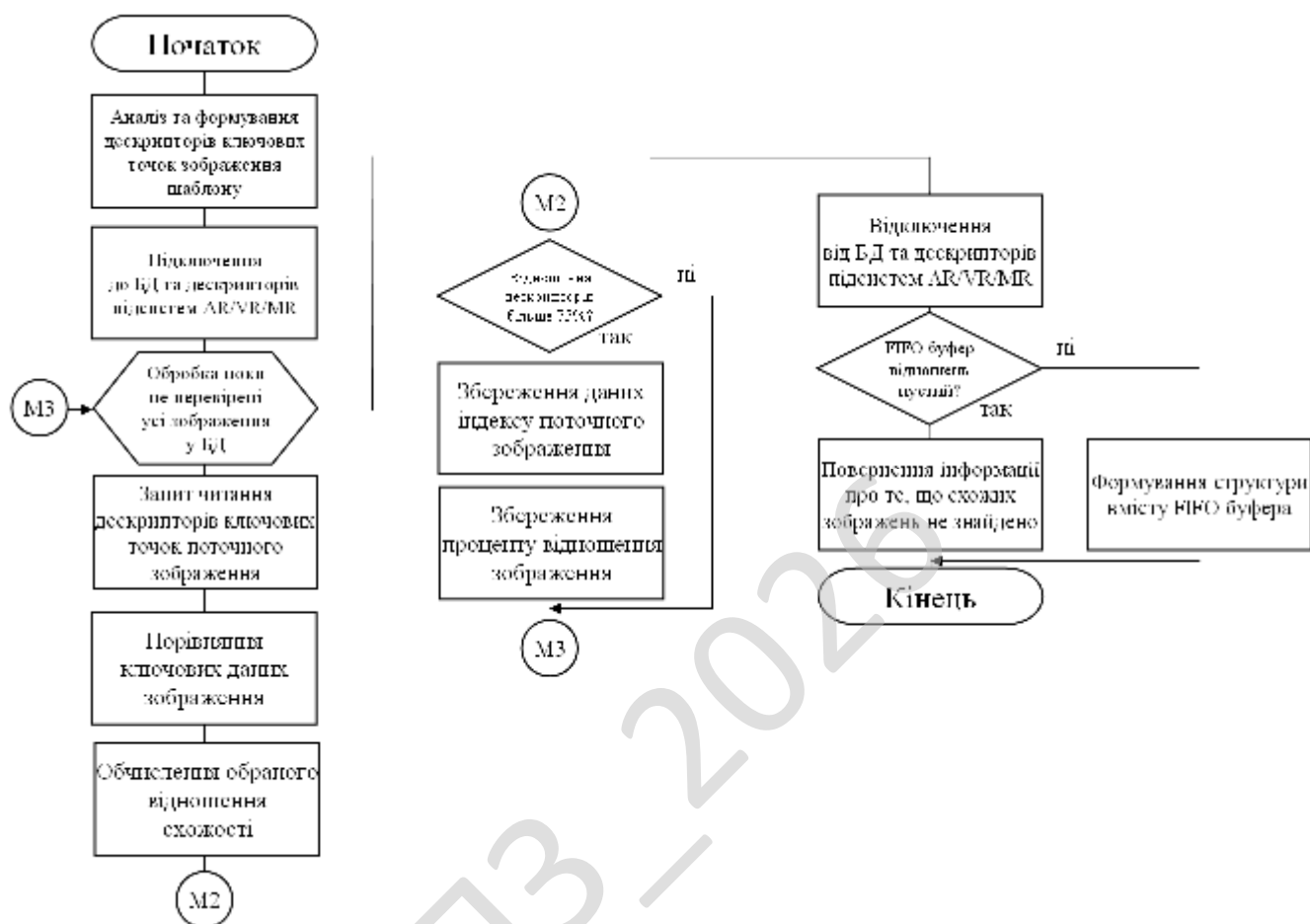


Рисунок 4.2 – Блок-схема роботи підпрограми

Після проходження циклу відбувається відключення від БД та дескрипторів підсистем AR/VR/MR.

Останній крок підпрограми це співставлення FIFO буферу відношень та якщо він пустий проходить повернення інформації про те, що схожих зображень не знайдено якщо повний то формується структура вмісту FIFO буфера для подальшої обробки та виведення на головний екран як це було описано вище.

Далі розглянемо покроково на спрощеній моделі (для повного коду див. додаток Б) як саме це реалізовано у розробленому ПЗ на спрощених блоках прикладах розробленого вихідного коду.

Розглянемо головний файл програми.

```
// підключення бібліотек що використовуються у системі пошуку
// зображення за змістом за допомогою AR/VR/MR
#include "surflib.h"
#include "kmeans.h"
#include <ctime>
#include <iostream>

//-----

/* Програма для система пошуку зображення за змістом за допомогою AR/VR/MR.
// Параметри ПРОЦЕДУРИ:
// запит 1 вказання шляху до статичного зображення системи
// запит 2 запит захоплення мультимедіа даних чи отримання файлу
// запит 3 проведення пошуку об'єкту в зображенні
// запит 4 вивести динамічні зміни
// запит 5 вивести зміни між статичними зображеннями (основний режим роботи)
*/

#define NN 2

//-----

int mTImage(void)
{
// Опис ITpoints та інших змінних
IpVec ipts;
IplImage *img=cvLoadImage("imgs/sf.jpg");

// Опис потрібних ключових точок (відносно налаштувань) у зображенні
clock_t start = clock();
surfDetDes(img, ipts, false, 5, 4, 2, 0.0007f);
clock_t end = clock();
// Тип роботи - консольне виведення даних бібліотечний режим
std::cout<< "Знайдено наступні зображення: " << ipts.size() << " обрані точки
порівняння" << std::endl;
// Отримані інформаційні дані
std::cout<< "Інформаційно-статистичні дані: " << float(end - start) /
CLOCKS_PER_SEC << " секунд" << std::endl;
// Послідуюче виведення знайдених точок порівняння
drawITpoints(img, ipts);
// Оновлення та отримання інформації у форму
showImage(img);
return 0;
}

//-----
```

					ВКРБ-122.26.0031.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

```

int mTVideo(void)
{
    // Початкове налаштування та отримання зображення
    CvCapture* capture = cvCaptureFromCAM( CV_CAP_ANY );
    if(!capture) error("Шукане зображення не знайдено!");
    // Робота з підсистемою відеозапису
    cv::VideoWriter vw("d:\\outT.avi",CV_FOURCC('D','I','V','X'),10,
        cvSize(840,420),1);

    // Створення вікна
    cvNamedWindow("Пошук по змісту файлу:", CV_WINDOW_AUTOSIZE );
    // початкове введення змінних групи ITpoints
    IpVec ipts;
    IplImage *img=NULL;
    // Робота з головною картинкою
    while( 1 ) // Безкінечний масив (у подальших наробках буде виправлено)
    {
        // Отримання даних з джерела зображення
        img = cvQueryFrame(capture);
        // Робота з початку методу SURF
        surfDetDes(img, ipts, false, 4, 4, 2, 0.004f);
        // Робота з виведенням знайдених точок зображення
        drawITpoints(img, ipts);
        // Виведення отриманих фігур
        drawFPS(img);
        // Результат роботи виводиться на форму
        cvShowImage("Результат обробки", img);
        // Чекаємо клавіші ESC (27) для переривання дії
        if( (cvWaitKey(10) & 255) == 27 ) break;
    }

    cvReleaseCapture( &capture );
    cvDestroyWindow( "Виведення результатів роботи підсистеми " );
    return 0;
}

//-----

int mTMatch(void)
{
    // Початкове робота з ресурсами зображення
    CvCapture* capture = cvCaptureFromCAM( CV_CAP_ANY );
    if(!capture) error("Відсутнє необхідне зображення");
    // Початкове оголошення даних підсистеми ITpoints

