

Хмельницький національний університет  
Факультет інформаційних технологій  
Кафедра комп'ютерної інженерії та інформаційних систем

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавр  
Освітній рівень

Програмно-апаратний засіб для підбору засобів декоративної косметики  
Назва теми

КвРКІ 210245.21.02.50 ПЗ  
Шифр

Галузь знань 12 «Інформаційні технології»

Шифр, назва

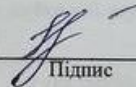
Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»

Шифр, назва

Освітня програма «Комп'ютерна інженерія та програмування»

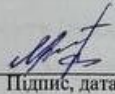
Назва

Виконав: студент IV курсу, група K12-21-2

  
Підпис

Яна ОСТЯК  
Ім'я, прізвище

Керівник

  
Підпис, дата

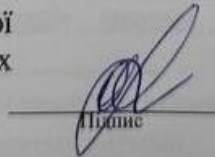
Марія КАПУСТЯН  
Ім'я, прізвище

Нормоконтролер

  
Підпис, дата

Тетяна КИСЛЬ  
Ім'я, прізвище

До захисту допускаю:  
зав. кафедри комп'ютерної  
інженерії та інформаційних  
систем

  
Підпис

Ольга ПАВЛОВА  
Ім'я, прізвище

«16» червня 2025 р.

Хмельницький 2025

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
Кафедра КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ  
Освітній рівень БАКАЛАВР  
Галузь знань 12 ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ  
Спеціальність 123 КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ  
Освітня програма «КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри Ольга ПАВЛОВА

“ 10 ” 01 2025 р.

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА**

Яні ОСТЯК

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема проекту (роботи) Програмно-апаратний засіб для підбору засобів декоративної косметики

Керівник проекту (роботи) Марія КАПУСТЯН, к.т.н., доцент.

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджена наказом ректора університету від 07.02.2025 р. № 23

2. Строк подання студентом проекту (роботи) на кафедру 01.06.2025 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Завдання на кваліфікаційну роботу

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

Програмно-апаратна система для підбору засобів декоративної косметики під зовнішність клієнта та постановка задачі щодо її створення

Проектування програмно-апаратної системи та підсистем інтелектуального підбору косметичних засобів. Створення алгоритму системи

Програмно-апаратна реалізація системи підбору засобів декоративної косметики

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

Архітектура програмно-апаратної системи

Дизайн програмно-апаратної системи

Функції та завдання програмно-апаратної системи

6. Консультанти розділів дипломного проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Нормоконтроль	Тетяна КИСІЛЬ, доцент кафедри КПС		
Антиплагіат	Андрій НІЧЕПОРУК, доцент кафедри КПС		

7. Дата видачі завдання

« 10 » 01 2025 р.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№з/п	Назва етапів (розділів) дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Вибір напрямку дослідження та узгодження тематики кваліфікаційної роботи з керівником	10.01.2025	виконано
2	Ознайомлення з предметною областю; формулювання мети та задач дослідження; визначення об'єкта та предмета дослідження	01.02.2025	виконано
3	Робота над розділом 1 – аналіз предметної області та постановка задачі	01.03.2025	виконано
4	Робота над розділом 2 – визначення апаратних та програмних підсистем, опис додаткових функцій	03.04.2025	виконано
5	Робота над розділом 3 – проєктування програмно-апаратної системи інтелектуального підбору косметичних засобів	27.04.2025	виконано
6	Оформлення пояснювальної записки згідно вимог	25.05.2025	виконано
7	Попередній захист ВКР	26.05.2025	виконано
8	Захист ВКР на засіданні ЕК	Червень 2025 року	

Студент

Підпис

Яна ОСТЯК  
Ім'я, прізвище

Керівник роботи

Підпис

Марія КАПУСТЯН  
Ім'я, прізвище

№ р я д к а	ф о р м а т	Позначення	Найменування	К і л · л и с т і в	№ ек з	П р и м і т к а
			<u>Текстові документи</u>			
1		КвРКІ 210245.21.02.50 ПЗ	Пояснювальна записка	55		
			<u>Графічні матеріали</u>			
2		КвРКІ 210245.21.02.50 Е8	Архітектура програмно-апаратної системи	1		
3		КвРКІ 210245.21.02.50 Е8	Дизайн програмно-апаратної системи	1		
4		КвРКІ 210245.21.02.50 Е8	Функції та завдання програмно-апаратної системи	1		
КвРКІ 210245.21.02.50 ВП						
Зм	Арж	№ докум	Підпис	Дата	Відомість проекту	
Розробив		Остяк			Літера	Аркуш
Перевір.		Капустян			У	1
Н. контр.		Кисіль		19.06.14	ХНУ, КІ2-21-2	
Затв.		Павлова		19.06.14		

## АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Програмно-апаратний засіб для підбору засобів декоративної косметики».

Автор роботи: Яна ОСТЯК.

Керівник роботи: Капустян Марія Вікторівна.

Пояснювальна записка: 55 с., 9 рис., 3 табл., 4 дод., 50 джерел.

Графічна частина: 3 креслення.

КОСМЕТИКА, ПРОГРАМНО-АПАРАТНА СИСТЕМА, АНАЛІЗ ОБЛИЧЧЯ, ДОПОВНЕНА РЕАЛЬНІСТЬ, МОБІЛЬНИЙ ДОДАТОК.

Метою дипломної роботи є розробка програмно-апаратного засобу для інтелектуального підбору декоративної косметики на основі аналізу зображення обличчя користувача, визначення умов ефективного захоплення та обробки даних, а також створення рекомендацій з урахуванням індивідуальних особливостей зовнішності.

Об'єктом дослідження є процес виявлення, аналізу та обробки зовнішніх ознак обличчя з метою формування персоналізованих косметичних рекомендацій.

Предметом дослідження є методи та засоби реалізації програмного аналізу зображення, фільтрації акцентів макіяжу, формування рекомендацій, а також взаємодії користувача з інтерфейсом програмно-апаратного комплексу.

Під час проведення даного дослідження був використаний метод систематичного огляду літератури для вивчення і аналізу предметної області даного дослідження з текстових джерел інформації.

  
Підпис студента

30.05.2025

Дата

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	4
<b>1 ПРОГРАМНО-АПАРАТНА СИСТЕМА ДЛЯ ПІДБОРУ ЗАСОБІВ ДЕКОРАТИВНОЇ КОСМЕТИКИ ПІД ЗОВНІШНІСТЬ КЛІЄНТА ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ЩОДО ЇЇ СТВОРЕННЯ</b> .....	5
1.1 Аналіз предметної області і виявлення наявних проблем і завдань програмно-апаратної системи .....	5
1.2 Порівняльний аналіз переваг та недоліків наявного програмно- апаратного забезпечення для підбору косметичних засобів.....	8
1.3 Постановка задачі .....	14
1.4 Висновки до першого розділу .....	15
<b>2 ПРОЄКТУВАННЯ ПРОГРАМНО-АПАРАТНОЇ СИСТЕМИ ТА ПІДСИСТЕМ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО ПІДБОРУ КОСМЕТИЧНИХ ЗАСОБІВ . СТВОРЕННЯ АЛГОРИТМУ СИСТЕМИ</b> .....	16
2.1 Алгоритм роботи програмно-апаратного засобу.....	16
2.2 Визначення апаратних та програмних підсистем.....	23
2.3 Реалізація додаткових функцій у нових версіях програмно-апаратної системи .....	34
2.4 Висновки до другого розділу.....	37
<b>3 ПРОГРАМНО-АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ПІДБОРУ ЗАСОБІВ ДЕКОРАТИВНОЇ КОСМЕТИКИ</b> .....	39
3.1 Опис реалізації програмного модулю захоплення зображення програмно-апаратного пристрою .....	39
3.2 Опис реалізації програмного модулю освітлення програмно- апаратного пристрою .....	44
3.3 Опис реалізації програмного модулю аналізу обличчя.....	48
3.4 Опис реалізації програмного модулю фільтрації акцентів та виду макіяжу .....	49
3.5. Опис реалізації програмного модулю рекомендації .....	51