```

```

    IpPairVec matches;
    IpVec ipts, ref_ipts;
// Опис шуканих точок на обраному кадрі
    IplImage *img = cvLoadImage("imgs/object1.jpg");
// object1.jpg - це кадр що нам потрібний
    if (img == NULL) error("Чекаю отримання другого зображення для порівняння");
    CTPoint src_corners[4] = {{0,0}, {img->width,0}, {img->width, img->height}, {0,
                                img->height}};

    CTPoint dst_corners[4];

// Робота з об'єктом ITPoints
    surfDetDes(img, ref_ipts, false, 3, 4, 3, 0.004f);
    drawITpoints(img, ref_ipts);
    showImage(img);
// Оновлення вікна ПЗ
    cvNamedWindow("Система пошуку зображення", CV_WINDOW_AUTOSIZE );
// Прокручуємо головну картинку
    while( true ) // цикл
    {
// Обираємо частину фрейму з встановленого джерела зображення
        img = cvQueryFrame(capture);

// Поточне отримання та опис особливих точок у зображенні
        surfDetDes(img, ipts, false, 3, 4, 3, 0.004f);
// Розраховуємо необхідні вектори
        getMatches(ipts,ref_ipts,matches);
// Моніторинг даних об'єктних кутів у зображенні
        if (translateCorners(matches, src_corners, dst_corners))
        {
// Розраховуємо верхній поверхню графічно-інформативних даних у зображенні
            for(int i = 0; i < 4; i++ )
            {
                CTPoint r1 = dst_corners[i%4];
                CTPoint 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);
        }
// Обробка та виведення фігури draw FPS
        drawFPS(img);

```

```

// Отримані дані виводяться на форму
cvShowImage("Результат:", img);
// Якщо нажата клавіша ESC перериваємо прокручування
    if( (cvWaitKey(10) & 255) == 27 ) break;
}
// Редагуємо зображення з пристрою
    cvReleaseCapture( &capture );
    return 0; }
//-----
int mTMotionPoints(void)
{
// Початкова ініціалізація даних зображення
    CvCapture* capture = cvCaptureFromCAM( CV_CAP_ANY );
    if(!capture) error("Немає зображення");
// Оновлення вікна
    cvNamedWindow("Вікно оновлено", CV_WINDOW_AUTOSIZE );
// Оголошення даних підсистеми ITpoints та інших констант
    IpVec ipts, old_ipts, motion;
    IpPairVec matches;
    IplImage *img;
// Циклічна обробка головного зображення
    while( 1 )
    {
        // Отримання частини кадру з джерела зображення
        img = cvQueryFrame(capture);
        // Формування та опис ключових точок у кадрі
        old_ipts = ipts;
        surfDetDes(img, ipts, true, 3, 4, 2, 0.0009f);
// Рисуємо відповідний вектор
        getMatches(ipts,old_ipts,matches);
// Цикл до matches.size()
        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 обробки
        cvShowImage("У результаті обробки", img);
        // клавіша ESC - завершення прокручування

```

					ВКРБ-122.26.0031.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

```

        if( (cvWaitKey(10) & 255) == 27 ) break;
    }
    // Редагуємо та оновлюємо картинку
    cvReleaseCapture( &capture );
    cvDestroyWindow( "Програма системи пошуку зображення за змістом за допомогою
AR/VR/MR" );
    return 0;
}
//-----
int mTSMatch()
{
    IplImage *img1, *img2;
    img1 = cvLoadImage("imgs/img1.jpg");
    img2 = cvLoadImage("imgs/img2.jpg");
    IpVec iptsl, ipt2;
    surfDetDes(img1, iptsl, false, 4, 4, 2, 0.0001f);
    surfDetDes(img2, ipt2, false, 4, 4, 2, 0.0001f);
    IpPairVec matches;
    getMatches(iptsl, ipt2, 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;
        cvLine(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 mTKmeans(void)
{
    IplImage *img = cvLoadImage("imgs/img1.jpg");

```

					ВКРБ-122.26.0031.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

```

IpVec ipts;
Kmeans km;
// Беремо ITpoints
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)
    {
        cvLine(img, cvPoint(ipts[i].x, ipts[i].y),
        cvPoint(km.clusters[ipts[i].clusterIndex].x
        , km.clusters[ipts[i].clusterIndex].y), cvScalar(255, 255, 255));
    }
    showImage(img);
}
return 0;
}
//-----
// Дослідження та програмна реалізація системи пошуку
// зображення за змістом за допомогою AR/VR/MR
int main(void)
{
    // Початкове обрання вікна
    if (NN == 1) return mTImage(); // перехід у вікно mTImage
    if (NN == 2) return mTVideo(); // перехід у вікно mTVideo
    if (NN == 3) return mTMatch(); // перехід у вікно mTMatch
    if (NN == 4) return mTMotionPoints(); // перехід у вікно mTMotionPoints
    if (NN == 5) return mTSMatch(); // перехід у вікно mTSMatch
    if (NN == 6) return mTKmeans(); // перехід у вікно mTKmeans
}

```

Наведемо частину коду, призначену для порівняння рисунків із врахуванням їх можливих часткових поворотів.

```

void Surf::getTOrient()
{
    // Початкове оголошення змінних та констант функції системи
    Ipoint *ipt = &ipts[index];
    float getTgauss = 0.f, scale = ipt->scale;
    const int s = fRound(scale), r = fRound(ipt->y), c = fRound(ipt->x);
    std::vector<float> resX(109), resY(109), Ang(109);
}

```

					ВКРБ-122.26.0031.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

```

const int id[] = {6,5,4,3,2,1,0,1,2,3,4,5,6};
int idx = 0;
// Цикл обробки повороту
for(int i = -6; i <= 6; ++i)
{
    for(int j = -6; j <= 6; ++j)
    {
        if(i*i + j*j < 36)
        {
            getTgauss = static_cast<float>(gauss25[id[i+6]][id[j+6]]);
            resX[idx] = getTgauss * haarX(r+j*s, c+i*s, 4*s);
            resY[idx] = getTgauss * haarY(r+j*s, c+i*s, 4*s);
            Ang[idx] = getAngle(resX[idx], resY[idx]);
            ++idx;
        }
    }
}
// послідує оголошення змінних функції системи
float sumX=0.f, sumY=0.f;
float max=0.f, orientation = 0.f;
float angl=0.f, angT2=0.f;
for(angl = 0; angl < 2*pi; angl+=0.15f) {
    angT2 = ( 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)
    {
        // на основі angle з x вісі декартової системи точки
        const float & angT = Ang[k];
        // обробка чи є точка в межах фрейму
        if (angl < angT2 && angl < angT && angT < angT2)
        {
            sumX+=resX[k];
            sumY+=resY[k];
        }
        // якщо не входить то виконіється
        else if (angT2 < angl &&
            ((angT > 0 && angT < angT2) || (angT > angl && angT < 2*pi) ))
        {
            sumX+=resX[k];
            sumY+=resY[k];
        }
    }
}

```

```
// перевірка отриманих сум
    if (sumX*sumX + sumY*sumY > max)
    {
        max = sumX*sumX + sumY*sumY;
        orientation = getAngle(sumX, sumY);
    }
}

// у результаті
    ipt->orientation = orientation;
}
```

Наступна послідовність операцій в коді програми дозволяє провести пошук дескрипторів що дає змогу звужувати до блоків 4x4, в яких координати визначених точок системи повертаються на вісь обертання.

```
void Surf::gTD(bool bUpright)
{
    // початковий опис змінних функції
    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, coT, siT;
    float getTgauss_s1 = 0.f, getTgauss_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; //Підобласть зосереджується для 4x4 блока гауса
    Ipoint *ipt = &ipts[index];
    scale = ipt->scale;
    x = fRound(ipt->x);
    y = fRound(ipt->y);
    desc = ipt->descriptor;
    // порівняння bUpright
    if (bUpright)
    {
        coT = 1;
        siT = 0;
    }
    else
    {
        // в іншому випадку виконується наступна послідовність
        coT = cos(ipt->orientation);
        siT = sin(ipt->orientation);
    }
    i = -10;
```