				КвРКІ.210245.21.02.50 ПЗ			
Зм.	Арк.	Молокум.	Підпис	Дата	Літера	Аркуш	Аркушів
Виконав		Яна ОСТЯК			y	2	65
Перевір.		Марія КАПУСТЯК					
Н.контр.		Гегяна КИСІЛЬ		19.08.21			
Затвер.		Ольга ПАВЛОВА		19.08.21			
Програмно-апаратний засіб для підбору засобів декоративної косметики. Пояснювальна записка					ХНУ КІ2-21-2		

3.6. Інтерфейс програмно-апаратного засобу для підбору засобів декоративної косметики .....	52
3.7. Висновки до третього розділу.....	55
<b>ВИСНОВКИ</b> .....	58
<b>ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ</b> .....	60
<b>ДОДАТОК А</b> .....	66
<b>ДОДАТОК Б</b> .....	67
<b>ДОДАТОК В</b> .....	68
<b>ДОДАТОК Г</b> .....	69

## ВСТУП

У сучасному світі стрімко зростає попит на персоналізовані технології, які здатні адаптуватися до індивідуальних потреб користувачів. Однією з перспективних галузей є інтелектуальні рекомендаційні системи у сфері краси та догляду за зовнішністю. Поєднання комп'ютерного зору, машинного навчання та фізичних пристроїв створює підґрунтя для розробки програмно-апаратних систем нового покоління.

Одним із актуальних завдань є створення системи, яка здатна автоматично визначати зовнішні характеристики користувача (такі як тон шкіри, колір очей, форма обличчя тощо) та на основі цього підбирати відповідні косметичні засоби. Така система не лише покращує досвід користувача, а й сприяє більш раціональному вибору продукції, зменшуючи ймовірність невдалих покупок.

У даній роботі розглядається процес розробки програмно-апаратної системи, яка поєднує засоби аналізу зображень із камери, алгоритми обробки даних та механізм рекомендацій косметики. Система включає програмний модуль, що виконує розпізнавання обличчя та аналіз зовнішності, а також апаратну частину, яка може забезпечувати додаткові функції, зокрема взаємодію з фізичними елементами.

Метою дипломної роботи є створення прототипу програмно-апаратної системи, що забезпечує персоналізований підбір косметичних засобів на основі візуальних ознак користувача. У ході дослідження будуть використані сучасні технології комп'ютерного зору, методи машинного навчання, а також засоби для розробки графічного інтерфейсу та взаємодії з фізичними пристроями.

					КвРКІ.210245.21.02.50 ПЗ	Арк.
						4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# ПРОГРАМНО-АПАРАТНА СИСТЕМА ДЛЯ ПІДБОРУ ЗАСОБІВ ДЕКОРАТИВНОЇ КОСМЕТИКИ ПІД ЗОВНІШНІСТЬ КЛІЄНТА ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ЩОДО ЇЇ СТВОРЕННЯ

1.1 Аналіз предметної області і виявлення наявних проблем і завдань програмно-апаратної системи

Програмно-апаратний засіб – це система, яка поєднує як апаратні (фізичні), так і програмні (логічні) компоненти для виконання певних функцій або завдань. Іншими словами, це пристрій чи комплекс, в якому апаратна частина (наприклад, мікроконтролер, процесор, датчики) взаємодіє з програмним забезпеченням (наприклад, прошивкою або додатками), щоб забезпечити повноцінну роботу.

Програмно-апаратні засоби почали з'являтися у другій половині ХХ століття, коли стали активно розвиватися електроніка та обчислювальна техніка.

Програмно-апаратні засоби для підбору косметики – це сучасні інтелектуальні системи, які поєднують камери, датчики та програмне забезпечення з метою аналізу обличчя та надання персоналізованих рекомендацій щодо косметичних продуктів. Вони активно використовуються в роздрібній торгівлі, салонах краси та онлайн-магазинах.

Основними компонентами апаратної частини є:

- 1) камера високої якості для зйомки обличчя в реальному часі;
- 2) сенсорний екран або дзеркало з дисплеєм для взаємодії з користувачем;
- 3) процесорний блок для обробки відео, запуску програм та зберігання даних;
- 4) додаткові сенсори, які можуть використовуватися для визначення типу шкіри, вологості, температури тощо.

Також можна виділити компоненти для програмної системи, а саме:

- 1) програмне забезпечення для розпізнавання обличчя;
- 2) AR/VR технології, тобто доповнена реальність для віртуального макіяжу;

					КвРКІ.210245.21.02.50 ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 3) алгоритми машинного навчання для індивідуального підбору кольорів, тонів, текстур;
- 4) бази даних косметичних засобів: із описами, відтінками, рекомендаціями;
- 5) інтерфейс користувача, часто адаптований під бренд.

Варто зазначити, що можливостями даної програмно-апаратної системи є віртуальна примірка макіяжу, аналіз зовнішності користувача, рекомендації на основі стилю, відгуки косметичних засобів та інтеграція з мобільними додатками чи електронною комерцією.

У сучасному світі індустрія краси активно трансформується під впливом цифрових технологій. Підбір косметичних засобів за зовнішністю клієнта – складний і водночас критично важливий процес як для індивідуального користувача, так і для професіоналів (візажистів, консультантів у магазинах косметики). Потреба в персоналізованому підході до підбору засобів зумовлена як широким асортиментом продукції на ринку, так і індивідуальними особливостями зовнішності, стилю та уподобань клієнтів.

Традиційно процес вибору косметики базується на консультації з фахівцем або самостійному експериментальному підборі, що часто призводить до незадоволення результатами, додаткових витрат та, у деяких випадках, алергічних реакцій. Такі труднощі викликають потребу в автоматизованих інтелектуальних системах, які б могли точно і швидко аналізувати зовнішність людини та рекомендувати відповідні продукти.

Основними проблемами предметні області є:

- суб'єктивність вибору – навіть досвідчені консультанти можуть помилятися при оцінці відтінку шкіри, тону обличчя чи особливостей структури обличчя;
- надмірна кількість пропозицій;
- користувачі не мають змоги самостійно проаналізувати весь ринок косметичних засобів, щоб обрати ідеальний варіант;

					КВРКІ.210245.21.02.50 ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– відсутність систематичного підходу до персоналізації – більшість сервісів у сфері краси надають поради загального характеру без глибокого аналізу зовнішніх параметрів;

– недоступність професійної консультації онлайн – особливо для користувачів з невеликих населених пунктів.

Усе це створює передумови для розробки програмно-апаратної системи, яка інтегрує можливості комп'ютерного зору, баз даних та штучного інтелекту. Такі системи здатні здійснювати зчитування зображення обличчя, визначати тип шкіри, колір очей, волосся, тон шкіри та інші візуальні параметри, після чого пропонувати набір відповідної косметики (тональні засоби, помада, рум'яна, тіні тощо).

З усієї інформації можемо сформулювати завдання та їх функції, які постають при розробці програмно-апаратної системи для підбору косметичних засобів (табл.1.1).