Розрахунок дескриптору для цієї точки наступний:

```
while(i < 11)
{
    j = -8;
    i = i-4;
    cx += 1.f;
    cy = -0.5f;
// цикл поточний 12
    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*siT + ix*scale*coT));
        ys = fRound(y + ( jx*scale*coT + ix*scale*siT));
// другий підцикл обробки
        for (int k = i; k < i + 9; ++k)
        {
// третій підцикл обробки
            for (int l = j; l < j + 9; ++l)
            {
                sample_x = fRound(x + (-l*scale*siT + k*scale*coT));
                sample_y = fRound(y + ( l*scale*coT + k*scale*siT));
                getTgauss_s1 = gaussian(xs-sample_x,ys-sample_y,2.5f*scale);
                rx = haarX(sample_y, sample_x, 2*fRound(scale));
                ry = haarY(sample_y, sample_x, 2*fRound(scale));
                rrx = getTgauss_s1*(-rx*siT + ry*coT);
                rry = getTgauss_s1*(rx*coT + ry*siT);
                dx += rrx;
                dy += rry;
                mdx += fabs(rrx);
                mdy += fabs(rry);
            }
        }
    }
}
```

У результаті до дескриптора добавляються наступні дані.

```
getTgauss_s2 = gaussian(cx-2.0f,cy-2.0f,1.5f);
desc[count++] = dx*getTgauss_s2;
desc[count++] = dy*getTgauss_s2;
desc[count++] = mdx*getTgauss_s2;
```

					ВКРБ-122.26.0031.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

```

        desc[count++] = mdy*getTgauss_s2;
        len += (dx*dx + dy*dy + mdx*mdx + mdy*mdy) * getTgauss_s2*getTgauss_s2;
        j += 9;
    }
    i += 9;
}
// Обчислення довжини
len = sqrt(len);
for(int i = 0; i < 64; ++i)
    desc[i] /= len;
}

```

Редагування числа пікселів в межах обраного прямокутника, з обробкою координати – верхньою лівої частини:

```

inline float BIT_1(IplImage *img, int row, int col, int rows, int cols)
{
    // Опис змінних
    float *data = (float *) img->imageData;
    int step = img->widthStep/sizeof(float);
    int r1 = std::min(row,          img->height) - 1;
    int c1 = std::min(col,          img->width)  - 1;
    int r2 = std::min(row + rows,  img->height) - 1;
    int c2 = std::min(col + cols,   img->width)  - 1;
    float A(0.0f), B(0.0f), C(0.0f), D(0.0f);
    // Початкові порівняння r1 та c1 для обробки даних
    if (r1 >= 0 && c1 >= 0) A = data[r1 * step + c1];
    if (r1 >= 0 && c2 >= 0) B = data[r1 * step + c2];
    if (r2 >= 0 && c1 >= 0) C = data[r2 * step + c1];
    if (r2 >= 0 && c2 >= 0) D = data[r2 * step + c2];
    return std::max(0.f, A - B - C + D);
}

```

Обробка даних зображення з врахуванням пластів відповідності:

```

RTLayer *b, *m, *t;
for (int o = 0; o < ocT; ++o) for (int i = 0; i <= 1; ++i)
{
    b = responseMap.at(filter_map[o][i]);
    m = responseMap.at(filter_map[o][i+1]);
    t = responseMap.at(filter_map[o][i+2]);
    for (int r = 0; r < t->height; ++r)
    {
        for (int c = 0; c < t->width; ++c)
        {

```

```

        if (isExtremum(r, c, t, m, b))
        {
            interpolateExtremum(r, c, t, m, b);
        }
    }
}

```

Потім будується карта відповідностей. Для цього спершу беремо атрибути зображення:

```

int w = (i_width / init_sample);
int h = (i_height / init_sample);
int s = (init_sample);

```

Далі проходить розрахунок значень Гессіана.

```

if (ост >= 1)
{
    responseMap.push_back(new RTLayer(w, h, s, 9));
    responseMap.push_back(new RTLayer(w, h, s, 15));
    responseMap.push_back(new RTLayer(w, h, s, 21));
    responseMap.push_back(new RTLayer(w, h, s, 27));
}

```

Відповідно до вищевизначеного до значень $ост \geq 2, 3, 4, 5$ отримуємо.

```

for (unsigned int i = 0; i < responseMap.size(); ++i)
{
    bRL(responseMap[i]);
}

void FastHessian::bRL(RTLayer *rl)
{
    // початкове оголошення
    float *responses = rl->responses;
    unsigned char *laplacianST = rl->laplacianST;
    int step = rl->step;
    int b = (rl->filter - 1) / 2 + 1;
    int l = rl->filter / 3;
    int w = rl->filter;
    float inverse_area = 1.f / (w*w);
    float Dxx, Dyy, Dxy;

    // Цикл обробки
    for(int r, c, ar = 0, index = 0; ar < rl->height; ++ar)
    {
        for(int ac = 0; ac < rl->width; ++ac, index++)
        {

```

```

r = ar * step;
c = ac * step;
Dxx = BIT_1(img, r - 1 + 1, c - b, 2*1 - 1, w)
      - BIT_1(img, r - 1 + 1, c - 1 / 2, 2*1 - 1, 1)*3;
Dyy = BIT_1(img, r - b, c - 1 + 1, w, 2*1 - 1)
      - BIT_1(img, r - 1 / 2, c - 1 + 1, 1, 2*1 - 1)*3;
Dxy = + BIT_1(img, r - 1, c + 1, 1, 1)
      + BIT_1(img, r + 1, c - 1, 1, 1)
      - BIT_1(img, r - 1, c - 1, 1, 1)
      - BIT_1(img, r + 1, c + 1, 1, 1);
Dxx *= inverse_area;
Dyy *= inverse_area;
Dxy *= inverse_area;
responses[index] = (Dxx * Dyy - 0.81f * Dxy * Dxy);
laplacianST[index] = (Dxx + Dyy >= 0 ? 1 : 0);
#ifdef RL_DEBUG
    rl->coords.push_back(std::make_pair<int,int>(r,c));
#endif } } }

```

Таким чином було представлено спрощену консольну реалізацію розробленої системи пошуку зображення за змістом за допомогою AR/VR/MR (для більш детального огляду дивись додаток Додаток Б).

4.2 Захист розробленого програмного забезпечення

Дані у програмному забезпеченні я захищаю за допомогою NTRU. NTRUEncrypt (абревіатура Nth-degree TRUncated polynomial ring або Number Theorists aRe Us) – це криптографічна система з відкритим ключем, що раніше називалася NTRU.

Криптосистема NTRUEncrypt, заснована на ґратчастій криптосистемі, створена як альтернатива RSA і криптосистемам на еліптичних кривих (ECC). Стійкість алгоритму забезпечується труднощами пошуку найкоротшого вектора ґрати, що більше стійка до атак, здійснюваним на квантових комп'ютерах. На відміну від своїх конкурентів RSA, ECC, Elgamal, алгоритм використовує операції над кільцем:

$$\mathbb{Z}[X]/(X^N - 1),$$

					ВКРБ-122.26.0031.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

усічених багаточленів ступеня, що не перевершує $N - 1$:

$$\mathbf{a}(X) = \mathbf{a} = a_0 + a_1X + a_2X^2 + \dots + a_{N-2}X^{N-2} + a_{N-1}X^{N-1}.$$

Такий багаточлен можна також представити вектором:

$$\vec{a}(X) = \vec{a} = \sum_{i=0}^{N-1} a_i X^i = [a_0, a_1, a_2, \dots, a_{N-2}, a_{N-1}].$$

Як і будь-який молодий алгоритм, NTRUEncrypt погано вивчений, хоча й був офіційно затверджений для використання в сфері фінансів комітетом Accredited Standards Committee X9.[1]

Існує реалізації NTRUEncrypt з відкритим вихідним кодом.[2]

NTRUEncrypt, що споконвічно називався NTRU, був винайдений в 1996 році й представлений на конференціях CRYPTO, Конференція RSA, Eurocrypt. Причиною, що послужила початком розробки алгоритму в 1994 році, стала стаття [3], у якій говорилося про легкість злому існуючих алгоритмів на квантових комп'ютерах, які, як показало час, не за горами[4]. У цьому ж році, математики Jeffrey Hoffstein, Jill Pipher і Joseph H. Silverman, що розробили систему разом із засновником компанії NTRU Cryptosystems, Inc. (пізніше перейменованої в SecurityInnovation), Даніелем Лієманом (Daniel Lieman) запатентували свій винахід.[5]

Кільця усічених багаточленів

NTRU оперує над багаточленами ступеня не переважаючої $N - 1$:

$$\mathbf{a} = a_0 + a_1X + a_2X^2 + \dots + a_{N-2}X^{N-2} + a_{N-1}X^{N-1},$$

де коефіцієнти $a_0, \dots, a_{N-1}$ – цілі числа. Щодо операцій додавання й множення за модулем багаточлена $X^N - 1$. Такі багаточлени утворюють кільце R , називане кільцем усічених багаточленів, що ізоморфно кільцю відносин:

$$\mathbb{Z}[X]/(X^N - 1).$$

NTRU використовує кільце усічених багаточленів R разом з діленням за модулем на взаємно прості числа p і q для зменшення коефіцієнтів багаточленів.

У роботі алгоритму також використовуються зворотні багаточлени в кільці усічених багаточленів. Слід зазначити, що не всякий багаточлен має зворотний, але якщо зворотний поліном існує, то його легко обчислити.[6][7]

Генерація відкритого ключа

Для передачі повідомлення від Аліси до Боба необхідні відкритий і закритий ключі. Відкритий знають як Боб, так і Аліса, закритий ключ знає тільки Боб, що він використовує для генерації відкритого ключа. Для цього Боб вибирає два «маленьких» поліноми $f, g \in R$. «Малість» поліномів має на увазі в тому розумінні, що він маленький щодо довільного полінома за модулем q : у довільному поліномі коефіцієнти повинні бути приблизно рівномірно розподілені за модулем q , а в малому поліномі вони багато менше q . Малість поліномів визначається за допомогою чисел df і dg :

Поліном f має df коефіцієнтів рівних «1» і $df-1$ коефіцієнтів рівних «-1», а інші – «0». У цьому випадку говорять, що:

$$\mathbf{f} \in \mathcal{L}_f$$

Поліном g має dg коефіцієнтів рівних «1» і стільки ж рівних «-1», інші – «0». У цьому випадку говорять, що:

$$\mathbf{g} \in \mathcal{L}_g$$

Причина, по якій поліноми вибираються саме таким чином, полягає в тому, що f , можливо, буде мати зворотний, а g – однозначно немає ($g(1) = 0$, а нульовий елемент не має зворотного).

Боб повинен зберігати ці поліноми в секреті. Далі Боб обчислює зворотні поліноми $\mathbf{f}_p$ й $\mathbf{f}_q$, тобто такі, що:

$$\mathbf{f} \cdot \mathbf{f}_p \equiv 1 \pmod{p} \quad \text{й} \quad \mathbf{f} \cdot \mathbf{f}_q \equiv 1 \pmod{q}$$

Якщо f не має зворотного полінома, то Боб вибирає інший поліном f .

Секретний ключ – це пари $(\mathbf{f}, \mathbf{f}_p)$, а відкритий ключ h обчислюється за формулою:

$$\mathbf{h} = (p\mathbf{f}_q \cdot \mathbf{g}) \pmod{q}.$$

Приклад:

					ВКРБ-122.26.0031.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

Для приклада візьмемо $df=4$, а $dg=3$. Тоді як поліноми можна вибрати

$$\begin{aligned} \mathbf{f} &= -1 + X + X^2 - X^4 + X^6 + X^9 - X^{10} \\ \mathbf{g} &= -1 + X^2 + X^3 + X^5 - X^8 - X^{10} \end{aligned}$$

Далі для полінома f шукаються зворотні поліноми за модулем $p=3$ и $q=32$:

$$\begin{aligned} \mathbf{f}_p &= 1 + 2X + 2X^3 + 2X^4 + X^5 + 2X^7 + X^8 + 2X^9 \\ \mathbf{f}_q &= 5 + 9X + 6X^2 + 16X^3 + 4X^4 + 15X^5 + 16X^6 + 22X^7 + 20X^8 + 18X^9 + 30X^{10} \end{aligned}$$

Заключним етапом є обчислення самого відкритого ключа h :

$$\mathbf{h} = (p\mathbf{f}_q \cdot \mathbf{g}) \bmod 32 = 8 + 25X + 22X^2 + 20X^3 + 12X^4 + 24X^5 + 15X^6 + 19X^7 + 12X^8 + 19X^9 + 16X^{10}.$$

Шифрування

Тепер, коли в Алісі є відкритий ключ, вона може відправити зашифроване повідомлення Бобові. Для цього повідомлення представити у вигляді полінома m з коефіцієнтами за модулем p , обраними з діапазону $(-p/2, p/2]$. Тобто $m \in \langle \text{малім} \rangle$ поліномом за модулем q . Далі Алісі необхідно вибрати інший «малий» поліном r , що називається «сліплюючий», обумовлений за допомогою числа dr :

Поліном r має dr коефіцієнтів рівних «1» і стільки ж рівних «-1», інші – «0». У цьому випадку говорять, що:

$$\mathbf{r} \in \mathcal{L}_r.$$

Використовуючи ці поліноми, зашифроване повідомлення виходить за формулою:

$$\mathbf{e} = (\mathbf{r} \cdot \mathbf{h} + \mathbf{m}) \bmod q.$$

При цьому кожній, хто знає (або може обчислити) осліплюючий поліном r , зможе прочитати повідомлення m .

Приклад:

Припустимо, що Аліса хоче послати повідомлення, представлене у вигляді полінома:

$$\mathbf{m} = -1 + X^3 - X^4 - X^8 + X^9 + X^{10},$$

і вибрала «осліплюючий» поліном, для якого $dr=3$:

$$\mathbf{r} = -1 + X^2 + X^3 + X^4 - X^5 - X^7.$$

Тоді шифротекст e , готовий для передачі Бобові буде:

$$e = (r \cdot h + m) \bmod 32 = 14 + 11X + 26X^2 + 24X^3 + 14X^4 + 16X^5 + 30X^6 + 7X^7 + 25X^8 + 6X^9 + 19X^{10}$$

Розшифрування

Тепер, одержавши зашифроване повідомлення e , Боб може його розшифрувати, використовуючи свій секретний ключ. Спочатку він одержує новий проміжний поліном:

$$a = (f \cdot e) \bmod q.$$

Якщо розписати шифротекст, то одержимо ланцюжок:

$$a = (f \cdot e) \bmod q = (f \cdot (r \cdot h + m)) \bmod q = (f \cdot (r \cdot pf_q \cdot g + m)) \bmod q$$

і остаточно:

$$a = (pr \cdot g + f \cdot m) \bmod q.$$

Після того, як Боб обчислив поліном a за модулем q , він повинен вибрати його коефіцієнти з діапазону $(-q/2, q/2]$ і далі обчислити поліном b , одержуваний з полінома a приведенням за модулем p :

$$b = a \bmod p = (f \cdot m) \bmod p,$$

так як:

$$(pr \cdot g) \bmod p = 0.$$

Тепер, використовуючи другу половину секретного ключа й отриманий поліном b , Боб може розшифрувати повідомлення:

$$c = (f_p \cdot b) \bmod p.$$

Неважко бачити, що:

$$c \equiv f_p \cdot f \cdot m \equiv m \pmod{p}.$$

У такий спосіб отриманий поліном c дійсно є вихідним повідомленням m .