Таблиця 1.1 – Функції та завдання програмно-апаратної системи для підбору косметичних засобів

1.	Збір зображення обличчя користувача	<ul style="list-style-type: none"><li>– захоплення фото та відео з камери;</li><li>– завантаження зображень з пристрою;</li></ul>
2.	Визначення ключових зовнішніх параметрів	<ul style="list-style-type: none"><li>– аналіз тону шкіри, типу шкіри, кольору очей, волосся, форми обличчя з використанням комп'ютерного зору</li></ul>
3.	Попередня обробка даних	<ul style="list-style-type: none"><li>– фільтрація;</li><li>– нормалізація зображення;</li><li>– виділення обличчя;</li><li>– усунення шуму;</li><li>– вимога хорошого освітлення</li></ul>

Кінець таблиці 1.1

4.	Формування рекомендацій на основі зовнішності	<ul style="list-style-type: none"> <li>– вибір косметичних продуктів за заданими ознаками користувача з бази знань або бази товарів;</li> <li>– вибір стилю користувачем;</li> <li>– вибір акценту на окремі частини обличчя</li> </ul>
5.	Персоналізація рекомендацій	<ul style="list-style-type: none"> <li>– врахування вподобань по категорії бренд;</li> <li>– врахування вподобань по категорії бюджет</li> </ul>
6.	Вивід результатів у зручному форматі	<ul style="list-style-type: none"> <li>– фото до/після;</li> <li>– список підібраних продуктів;</li> <li>– кнопки «додати до кошика», «зберегти», «порівняти»</li> </ul>
7.	Інтеграція з платформами продажу	<ul style="list-style-type: none"> <li>– API-зв'язок з інтернет-магазинами для актуальної інформації про ціни, наявність, відгуки;</li> <li>– зворотній зв'язок</li> </ul>
8.	Можливість повторного аналізу	– збереження історії користувача для повторного звернення або порівняння результатів
9.	Забезпечення безпеки персональних даних користувача	– шифрування зображень, збереження локально або за згодою користувача

1.2 Порівняльний аналіз переваг та недоліків наявного програмно-апаратного забезпечення для підбору косметичних засобів

Ідея створення машин або пристроїв, які підбирають косметику під індивідуальні особливості людини, виникла як відповідь на зростаючий попит на

персоналізацію в б'юті-індустрії. У час, коли більшість покупок почали переходити в онлайн, виникла проблема – як обрати засіб, не маючи можливості протестувати його фізично? Саме тоді з'явилися перші ідеї про віртуальні примірки й аналіз зовнішності за допомогою камери.

Одним із піонерів став професор Пархам Аарабі, який у 2006 році заснував компанію ModiFace. Він запропонував використовувати комп'ютерне бачення для розпізнавання рис обличчя і накладення макіяжу у віртуальному режимі. Згодом цю технологію придбав косметичний гігант L'Oréal, відкривши їй шлях у масовий ринок.

Наприклад, у мережі магазинів Eva впроваджено інтерактивного робота-консультанта, який допомагає підібрати косметику за типом шкіри, кольором обличчя, уподобаннями тощо (рис. 1.1). Це одна з форм практичної реалізації кіберфізичних систем у beauty-індустрії.

Цей робот зазвичай працює за допомогою сенсорного екрану або голосового управління; аналізу відповіді користувача на запитання (тип шкіри, очікуваний ефект, бренд тощо); у деяких випадках – камери для аналізу обличчя.



Рисунок 1.1 – Фото використання інтелектуального робота-консультанта в магазині косметики EVA [40]

Також ця програмно-апаратна система застосовується у програмі ModiFace (рис.1.2) – це система доповненої реальності, яка дозволяє віртуально приміряти косметику через камеру. Вона аналізує риси обличчя, стан шкіри і пропонує індивідуальні продукти. Використовується у магазинах L’Oréal, Sephora, на сайтах і в додатках. Це зручний і точний інструмент для підбору макіяжу без фізичного тестування.

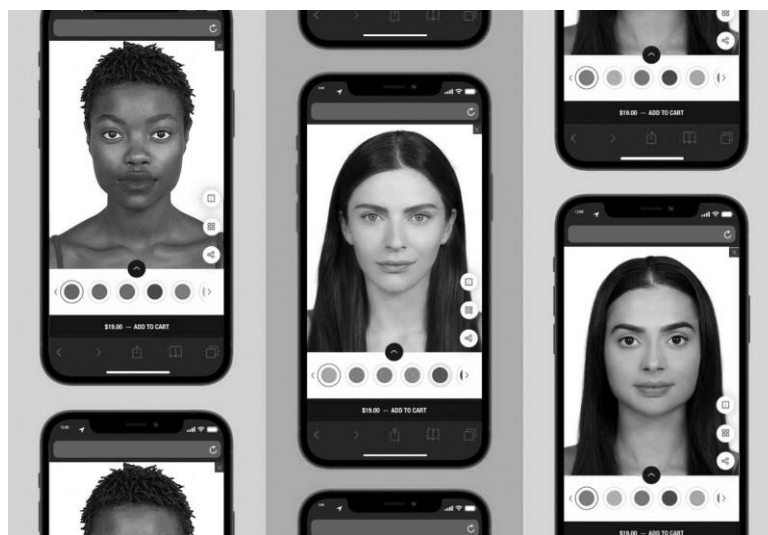


Рисунок 1.2 – Рекламна кампанія додатку ModiFace [41]

Паралельно з цим з’явилися ідеї смарт-дзеркал, таких як HiMirror, які могли не лише показувати відображення, а й аналізувати стан шкіри, будувати звіти, давати рекомендації. Це стало новим кроком у розвитку домашнього догляду – поєднанням науки, технологій та щоденної рутини.

HiMirror (рис.1.3) – це “розумне дзеркало”, створене для аналізу шкіри та персоналізованого догляду. Воно використовує вбудовану камеру й алгоритми комп’ютерного зору, щоб визначити стан шкіри: зморшки, пігментацію, акне, зволоженість та пори. Після аналізу воно дає поради щодо догляду та рекомендує відповідні косметичні засоби.

Дзеркало також дозволяє відстежувати зміни шкіри з часом, порівнюючи фото і будуючи динаміку. HiMirror має інтеграцію з базами популярних брендів, Wi-Fi, голосове управління, і навіть функцію освітлення для візуалізації макіяжу.

Це приклад сучасного пристрою для домашнього використання, який поєднує догляд, штучний інтелект і технології зручності.



Рисунок 1.3 – Розумне дзеркало HiMirror [42]

Компанія Mink створила принтер, що друкує індивідуальні тіні для повік, губну помаду чи навіть нігті. Користувач обирає відтінок на екрані – і одразу отримує фізичний продукт.

Краса та технології вже давно перестали бути окремими сферами. Сьогодні ми спостерігаємо стрімку інтеграцію штучного інтелекту, комп'ютерного зору, доповненої реальності та персоналізованих даних у косметичну індустрію.

Це призвело до появи нової ери індивідуального підходу до краси, де кожен може отримати засіб, створений саме для нього: за особливостями шкіри, кольоротипом, навіть генетикою.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КВРКІ.210245.21.02.50 ПЗ

Арк.  
11

Такі системи, як ModiFace, HiMirror, ДНК-аналітика чи 3D-друк косметики – це не просто інновації заради інновацій. Вони вирішують реальні проблеми користувачів: невпевненість у виборі, брак часу, страх експериментів.

Усе це свідчить про те, що програмно-апаратні системи в beauty-індустрії – це вже не майбутнє, а сьогодення. І саме вони задають нові стандарти зручності, точності та персоналізації.

Попри всі інновації та переваги, навіть найрозумніші системи не позбавлені своїх обмежень. Програмно-апаратний підбір косметики – це технологія, яка здається досконалою на перший погляд: швидка, точна, індивідуальна. Але має свої переваги та недоліки. Нижче наведено перелік основних переваг програмно-апаратної системи для інтелектуального підбору косметичних засобів за зовнішніми ознаками користувача (табл.1.2).

Таблиця 1.2 – Перелік та значення основних переваг програмно-апаратної системи для інтелектуального підбору косметичних засобів за зовнішністю користувача

1.	Персоналізація	Система враховує унікальні риси обличчя, кольоротип, вік, навіть міміку, і на основі цього пропонує індивідуальні рекомендації. Це значно підвищує точність підбору засобів
2.	Зручність та швидкість	Система автоматично аналізує зовнішність і в пропонує готове рішення, користувачу не потрібно вручну здійснювати пошук
3.	Мінімізація людського фактора	Відсутність суб'єктивних порад консультантів або помилок через недосвідченість. Рішення ґрунтується на алгоритмах, аналітиці та об'єктивних даних



Крім того, варто зазначити, що жодна система, навіть з використанням алгоритмів штучного інтелекту, не може повністю врахувати емоційний компонент вибору. Суб'єктивні смаки, індивідуальний стиль, бажання експериментувати – все це залишається поза межами математичних моделей.