Приклад:

Боб одержав від Аліси шифроване повідомлення e :

$$e = 14 + 11X + 26X^2 + 24X^3 + 14X^4 + 16X^5 + 30X^6 + 7X^7 + 25X^8 + 6X^9 + 19X^{10}$$

Використовуючи секретний ключ f Боб одержує поліном a :

$$a = f \cdot e \pmod{32} = 3 - 7X - 10X^2 - 11X^3 + 10X^4 + 7X^5 + 6X^6 + 7X^7 + 5X^8 - 3X^9 - 7X^{10} \pmod{32},$$

					ВКРБ-122.26.0031.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

з коефіцієнтами, що належать проміжку $(-q/2, q/2]$. Далі перетворює поліном a у поліном b , зменшуючи коефіцієнти за модулем p .

$$\mathbf{b} = \mathbf{a} \pmod{3} = -X - X^2 + X^3 + X^4 + X^5 + X^7 - X^8 - X^{10} \pmod{3}$$

Заключний крок – перемноження полінома b із другою половиною закритого ключа $\mathbf{f}_p$:

$$\mathbf{c} = \mathbf{f}_p \cdot \mathbf{b} = \mathbf{f}_p \cdot \mathbf{f} \cdot \mathbf{m} \pmod{3} = \mathbf{m} \pmod{3}$$

$$\mathbf{c} = -1 + X^3 - X^4 - X^8 + X^9 + X^{10}$$

Який є вихідним повідомленням, що передавала Аліса.

К6ПЗ_2026

					ВКРБ-122.26.0031.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

5 МЕТОДИКА ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ В ПРОМИСЛОВУ ЕКСПЛУАТАЦІЮ

На рисунку 5.1 зображено розроблене у бакалаврській роботі програмне забезпечення системи пошуку зображення за змістом за допомогою AR/VR/MR. На рисунку 1 представлено приклад обраного зображення для порівняння та співставлення з БД рисунків розробленого ПЗ. Приклад обрано з врахуванням існуючих стандартизованих шаблонів з різними варіантами примітивів для кращого співставлення та більшого відсотку співпадіння для наглядності прикладу. Зображення примітивів отримано з фотографії листка А4 для отримання деякого ускладнення розпізнавання. Перевірка на растрових зображеннях – фотографіях та інших зображеннях буде давати теж гарні результати.

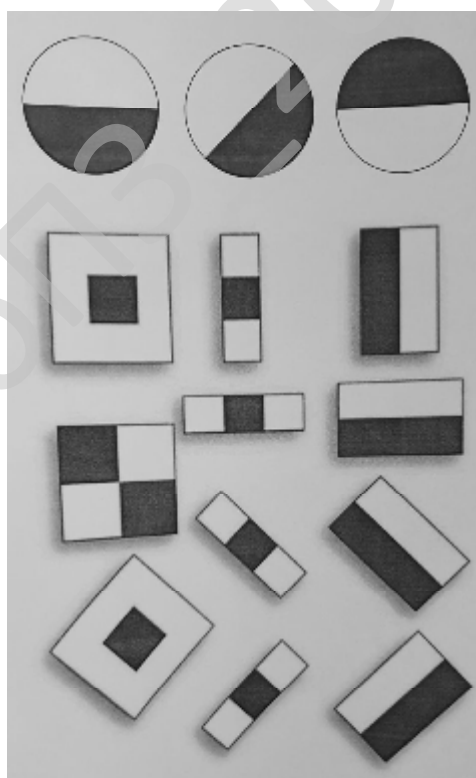


Рисунок 5.1 – Зображення обране для порівняння

З наступного рисунку 5.2 можна побачити що інтерфейс головного вікна розподілено на наступні функціональні розділи:

- Навігаційного меню яке викликається натисканням правої клавіші маніпулятора миші.
- Верхнього меню: Файл; Бібліотека; Запити; Бібліотека AR/VR/MR; Налаштування; Довідка.
- Розділу обрання зображення на розпізнавання.
- Розділу виведення результату розпізнавання у вигляді знайдених зображень.
- Розділу інформаційно-статистичних даних результату аналізу.

На рисунку 5.2 зображено перше знайдене зображення у БД розробленого ПЗ з виділенням знайдених областей у результаті порівняння.

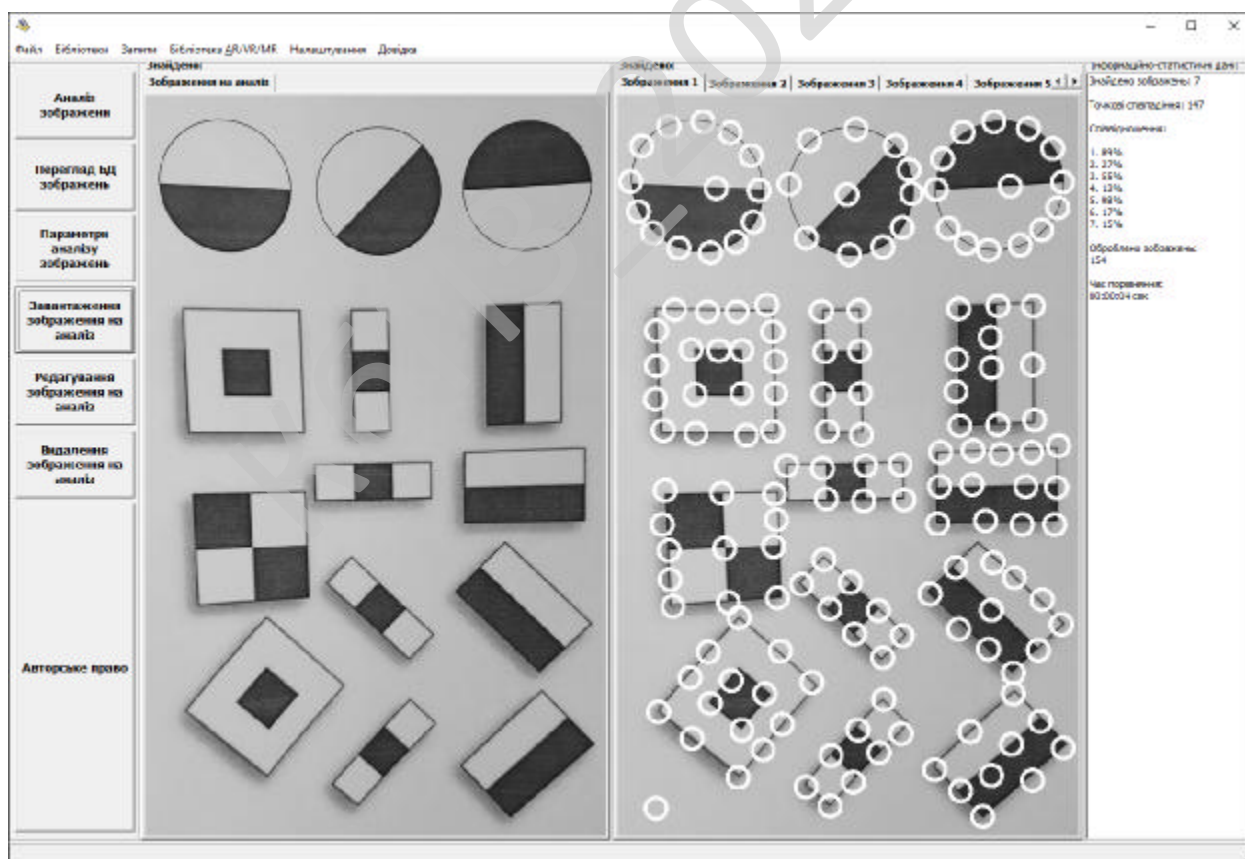


Рисунок 5.2 – Головне вікно ПЗ, перше знайдене співпадіння

На рисунку 5.3 зображено друге знайдене зображення у БД розробленого ПЗ з виділенням знайдених областей у результаті порівняння. Як можна побачити з рисунку друге зображення тільки частково співпадає з еталонним зображенням що більш детально можна побачити як на сисунці так і на інформаційно-статистичному блоці.

На рисунку 5.4 зображено авторські дані розробленого програмного забезпечення.

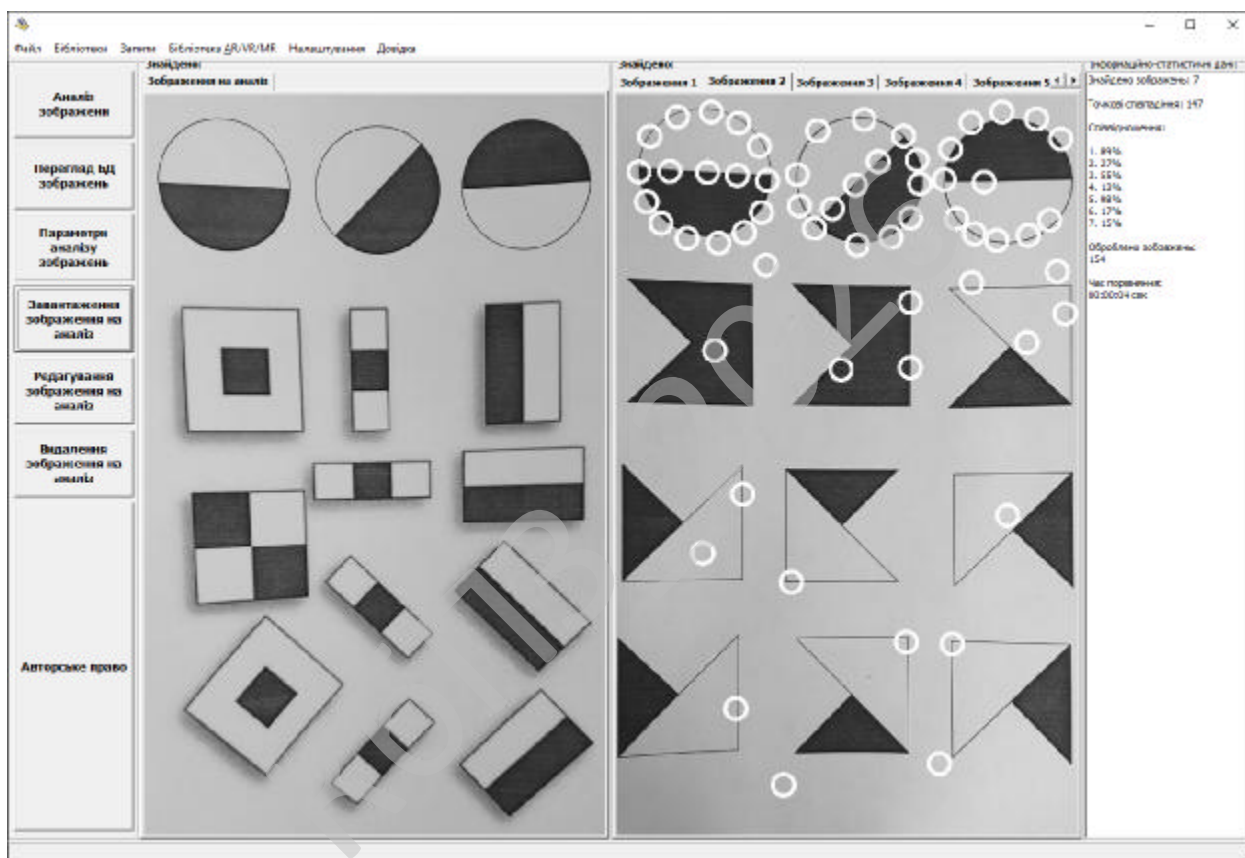


Рисунок 5.3 – Головне вікно ПЗ, друге знайдене співпадіння

Загалом процес розгортання складається з кількох взаємопов'язаних дій із можливими переходами між ними. Ця активність може відбуватися як з боку виробника так і з боку споживача.

Оскільки кожна програмна система є унікальною, то усі процеси та процедури під час розгортання важко передбачити. Тому, "розгортання" можна

тракувати як загальний процес відповідно до певних вимог та характеристик. Розгортання може здійснюватись програмістом і в процесі розробки програмного забезпечення.

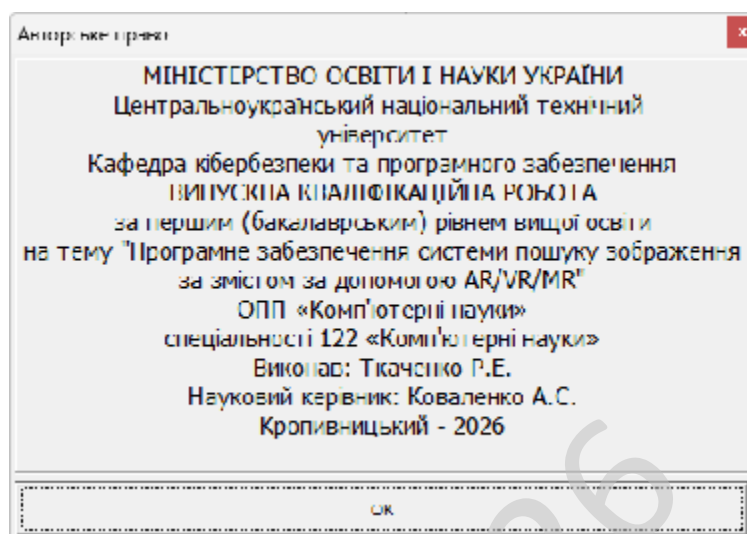


Рисунок 5.4 – Форма авторського права

До діяльностей пов'язаних із розгортанням програмного забезпечення відносять:

- Випуск.
- Встановлення та активація.
- Деактивація.
- Адаптація.
- Оновлення.
- Вмонтування.
- Відстежування версій.
- Видалення.
- Вилучення з обігу.

При впровадженні програмного забезпечення потрібно урахувати наступні дії:

					ВКРБ-122.26.0031.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

– Виділення критичних, з точки зору загального результату, процедур в діяльності організації. Коли набір таких процедур визначений, необхідно в першу чергу використовувати ІТ рішення для автоматизації операцій усередині саме цих процедур. Таким чином, розроблене ІТ рішення автоматично стає життєво важливим і затребуваним для організації, а також буде забезпечена публічність процесу впровадження.

– Розширення нормативної бази організації шляхом включення до неї регламентів, що описують порядок виконання процедур автоматизованих процесів. В іншому випадку є небезпека виникнення неузгодженості між автоматизованими процедурами та іншими процесами організації.

– Виконання робіт з загальної стандартизації існуючої діяльності організації, коли виділяються кращі практики виконання процедур і включаються в ІТ рішення за принципом найбільшої корисності для більшості учасників. Відсоток таких процедур щодо загального обсягу автоматизації може бути невеликий, але це надає процесу побудови рішення вагу в організації за рахунок збільшення його необхідності.

Під час роботи над програмою було проведено тестування програмного забезпечення, тобто технічне дослідження, призначене для виявлення інформації про якість продукту відносно контексту, в якому воно має використовуватись.

Тестування включає як процес пошуку помилок або інших дефектів, так і випробування програмних складових з метою їх оцінки.

Проводилась оцінка:

- відповідності поставленим вимогам;
- правильна відповідь для усіх можливих вхідних даних;
- виконання функцій за прийнятний час;
- практичність;
- сумісність з ОС та стороннім ПЗ.

Оскільки число можливих тестів для програмних компонент практично нескінченне, тому стратегія тестування полягала в тому, щоб провести всі можливі тести з урахуванням наявного часу та ресурсів.

Як результат ПЗ тестувалось стандартним виконанням програми з метою виявлення помилок або інших дефектів.

Обрано умови розповсюдження – Freeware. Це власницьке програмне забезпечення, котре можна Безоплатно використовувати протягом необмеженого терміну без обмежень у функціональності, і поширюване без сирцевих кодів.