Отже, хоча програмно-апаратні системи демонструють значний потенціал у сфері персоналізованого підбору косметичних засобів, їх впровадження потребує ретельного технічного опрацювання, етичного підходу до збирання даних і гнучкості в адаптації до індивідуальних потреб користувача.

### 1.3 Постановка задачі

У процесі розробки програмно-апаратної системи для інтелектуального підбору косметичних засобів одним із ключових завдань є вибір ефективних методів аналізу зовнішності користувача та механізму генерації персоналізованих рекомендацій.

Першим етапом є комп'ютерне розпізнавання обличчя. У якості інструментів можуть використовуватись алгоритми машинного зору, зокрема Haar Cascades, Dlib або глибокі нейронні мережі на основі архітектур CNN (Convolutional Neural Networks), які забезпечують точне визначення рис обличчя, кольору шкіри, типу шкіри, а також основних пропорцій. Для цієї задачі доцільно застосовувати бібліотеки OpenCV, MediaPipe або Face Recognition API.

На основі зібраних даних здійснюється класифікація користувача за певними ознаками, що впливають на вибір косметичних засобів: тон шкіри, форма обличчя, колір очей та волосся. Класифікація може реалізовуватись за допомогою алгоритмів машинного навчання, таких як K-Nearest Neighbors, Decision Trees або нейронні мережі.

Наступним кроком є застосування рекомендаційної системи, яка, спираючись на аналіз зовнішності та наявну базу даних косметичних продуктів, пропонує найбільш відповідні засоби.

					КВРКІ.210245.21.02.50 ПЗ	Арк. 14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Також важливим підходом є інтеграція доповненої реальності (AR), що дозволяє візуалізувати результат – накласти макіяж у режимі реального часу. Це забезпечує інтерактивність і підвищує довіру до рекомендацій системи.

Таким чином, ефективне вирішення задачі вимагає міждисциплінарного підходу, який поєднує технології комп'ютерного зору, машинного навчання, обробки зображень, рекомендаційних систем та елементів AR для створення зручного, інформативного та персоналізованого продукту для користувача.

#### 1.4 Висновки до першого розділу

У межах першого розділу було проведено аналіз структурних та функціональних особливостей програмно-апаратної системи інтелектуального підбору косметичних засобів, здійснено розгляд програмно-апаратного забезпечення для обробки візуальної інформації з метою персоналізованого визначення зовнішніх характеристик користувача. Окрему увагу приділено постановці задачі розпізнавання та класифікації зовнішніх ознак обличчя, а також оцінці ефективності існуючих механізмів аналізу зображень. Крім того, розглянуто сучасні приклади реалізації подібних систем у косметичній сфері, визначено їх переваги, недоліки та проведено умовну класифікацію підходів до вирішення задачі.

					КВРКІ.210245.21.02.50 ПЗ	Арк. 15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# ПРОЄКТУВАННЯ ПРОГРАМНО-АПАРАТНОЇ СИСТЕМИ ТА ПІДСИСТЕМ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО ПІДБОРУ КОСМЕТИЧНИХ ЗАСОБІВ . СТВОРЕННЯ АЛГОРИТМУ СИСТЕМИ

## 2.1 Алгоритм роботи програмно-апаратного засобу

У межах функціонування програмно-апаратної системи персоналізованого підбору косметичних засобів важливим є забезпечення точного збору вхідних даних, їх коректної обробки та формування індивідуальних рекомендацій. Програмно-апаратна структура такого засобу повинна забезпечувати стабільну роботу зображувального модуля, оптимальне освітлення, модуль інтерпретації зовнішності користувача (аналіз тону шкіри, форми обличчя, колірних характеристик тощо), а також модуль зіставлення параметрів із базою косметичних продуктів.

Алгоритм роботи системи (рис. 2.1.) реалізує ланцюжок взаємозалежних процесів, починаючи від ініціалізації апаратних компонентів (камери, підсвітки), зчитування зображення користувача, виконання алгоритмів комп'ютерного зору, закінчуючи побудовою рекомендаційного списку з урахуванням користувацьких параметрів та вподобань. Такий підхід забезпечує масштабованість, адаптивність і практичну ефективність системи в реальних умовах її експлуатації.

Крім основних етапів, алгоритм може бути доповнений блоками фільтрації зображення для зменшення шумів, нормалізації освітлення та корекції перспективи. Для підвищення точності аналізу зовнішності застосовуються каскадні алгоритми розпізнавання обличчя та сегментації шкірних ділянок. Також передбачена перевірка цілісності отриманих даних і повторне зчитування зображення у разі виявлення помилок. Алгоритм завершується ранжуванням рекомендованих засобів за заданими критеріями.

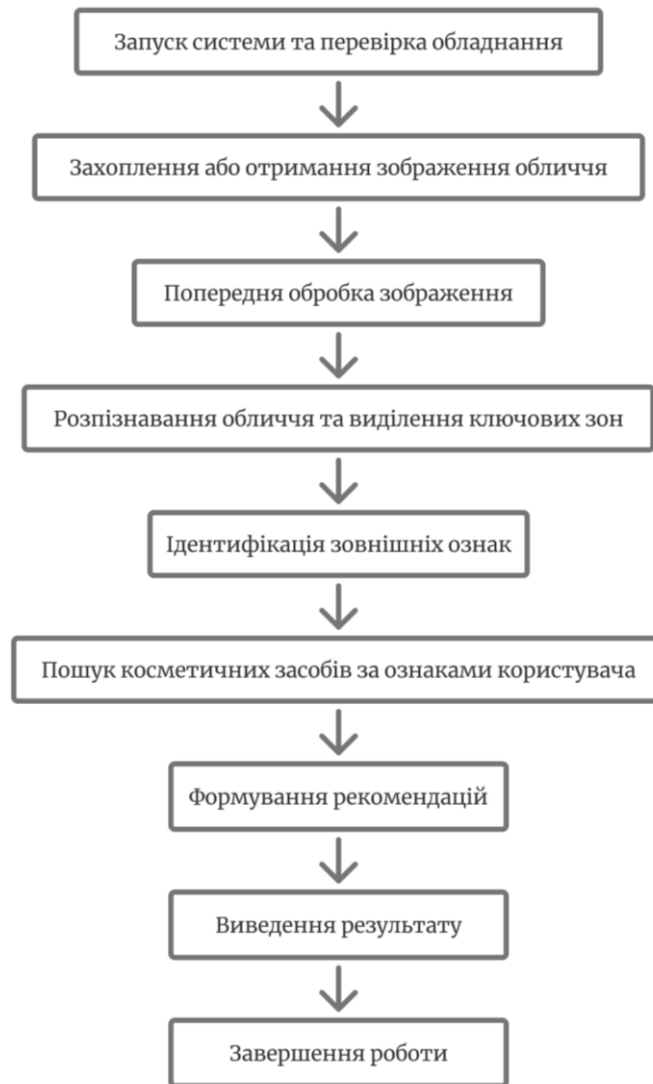


Рисунок 2.1 – Алгоритм роботи системи підбору косметичних засобів

Якщо реалізувати поглиблено, процес запуску програмно-апаратного засобу інтелектуального підбору косметичних засобів та ініціалізація обладнання забезпечує активацію основних модулів і підготовку апаратної частини до подальшої роботи. Після запуску програмного середовища відбувається перевірка наявності підключеної камери для захоплення зображення, а також стану освітлювального модуля. У випадку наявності декількох джерел зображення система здійснює автоматичний вибір найбільш оптимального або пропонує користувачу обрати пристрій вручну.

На цьому етапі виконується завантаження конфігураційних параметрів: встановлюється бажана роздільна здатність, частота кадрів, баланс білого, експозиція тощо. У разі використання автоматизованого освітлення ініціалізується модуль контролю яскравості, який забезпечує стабільні умови для зйомки навіть у випадку недостатнього природного освітлення. Якщо система функціонує на основі апаратного прискорення, активуються відповідні драйвери для обробки зображень за допомогою GPU.