Автори такого програмного забезпечення, як правило, хочуть «дати щось спільноті», але хочуть також контролювати його подальшу розробку. Іноді, коли програмісти вирішують припинити розробку, вони передають сирцевий код іншим програмістам, або ж спільноті як вільне програмне забезпечення.

Дуже часто плутають поняття «безплатне програмне забезпечення» та «вільне програмне забезпечення», хоча вони суттєво відрізняються.

Безплатне програмне забезпечення можна безоплатно встановлювати та використовувати (іноді з певними обмеженнями, як, наприклад, «безплатне для домашнього або некомерційного вжитку»), в той час як вільне програмне забезпечення можна продавати за будь-яку суму, але при тому, у користувача, котрий його отримує, повинні бути права на вивчення, модифікацію та поширення сирцевих кодів одержаної програми.

6 ОСНОВНІ ВИСНОВКИ

Програмне забезпечення, створене в результаті виконання випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти, призначено для системи пошуку зображення за змістом за допомогою AR/VR/MR.

В межах України в недостатній мірі представлені вітчизняні розробки в цій області.

Рішення завдання полягало у вирішенні наступних задач:

- Був проведений огляд існуючих систем пошуку зображення за змістом за допомогою AR/VR/MR.

- Досліджена система пошуку зображення за змістом за допомогою AR/VR/MR.

- На основі отриманих результатів досліджень створена програмна реалізація системи пошуку зображення за змістом за допомогою AR/VR/MR.

Розроблені під час виконання випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти алгоритми дозволяють успішно вирішувати завдання пошуку зображення за змістом за допомогою AR/VR/MR.

Розроблене програмне забезпечення має простий, дружній та зручний інтерфейс користувача, що забезпечує легкість у освоєнні роботи програмного продукту, зручність у використанні, і не потребує особливих спеціальних знань.

При створенні програмного забезпечення було використано об'єктно-орієнтований підхід, що відповідає сучасним тенденціям у галузі розробки комерційних програмних систем.

Програма реалізована на мові високого рівня Visual C++. Дана мова програмування дозволяє найбільш ефективно обробляти дані призначені для системи пошуку зображення за змістом за допомогою AR/VR/MR. Це дозволило мінімізувати строк розробки програмного забезпечення, і, як слід, зменшити

					ВКРБ-122.26.0031.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

витрати на його розробку. Запропоноване програмне забезпечення ділиться на загальне програмне забезпечення, що поставляється із засобами обчислювальної техніки й спеціальне 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 10/11.

Даються необхідні рекомендації з установки розробленого програмного забезпечення.

Для підвищення рівня безпеки запропоновано застосовувати алгоритм NTRU.

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.

					ВКРБ-122.26.0031.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Aggarwal C.C. Neural Networks and Deep Learning: A Textbook 1st ed. 2018 Edition. – Springer, 2018. – 520 p
2. Aho A.V., Hopcroft J.E., Ullman J.D. Data Structures and Algorithms. – Pearson, 2001. – 620 c.
3. Brink H., Richards J., Fetherolf M. Real-World Machine Learning. – Manning, 2016. – 474 p.
4. Cormen T.H., Leiserson C.E., Rivest R.L., Stein C. Introduction to Algorithms, 3rd Edition (The MIT Press) 3rd Edition – The MIT Press, 2019. – 1292 p.
5. Fenner M. Machine Learning with Python for Everyone (Addison-Wesley Data & Analytics Series) 1st Edition, Kindle Edition. – Addison-Wesley Professional, 2019. – 586 p.
6. Foreman J.W. Data Smart: Using Data Science to Transform Information into Insight 1st Edition. – Wiley, 2013. – 432 p.
7. Hurbans R. Grokking Artificial Intelligence Algorithms. – Manning, 2020. – 631 p.
8. Gusfield D. Algorithms on Strings, Trees, and Sequences: Computer Science and Computational Biology 1st Edition. – Cambridge University Press, 2008. – 556 p.
9. Kotu V., Deshpande B. Data Science: Concepts and Practice. – Elsevier Science, 2018. – 953 p.
10. Knowledge Base A Complete Guide - 2021 Edition // The Art of Service - Knowledge Base Publishing, 2020. – 306 p.
11. Knuth D. The Art of Computer Programming, Vol. 1: Fundamental Algorithms, 3rd Edition 3rd Edition. – Addison-Wesley Professional, 2019. – 672 p.
12. Mattmann C. Machine Learning with TensorFlow, Second Edition. – Manning, 2020. – 1124 p.

					ВКРБ-122.26.0031.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

13. Mueller J.P., Massaron L. Machine Learning For Dummies. – Wiley, 2016. – 714 p.
14. Teofili T. Deep Learning for Search. – Manning, 2019. – 695 p.
15. Rungta K. TensorFlow in 1 Day: Make your own Neural Network. – Publishdrive, 2019. – 587 p.
16. Weidman S. Deep Learning from Scratch: Building with Python from First Principles. – O'Reilly. 2019. – 252 p.
17. Rajasekaran S., Vijayalakshmi Pai G.A. Neural networks, fuzzy logic, and genetic algorithms: synthesis and applications (with cd-rom) Kindle Edition. – PHI, 2013. – 628 p.
18. Вінтенко Б.Ю., Миронець І.В., Смірнов О.А. «Модель комп'ютерно-орієнтованої процедури системи підтримки оперативного персоналу АЕС». *IV Міжнародна науково-практична Інтернет-конференція «Інновації та перспективні шляхи розвитку інформаційних технологій (ІПШРІТ-2025)»* м.Черкаси 25 листопада 2025 року – Черкаси: ЧДТУ.– 2025. – С.101-103.
19. Kuznetsov O., Frontoni E., Kuznetsova Y., Chevardin V., Smirnov O. «Architectural foundations for adaptive security in edge computing systems». *Cybersecurity Defensive Walls in Edge Computing*, 2025. pp. 21-61.
20. Вінтенко, Б.Ю., Миронець, І.В., Смірнов, О.А., Коваленко, О.В., Усік, П.С., Буравченко, К.О., Лисенко, І.А. «Логіко-структурна модель комп'ютерно-орієнтованої процедури системи підтримки оперативного персоналу АЕС». *Кібербезпека: освіта, наука, техніка*. 2025. Том 2 № 30. С. 413-427, 2025.
21. Смірнова, Т.В. «Дослідження методів, моделей та сучасних ІТ-рішень для підтримки технологічних процесів у критичній інфраструктурі держави». *Кібербезпека: освіта, наука, техніка*. 2025. Том 2 № 30. С.195-208, 2025.
22. Усік, П.С., Смірнова, Т.В., Буравченко, К.О., Смірнов, О.А., Улічев, О.С., Смірнов, С.А. «Дослідження технологій забезпечення кібербезпеки

банківських систем з використанням штучного інтелекту». *Кібербезпека: освіта, наука, техніка*. 2025. Том 1 № 29. С.704–716, 2025

23. Kuznetsov, O., Frontoni, E., Kuznetsova, K., Arnesano, M., Smirnov, O. «A secure biometric authentication architecture for blockchain-driven cyber-physical systems». *Security and Privacy of Cyber Physical Systems Emerging Trends Technologies and Applications*, 2025, pp. 193–224.

24. Kuznetsov, O., Smirnov, O., Akhmetov, B., Alimseitova, Z., Imoize, A.L. «Deep Learning Frontiers in Copy-Move Forgery Detection: Advances, Challenges, and Future Directions». *Advancements in Cybersecurity Next Generation Systems and Applications*, 2025. 202-229.

25. Вінтенко Б., Смірнов О., Миронець І., Смірнова Т., Смірнов С. «Імітаційна модель шляхів вхідних даних комп'ютерної інтелектуальної системи підтримки оператора енергоблоку АЕС». *Комбінаторні конфігурації та їхні застосування: Матеріали XXVII Міжнародного науково-практичного семінару, присвяченого 125-річчю Національного університету «Запорізька політехніка» (Запоріжжя-Кропивницький-Київ, 4-6 червня 2025 р.)*. Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2025. С.82-91.

26. Al-Azzeh, J., Ayyoub, B., Mesleh, A., Smirnova, T., Gnatyuk, S., Drieiev, O., Smirnov, O., Dorenskyi, O. «Cloud-Based Information System for Evaluating Caverns in the Process of Blasting Metal Surfaces of Details». *International Review on Modelling and Simulations* 18 (1), 2025. pp. 32-42.

27. Вінтенко Б.Ю., Смірнов О.А., Миронець І.В., Смірнова Т.В., Коваленко О.В., Мацуй А.М. «Модель шляхів отримання вхідних даних комп'ютерної інтелектуальної системи підтримки оперативного персоналу АЕС». *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*. 2025. Вип. 11(42), ч. II. С.52-62.

28. Вінтенко Б.Ю., Смірнов О.А., Миронець І.В., Смірнова Т.В. «Методи забезпечення відмовостійкості інтелектуальних систем підтримки оператора». *VIII міжнародна науково-практична конференція “Інформаційна*

безпека та комп'ютерні технології”, м. Кропивницький. 24-25 квітня 2025 р. – Кропивницький: ЦНТУ. – 2025. – С. 44-46.

29. Смірнов, О.А., Константинова, Л.В., Коноплицька-Слободенюк, О.К., Козірова, Н.В, Якименко, Н.М., Доренський, О.П., Буравченко, К.О. «Дослідження інструментів штучного інтелекту для роботи з базами даних та аналізу даних». *Кибербезпека: освіта, наука, техніка*. 2025. №3(27), С. 429–448.

30. Lakhno, V., Malyukov, V., Smirnov, O., Bebeshko, B., Chubaievskiy, V., Zhumadilova, M., Malyukova, I., Smirnov, S. «Multifactorial Model for Targeted Attacks Counteracting Within the Framework of a Multi-Step Quality Game with Fuzzy Information». *8th International Symposium on Intelligent Informatics, ISI 2023*, 2025. vol 389. pp 377-389. Springer, Singapore.

31. Smirnov O., Fedorov E., Neskoriy A., Neskoriy T. «Intellectual Classification method of Gymnastic Elements Based on Combinations of Descriptive and Generative Approache». *CEUR Workshop Proceedings Volume 3664*, 2024, Pages 11-23.

32. Kuznetsov, O., Kryvinska, N., Ilchenko, O., Smirnova, T., Ulianovska, Y. «Comparative Analysis of Cryptocurrency Trading Platforms Using the Analytic Hierarchy Process». *CEUR Workshop Proceedings*, 2023, 3628, pp. 106-115.

33. Malyukov V., Bebeshko B., Lakhno V., Smirnov O., Malyukova I., Mohylnyi H. «Managing the Purchase-Sale Process of Digital Currencies Under Fuzzy Conditions». *Lecture Notes in Networks and Systems*, 2023, 729 LNNS, pp. 104–112.

34. Al-Mudhafar Aqeel, A.M., Smirnova, T., Buravchenko, K., Smirnov, O. «The method of assessing and improving the user experience of subscribers in software-configured networks based on the use of machine learning». *Advanced Information Systems*, 2023, 7(2), pp. 49-56.

35. Smirnov, O., Sydorenko, V., Aleksander, M., Zhyharevych, O., Yenchov, S. «Simulation of the cloud IoT-based monitoring system for critical infrastructures». *CEUR Workshop Proceedings*, Volume 3530, 2023, pp. 256-265.

36. Аль-Мудхафар Акіл Абдулхуссейн М., Смірнова Т.В., Буравченко К.О., Смірнов О.А. «Метод оцінки та підвищення користувацького досвіду абонентів в програмно-конфігурованих мережах на основі використання машинного навчання». Сучасні інформаційні системи, 2023, том 7, № 2, С. 49-56.
37. Smirnov, O., Karapetyan, A., Fedorov, E., «Creating Neural Network and Single Solution Human-Based Metaheuristic Methods of Solving the Traveling Salesman Problem». CEUR Workshop Proceedings, Volume 3312, 2022, pp. 47-58.
38. Smirnov, O., Neskrodieva, T., Fedorov, E., Rudakov, K., Neskrodieva, A. «Method Detection Audit Data Anomalies on Basis Restricted Cauchy Machine» CEUR Workshop Proceedings, Volume 3187, 2022, pp. 1-12.
39. Smirnov O., Smirnova T., Anas M. Al-Oraiqat, Drieiev O., Polishchuk L., Sheroz Khan, Yassin M. Y. Hasan, Aladdein M. Amro, Hazim S. AlRawashdeh «Method for Determining Treated Metal Surface Quality Using Computer Vision Technology». Sensors (Basel, Switzerland) Volume 22, Issue 16, 6223, 2022.
40. Smirnov, O., Lakhno, V., Akhmetov, B., Chubaievskyi, V., Khorolska, K., Bebesko, B. «Selection of a Rational Composition of Information Protection Means Using a Genetic Algorithm». In: Rajakumar, G., Du, KL., Vuppapalapati, C., Beligiannis, G.N. (eds) Intelligent Communication Technologies and Virtual Mobile Networks. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies, vol 131. 2023. Springer, Singapore. pp. 21-34.
41. Kuznetsov, A., Oleshko, I., Chernov, K., Bagmut, M., Smirnova, T. «Biometric authentication using convolutional neural networks». Lecture Notes in Networks and Systems. Volume 152, 2021, Pages 85-98.
42. Smirnov O., Kuznetsov A., Kryvinska N., Kiian A., Kuznetsova K. «Full Non-Binary Constant-Weight Codes». SN Computer Science, Vol 2, 337, 2021. <https://doi.org/10.1007/s42979-021-00739-w>.
43. Smirnov O., Neskrodieva T., Fedorov E., Rymar P. «Neural Network Modeling Method of Transformations Data of Audit Production with Returnable Waste». CEUR Workshop Proceedings Volume 3101, 2021, Pages 192-207.

44. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Potii, O., Poluyanenko, N., Stelnyk, I., Mialkovsky, D. «Combining and filtering functions in the framework of nonlinear-feedback shift register». International Journal of Computing; 2020, Volume 19, Issue 2 – Research Institute for Intelligent Computer Systems – 2020. – P. 247-256.

45. Smirnov O., Kuznetsov A., Kiian A., Kuznetsova T. «Non-binary constant weight coding technique». CEUR Workshop Proceedings. Volume 2740, 2020, Pages 102-114.

46. Smirnov O., Kuznetsov A., Kiian A., Cherep A., Kanabekova M., Chepurko I. «Testing of code-based pseudorandom number generators for post-quantum application». 2020 IEEE 11th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT), Ukraine, Kyiv, May 14-18. 2020. P. 172-177.

47. Smirnov O., Kuznetsov A., Pushkar'ov A., Serhiienko R., Babenko V., Kuznetsova T., «Representation of Cascade Codes in the Frequency Domain». In: Radivilova T., Ageyev D., Kryvinska N. (eds) Data-Centric Business and Applications. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies, vol 48. Springer, Cham. 2021. pp 557-587.

48. Smirnov, O., Drieieva, H., Drieiev, O., Polishchuk, Y., Brzhanov, R., Aleksander, M. «Method of fractal traffic generation by a model of generator on the graph». CEUR Workshop Proceedings Volume 2616, 2020, Pages 366-379.

49. Smirnov, O., Drieieva, H., Drieiev, O., Simakhin, V., Bondar, S., Odarchenko, R. «Managing multifractal properties of the binary sequence generated with the Markov chains», CEUR Workshop Proceedings Volume 2608, 2020, Pages 633-645.

50. Smirnov O. Kuznetsov A., Zaichenko Yu., Pastukhov M., Oleshko O., Kuznetsova K., «Formation of Discrete Signals with Special Correlation Properties». International Conference on Information and Telecommunication Technologies and Radio Electronics, UkrMiCo 2019; Odessa; Ukraine; 9-13 September 2019. P.22-28.