У разі успішного завершення етапу ініціалізації система переходить до наступного кроку – захоплення зображення обличчя користувача. Якщо ж під час перевірки виявлено помилки у підключенні або відсутність необхідних компонентів, користувач отримує відповідне повідомлення з рекомендацією щодо виправлення.

Захоплення зображення – це процес отримання цифрового зображення обличчя користувача в реальному часі за допомогою підключеної камери. Система активує модуль відеозахоплення, вмикає камеру і забезпечує відображення попереднього перегляду, щоб користувач міг скоригувати положення обличчя відносно кадру. Після натискання кнопки або автоматичного розпізнавання оптимального моменту виконується фіксація кадру – фото потрапляє до обробки.

Або ж можна розробити інший варіант, коли користувач не має змоги сфотографуватись. Доцільно назвати це завантаженням зображення з галереї – альтернативна опція, яка дозволяє користувачу використати вже наявне фото зі свого пристрою (наприклад, якщо додаток на смартфоні). У цьому випадку система відкриває файловий менеджер, де користувач вибирає файл у підтримуваному форматі, частіше це JPG та PNG, після чого зображення передається до блоку попередньої обробки.

Цей етап є критичним, оскільки якість і чіткість зображення безпосередньо впливають на точність розпізнавання зовнішніх ознак і, відповідно, на ефективність подальшого підбору косметичних засобів. Саме тому в системі також

можуть бути реалізовані перевірки – наприклад, наявність обличчя в кадрі, його положення, освітлення та роздільна здатність зображення.

Наступним кроком буде обробка отриманого зображення. Це технічний етап, спрямований на підготовку вхідного зображення до точного аналізу зовнішності користувача. Його основна мета – зменшити вплив зовнішніх факторів (додаткового шуму, освітлення) і забезпечити стандартизований формат для обробки алгоритмами комп'ютерного зору.

Цей процес включає кілька послідовних підзадач: нормалізація розміру та формату зображення (завантажене чи захоплене зображення масштабується до стандартного розміру, який підтримує основний модуль аналізу), фільтрація шумів, вирівнювання освітлення та кольорового балансу, централізація обличчя в кадрі.

Завдяки цим процедурам зображення набуває уніфікованого вигляду, що дозволяє значно підвищити точність розпізнавання ознак зовнішності, зменшити помилки та забезпечити якісне зіставлення з косметичними продуктами.

Ключовим етапом функціонування програмно-апаратної системи є розпізнавання обличчя та виділення ключових зон. Його мета – виявити й проаналізувати основні ділянки обличчя, які мають значення для вибору відповідної косметики.

Цей процес включає такі підзадачі:

- 1) виявлення обличчя на зображенні;
- 2) виділення основних зон, а саме очей, губ, брів, носа, контуру обличчя, щік, вилиць, чола, оскільки всі названі частини обличчя мають індивідуальні особливості;
- 3) аналіз геометрії обличчя, а саме визначення форми обличчя, симетрію, пропорції;
- 4) побудова сітки ключових точок;
- 5) виділення акцентних зон користувачем.

Окрім аналізу об'єктивних зовнішніх параметрів, система також враховує суб'єктивні вподобання користувача, одним із ключових елементів яких є вибір

					КВРКІ.210245.21.02.50 ПЗ	Арк. 19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

акцентної зони обличчя. Це дозволяє досягти більш гнучкої та індивідуалізованої рекомендації, орієнтованої не лише на зовнішні риси, а й на бажаний ефект макіяжу.

Етап ідентифікації зовнішніх ознак у програмно-апаратній системі підбору косметичних засобів означає автоматичне визначення ключових візуальних характеристик обличчя користувача на основі отриманого зображення.

Це один із найважливіших етапів, який дозволяє системі адаптувати рекомендації під індивідуальні особливості зовнішності. Основними параметри, які визначаються, є тон шкіри, колір очей, колір волосся, колір брів, форма обличчя.

На етапі пошуку косметичних засобів відбувається аналітична обробка отриманих зовнішніх характеристик користувача з метою підбору відповідних косметичних продуктів. Основним завданням є забезпечення персоналізованого добору засобів, що враховують індивідуальні параметри обличчя та побажання користувача. Крім основних візуальних параметрів, на цьому етапі враховуються також додаткові вимоги користувача, зокрема: бажаний ціновий діапазон, переваги щодо брендів, вимоги до гіпоалергенності тощо. За допомогою фільтраційного алгоритму непотрібні або невідповідні товари виключаються, після чого формується попередній список релевантних продуктів. Особлива увага приділяється так званим акцентним зонам, які користувач може вибрати самостійно. У цьому випадку система адаптує результати підбору, виділяючи декоративні засоби, що підсилюють бажані риси обличчя.

Результатом етапу є генерація персоналізованого набору косметичних засобів, кожен з яких відповідає конкретним зовнішнім ознакам користувача та враховує його індивідуальні запити. Ці дані передаються на наступний етап – формування візуалізованого результату.

Іншими словами – виконується етап формування рекомендації. На цьому етапі програмно-апаратна система здійснює структурування підібраних продуктів, забезпечуючи логічне групування.

					КВРКІ.210245.21.02.50 ПЗ	Арк. 20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		





Структурно система реалізується як взаємодія декількох незалежних, але логічно пов'язаних модулів - апаратної частини (модулі захоплення зображення, освітлення, обчислювального середовища) та програмної частини (алгоритми розпізнавання, аналізу, фільтрації та рекомендацій). Взаємозв'язок між підсистемами забезпечує цілісність роботи та динамічну адаптацію системи до умов реального використання.

До критичних вимог апаратної частини відносяться якість зображення, стабільність освітлення, обчислювальна спроможність пристрою та комфорт користувача при взаємодії. У свою чергу, до програмної складової належать алгоритми аналізу зображення, машинного навчання, формування рекомендацій, а також побудова зручного інтерфейсу.

Аналіз, який був проведений вище, дозволяє визначити такі підсистеми програмно-технічного засобу:

- захоплення зображення;
- перевірка освітленості;
- програмне забезпечення для розпізнавання обличчя;
- аналіз ключових рис;
- фільтрація акцентів, заданих користувачем;
- створення рекомендації;
- зручний інтерфейс.

Апаратна підсистема захоплення зображення є ключовим елементом у складі програмно-апаратного комплексу системи підбору косметичних засобів, оскільки від її якості напряду залежить точність аналізу зовнішніх параметрів користувача. Основне завдання підсистеми – отримання високоякісного цифрового зображення обличчя з мінімальними спотвореннями кольору, контрасту та геометрії.

Основними компонентами підсистеми є цифрова камера з роздільною здатністю не менше 8 Мп, бажано з підтримкою автофокусу, корекції експозиції, HDR та можливістю зйомки в режимі реального часу; модуль освітлення, що забезпечує рівномірне та достатнє освітлення обличчя без тіней та зміни колірного

балансу; кріплення та стабілізація – забезпечує фіксоване положення камери під оптимальним кутом для уникнення перекручень зображення.

Технічними вимогами до камери можна вважати роздільна здатність Full HD (для отримання детального зображення), кадрову частоту не менш ніж 30 fps, підтримку балансу білого, інтерфейс підключення USB або бездротове з'єднання, формат вихідного зображення JPEG, PNG або RAW.

Принципом роботи підсистеми можна визначити таким способом: після запуску системи здійснюється автоматична ініціалізація камери та модуля освітлення. У випадку недостатнього природного світла система активує додаткове LED-освітлення. Камера фіксує зображення обличчя в стабільному положенні, далі зображення передається до програмної частини для попередньої обробки та аналізу.

У межах забезпечення коректної роботи програмно-апаратного засобу інтелектуального підбору косметики важливим є етап попереднього контролю рівня освітленості. Недостатнє або нерівномірне освітлення може спотворити тон шкіри, викликати тіні на обличчі чи призвести до помилок при виявленні ключових зон обличчя, що унеможлиблює точну діагностику зовнішніх ознак. Саме тому система повинна бути здатною самостійно оцінювати умови зйомки до початку аналізу.

Підсистема перевірки освітленості реалізується або апаратно – через спеціалізований сенсор освітлення, або програмно – через аналіз зображення з камери. У випадку апаратного підходу використовується світлочутливий елемент, такий як BH1750 або TSL2561, що дозволяє точно визначати рівень освітленості в люксах. Після зчитування показника освітлення дані порівнюються з попередньо заданим пороговим значенням, яке забезпечує мінімально необхідну якість зйомки.

Якщо рівень освітлення виявляється недостатнім, система або автоматично вмикає допоміжне світлодіодне підсвічування, або виводить на екран повідомлення для користувача з рекомендацією змінити положення або перейти до краще

					КВРКІ.210245.21.02.50 ПЗ	Арк. 24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

освітленого простору. Такий механізм не лише покращує якість зображення, але й сприяє стабільності роботи основного модуля комп'ютерного зору.

У програмній реалізації, яка особливо актуальна для мобільних застосунків, система може аналізувати середню яскравість пікселів або гистограму отриманого зображення. Цей підхід не потребує додаткового апаратного забезпечення, однак має нижчу точність і залежить від можливостей самої камери.

Загалом, підсистема перевірки освітленості є критично важливим елементом, що забезпечує початкову вхідну якість даних для всієї системи підбору косметики. Без її коректної роботи неможливо досягти адекватного рівня персоналізації та точності рекомендацій.

Далі уже підключається підсистема для розпізнавання обличчя, під яку в майбутньому буде написано програмне забезпечення. Вона забезпечує виявлення обличчя на зображенні, локалізацію ключових точок (landmarks), визначення пропорцій, форм та симетрій, що необхідні для подальшої інтерпретації зовнішніх ознак користувача.

Основні функціональні етапи роботи програмного модуля розпізнавання обличчя включають:

- 1) детекцію обличчя;
- 2) видалення ключових точок;
- 3) нормалізацію позиції
- 4) масштабування та кадрування
- 5) аналіз геометричних характеристик.

Процес детекції обличчя (рис.2.4) є початковим етапом аналізу зображення користувача, що забезпечує локалізацію області інтересу та є базовою умовою для подальшого розпізнавання зовнішніх ознак, визначення акцентних зон та формування рекомендацій щодо макіяжу. У контексті системи підбору косметики, точність і стабільність детекції напряду впливають на якість усього алгоритму персоналізації. Основною задачею є виявлення та виділення обличчя користувача

на вхідному зображенні або у відеопотоці в реальному часі, із забезпеченням масштабної, поворотної та освітлювальної інваріантності.

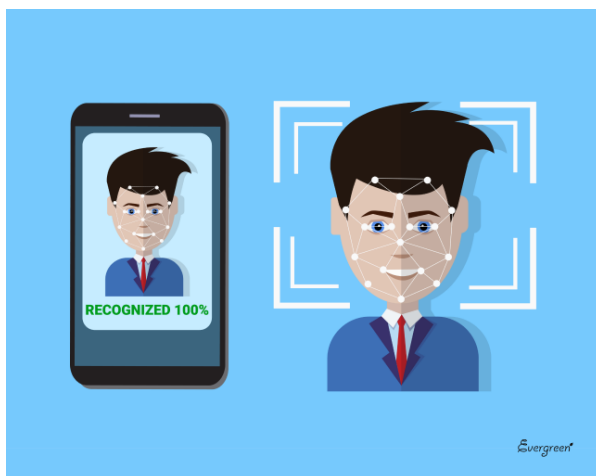


Рисунок 2.4 – Приклад детекції обличчя [43]

Після детекції йде етап точного позиціювання ключових точок обличчя (рис.2.5), що слугують базисом для подальшого визначення індивідуальних особливостей. Цей етап є критичним, оскільки якість розпізнавання обличчя, ідентифікації зон шкіри, аналізу симетрії, контурів губ, очей, брів безпосередньо залежить від точності локалізації таких точок.

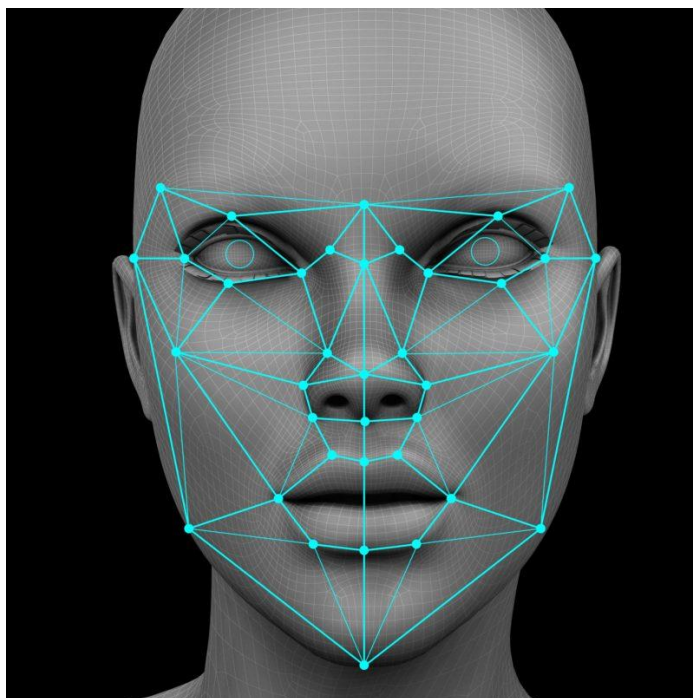


Рисунок 2.5 – Приклад виділення ключових точок [44]

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КВРКІ.210245.21.02.50 ПЗ

Арк.  
26

Виділені точки використовуються як основа для побудови маски аналізованих зон, оцінки симетрії обличчя, визначення геометричного типу обличчя, ідентифікації зон для косметичного акценту. Крім того, алгоритм може адаптувати виділення точок залежно від кута нахилу або міміки користувача, що забезпечує додаткову стійкість до варіацій пози, освітлення та виразів обличчя. У підсумку, точна локалізація ключових точок дає змогу модулю рекомендацій працювати з високою аналітичною точністю, враховуючи не лише загальні візуальні характеристики, а й детальні індивідуальні особливості.

У межах функціонування програмного модуля розпізнавання обличчя одним із ключових етапів є нормалізація позиції обличчя – процес, що має на меті привести зображення обличчя до уніфікованого фронтального положення незалежно від початкового ракурсу. Це особливо важливо у контексті підбору косметичних засобів за зовнішніми ознаками, де навіть незначне відхилення нахилу голови або асиметричне положення обличчя може вплинути на результати аналізу та точність подальших рекомендацій.

Для реалізації нормалізації система спочатку визначає базові орієнтири на обличчі – координати очей, носа, рота, підборіддя. Після цього виконується обчислення кута нахилу голови відносно горизонтальної осі, і на основі цих даних здійснюється афінне перетворення, тобто вирівнювання обличчя по горизонталі, масштабування до стандартного розміру та центрування в кадрі. У деяких випадках також застосовується обрізання зайвих ділянок зображення для фокусування виключно на обличчі.

Таким чином, нормалізація позиції є фундаментальною процедурою, що підвищує надійність та адаптивність роботи системи, дозволяючи отримати об'єктивні та точні результати аналізу зовнішності в рамках процесу інтелектуального підбору косметичних засобів.

Далі проводиться масштабування та кадрування зображення, що передують детальному аналізу зовнішності. Ці операції є базовими елементами попередньої

обробки вхідного зображення і забезпечують стабільну роботу наступних алгоритмів, визначення акцентних зон і подальшого підбору косметики.

Масштабування зображення виконується з метою приведення розміру області обличчя до фіксованого шаблону. Це особливо критично при роботі з різними джерелами зображення – як із камери реального часу, так і при завантаженні фото з галереї. Система повинна забезпечувати уніфікований вхідний формат, незалежно від відстані користувача до об'єктива чи параметрів камери. Як правило, обличчя масштабують до стандартного розміру, що підтримується глибокими нейронними мережами, - наприклад, 224×224 або 128×128 пікселів. Це дає змогу підвищити узгодженість результатів при подальшій обробці.

Паралельно з масштабуванням виконується кадрування, або обрізання зображення, що передбачає виділення тільки релевантної області – обличчя користувача. Алгоритм локалізує межі обличчя, після чого відсікає надлишкову інформацію – фон, волосся, плечі, тощо. Це не лише зменшує обсяг оброблюваних даних, а й фокусує систему виключно на тих зонах, що мають значення для подальшого аналізу тону шкіри, виявлення кольоротипу, визначення ключових точок та побудови рекомендаційного набору косметичних засобів.

У результаті, масштабування та кадрування забезпечують стандартизацію зображень у системі, підвищують ефективність обчислень і мінімізують похибки, що можуть виникати через варіативність вхідних даних. Ці дії є критично необхідними перед застосуванням основного модуля інтерпретації зовнішніх ознак користувача.

У рамках аналізу геометричних характеристик використовуються координати попередньо ідентифікованих ключових точок обличчя, таких як внутрішні та зовнішні кути очей, кінчик носа, кути рота, контури підборіддя, скроневі точки тощо. На основі цих точок обчислюються відстані між окремими зонами, кути нахилу, співвідношення ширини до висоти тощо. Алгоритми аналізують, наприклад, чи має користувач овальну, круглу або квадратну форму обличчя; чи домінує нижня частина обличчя над верхньою; наскільки виражені

					КВРКІ.210245.21.02.50 ПЗ	Арк. 28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вилиці або чітка лінія підборіддя. Отримані геометричні показники безпосередньо впливають на підбір косметики. Таким чином, аналіз геометрії обличчя – це не лише аналітична задача, а критично важливий етап персоналізації рекомендацій. Він дає змогу забезпечити візуально збалансований, естетично привабливий результат, що враховує не загальні шаблони, а індивідуальні риси конкретного користувача.

Підсистема фільтрації акцентів, які задаються користувачем, є критично важливим компонентом у структурі програмно-апаратного засобу інтелектуального підбору косметики, оскільки вона забезпечує персоналізований підхід до формування рекомендацій відповідно до естетичних побажань користувача.

Дана підсистема функціонує на стику взаємодії з користувачем та аналітичних модулів системи. Її метою є інтерпретація вхідних переваг, заданих користувачем (наприклад: «зробити акцент на очах», «виділити губи», «пом'якшити контури обличчя»), та інтеграція цих переваг у процес підбору відповідних косметичних засобів і макіяжних технік.

Робота підсистеми умовно поділяється на кілька функціональних етапів. Перш за все здійснюється прийом вхідних параметрів – користувач у графічному інтерфейсі обирає зону акценту: очі, губи, брови, вилиці тощо. Після цього система виконує крос-аналіз вибраної зони з результатами модуля розпізнавання обличчя, який раніше визначив ключові точки та характеристики кожної з ділянок. На основі цього формується фільтр: наприклад, якщо обрано акцент на очах, система автоматично зменшує вагу інших параметрів і підвищує значущість тіней, підводки, туші - з урахуванням кольору очей, форми повік, міжочної відстані та ін. У випадку губ - враховується контур, об'єм, наявність асиметрії, і система підбирає відповідні помади, олівці, блиски. Наступним кроком є узгодження акцентної зони з іншими факторами: обраний тип макіяжу, тон шкіри, кольоротип, бюджет. Після застосування повного набору фільтрів формується оптимізований список косметичних засобів із відповідною ранжованою оцінкою. Підсистема є

					КВРКІ.210245.21.02.50 ПЗ	Арк. 29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

адаптивною: якщо результати незадовільні, користувач може змінити акцент, обрати інший варіант або комбінувати зони. Така ітеративність забезпечує гнучкість і наближає систему до стандартів персоналізованої цифрової косметології. Перевагою є підвищення зручності та зрозумілості взаємодії з користувачем. Простий вибір зони акценту дає змогу навіть недосвідченому користувачу швидко сформулювати запит і отримати професійний результат без складних налаштувань. Це, у свою чергу, підвищує задоволення користувача і розширює сферу застосування системи – від побутового використання до професійного візажу.

У межах функціонування програмно-апаратної системи персоналізованого підбору косметичних засобів, важливим етапом є підсистема створення рекомендацій. Саме вона відповідає за перетворення попередньо зібраних і оброблених даних користувача на конкретні, обґрунтовані косметичні поради. Робота цього модуля починається одразу після завершення етапів аналізу зображення, розпізнавання обличчя, виявлення ключових точок та ідентифікації зовнішніх характеристик.

До підсистеми надходять такі дані, як тон шкіри, форма обличчя, кольоротип, вказані зони акценту, а також додаткові налаштування – стиль макіяжу, ціновий діапазон, уподобання щодо брендів чи складу. Всі ці параметри використовуються як критерії для фільтрації великого обсягу косметичних продуктів у базі знань, яка може бути реалізована як локально, так і з підключенням до зовнішнього API.

Алгоритм відбору базується на системі евристичних правил, що відображають експертні знання у сфері візажу. Система також оцінює колірну відповідність між тоном шкіри користувача та палітрою кожного з продуктів. При цьому реалізується ранжування, де пріоритетними стають ті засоби, які мають найвищу суму коефіцієнтів відповідності.

Результат подається у вигляді персоналізованого блоку рекомендацій. Кожен продукт супроводжується фото, назвою, коротким описом, технічними характеристиками, складом, брендом, ціною та позначками відповідності –

					КВРКІ.210245.21.02.50 ПЗ	Арк. 30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Кінець таблиці 2.1

4.	Детальна картка продукту	При натисканні відкривається окремий екран з характеристиками засобу, описом, складом та можливістю зберегти або додати в список бажань
----	--------------------------	---

Секція рекомендацій відображає перелік продуктів, підібраних на основі аналізу зовнішності користувача, заданих ним акценту, а також інших параметрів: тону шкіри, кольоротипу, бюджету, брендovих уподобань. Містить у собі коротку інформацію про продукти, а саме зображення та назву продукту, тип продукту, ціна та бренд (рис.2.6). Більш детальну інформацію можна переглянути безпосередньо натиснувши на карту бажаного продукту.

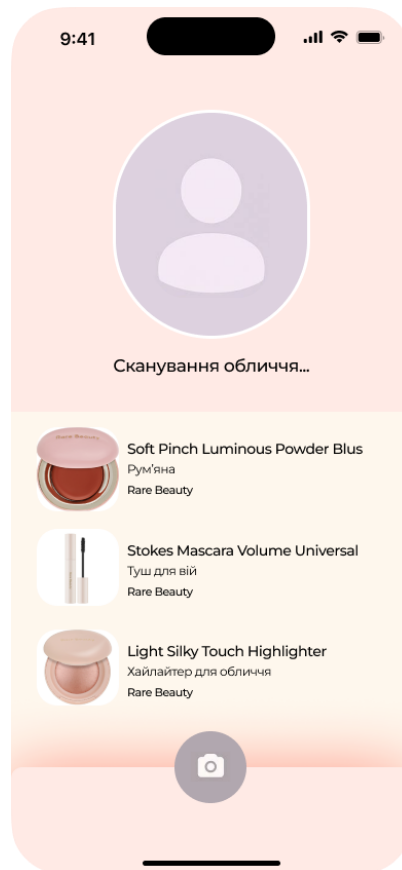


Рисунок 2.6 – Дизайн секції рекомендацій

Окрему увагу необхідно приділити зворотному зв'язку: кожна дія користувача (натискання, завантаження, помилки) повинна супроводжуватися

				КВРКІ.210245.21.02.50 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

візуальним або тактильним підтвердженням. Також доцільно реалізувати систему підказок, що з'являються контекстно – наприклад, при першому використанні або зміні параметрів.

Таким чином, дизайн програми повинен поєднувати естетичну привабливість із високою ергономікою, адаптивністю та технічною чіткістю – щоб забезпечити ефективний та приємний процес індивідуального підбору косметичних засобів.

### 2.3 Реалізація додаткових функцій у нових версіях програмно-апаратної системи

У рамках перспективного розвитку програмно-апаратної системи інтелектуального підбору косметичних засобів доцільним є розширення функціоналу за рахунок інтеграції додаткових модулів. Такі можливості сприятимуть підвищенню персоналізації сервісу, покращенню користувацького досвіду, а також забезпечать конкурентні переваги в умовах ринку. Серед найбільш доцільних функціональних розширень варто виділити голосовий чат для взаємодії з користувачем, віртуальне дзеркало в умовах реального часу, модуль історії використання та режим для професійного використання віхажистами.

Однією з перспективних функцій, яку доцільно реалізувати у подальших версіях програмно-апаратної системи, є інтеграція голосового або чат-інтерфейсу для взаємодії з користувачем. Цей модуль слугуватиме засобом альтернативного введення команд і параметрів, що суттєво спрощує роботу з додатком, особливо для користувачів, які не мають технічного досвіду або бажають мінімізувати кількість дій на екрані. Впровадження голосового або чат-інтерфейсу не лише покращує інклюзивність додатку, але й відкриває можливості для створення інтелектуального асистента у сфері персонального підбору, що спілкується з користувачем у природній, зручній формі. Такий підхід створює ефект персонального консультанта, здатного підтримувати діалог, адаптуватися до

вподобань та оперативно надавати візуальні й текстові рекомендації у реальному часі.

Ще одним надзвичайно перспективним і функціонально значущим напрямом розвитку є впровадження модуля віртуального дзеркала, тобто доповненої реальності (AR), що дає змогу здійснювати примірku косметичних засобів у реальному часі без фізичного нанесення. Така функція трансформує взаємодію користувача з системою з формату перегляду рекомендацій у формат активного візуального тестування, що значно підвищує залученість та довіру до вибраних продуктів. Суть модуля полягає у використанні комп'ютерного зору та AR-обробки відеопотоку з фронтальної камери смартфон. Система в режимі реального часу відстежує обличчя користувача, стабільно і точно фіксуючи його положення, розпізнаючи ключові зони та накладаючи графічні елементи, які імітують вигляд конкретних косметичних засобів. Завдяки цьому користувач отримує реалістичну візуалізацію результату ще до покупки чи нанесення. Користувач отримує змогу перемикатися між варіантами, обирати стиль, регулювати інтенсивність макіяжу або протестувати комбінації засобів. Це значно скорочує час прийняття рішення щодо покупки, дозволяє уникнути розчарування в реальному використанні, а також відкриває шлях до персоналізованої рекомендації, базованої не лише на аналітиці, а й на візуальному сприйнятті.

Реалізація підсистеми збереження історії використання є логічним і корисним доповненням до загального функціоналу інтелектуального засобу підбору косметики. Цей модуль забезпечує створення персонального архіву взаємодії користувача з системою, що значно підвищує рівень персоналізації та зручності повторного використання додатку. Адже кожна сесія підбору, візуалізації макіяжу або перегляду рекомендацій містить потенційно важливі для користувача дані. Функціонально модуль історії дозволяє зберігати результати кожного сеансу аналізу – включно з датою, параметрами обличчя, зробленим фото, застосованими фільтрами й обраними косметичними засобами. Важливо, що така інформація може бути структурована як у вигляді карток сеансів, так і у вигляді

					КВРКІ.210245.21.02.50 ПЗ	Арк. 34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

динамічних рекомендацій: наприклад, система може запропонувати повторити попередній образ або внести зміни відповідно до нових параметрів користувача. Дані структуруються за допомогою бази даних, в якій кожен запис містить посилання на візуальні матеріали, параметри аналізу та ідентифікатори косметичних засобів із бази.

У межах розширеного функціоналу системи варто передбачити спеціальний професійний режим, орієнтований на потреби візажистів, б'юті-спеціалістів або досвідчених користувачів, які хочуть мати глибший контроль над процесом формування рекомендацій. Такий режим для візажистів суттєво відрізнятиметься від базового – не лише за рівнем деталізації налаштувань, а й за інтерфейсними можливостями.

Система в цьому режимі має надавати розширений доступ до аналітики зовнішності: глибший аналіз тону та підтону шкіри, детальні параметри форми обличчя, кольорові пропорції, текстури та можливі недоліки, що потребують корекції. Візажист отримає можливість комбінувати косметику різних брендів, створювати пресети для повторного використання, а також експортувати згенеровані образи для роботи з клієнтами. Особливу цінність становитиме режим порівняння варіантів – де на одному екрані буде показано декілька варіантів макіяжу для одного зображення: з різним розташуванням акцентів, тонами, кольорами.

З технічного боку, реалізація цього режиму вимагає більш гнучкої архітектури інтерфейсу, налаштовуваних параметрів фільтрації в базі даних косметики, можливості інтеграції з професійним обладнанням, а також системи обліку профілів користувачів – аби візажист міг працювати з кількома клієнтами.

Також можемо додати такий пункт як інтеграція програмно-апаратної системи з соціальними мережами, що на теперішній час дуже актуально. Інтегрування з платформами на кшталт Instagram, TikTok, Facebook або Pinterest дозволяє користувачеві миттєво ділитися результатами підбору макіяжу, зберігати візуальні образи у своєму профілі або ж презентувати їх у форматі історій чи

відеооглядів. Такий функціонал реалізується через API-інтеграції з відповідними платформами, що дає змогу безпосередньо з інтерфейсу програми здійснювати публікацію фото, відео або навіть «до/після» порівнянь. Також користувач може залишати хештеги, теги брендів чи косметичних засобів, отримуючи більше охоплення серед своїх підписників або спільнот.

Особливо важливо те, що така інтеграція сприяє органічному просуванню самої системи: кожна публікація користувача - це потенційна реклама продукту, демонстрація його можливостей та результатів. У поєднанні з функцією «поширити», соціальні мережі можуть стати ефективним каналом зворотного зв'язку, де користувачі ділитимуться досвідом, відгуками й навіть прикладами вдалих образів. У підсумку, цей модуль відкриває двері до активної взаємодії спільноти, що є важливим чинником розвитку будь-якого сучасного цифрового рішення.

## 2.4 Висновки до другого розділу

У межах другого розділу проведено дослідження, спрямоване на розробку програмно-апаратної системи для інтелектуального підбору косметичних засобів за зовнішніми ознаками користувача. Було сформульовано технічні вимоги до системи - як до її апаратної, так і до програмної частини. У межах апаратної платформи проаналізовано вимоги до камери, умов освітлення, обчислювальних потужностей. Програмна частина охоплює модулі попередньої обробки зображення, детекції обличчя, аналітичного розбору зовнішніх ознак, фільтрації акцентів, а також генерації персоналізованих рекомендацій.

Окремо було структуровано та описано детальний алгоритм функціонування системи, який охоплює всі ключові етапи: запуск обладнання, захоплення зображення або завантаження фото, попередню обробку, розпізнавання обличчя, виявлення ключових точок і зон, аналіз геометричних та кольорових

					КВРКІ.210245.21.02.50 ПЗ	Арк. 36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

характеристик, фільтрацію побажань користувача, підбір засобів з бази даних і формування рекомендацій.

Крім основного функціоналу, було визначено перелік перспективних можливостей, які можуть бути реалізовані у наступних версіях системи. Серед них – голосова або текстова взаємодія з користувачем, віртуальне дзеркало на базі доповненої реальності, історія використання та перегляду минулих рекомендацій, спеціальний режим для професійних візажистів із розширеним функціоналом та можливість інтеграції з популярними соціальними мережами для швидкого обміну результатами.

У результаті цієї роботи було створено концепцію цілісної програмно-апаратної системи, яка дозволяє користувачеві автоматизовано, персоналізовано та зручно отримувати професійні рекомендації щодо косметики відповідно до його зовнішніх характеристик і естетичних побажань.

					КВРКІ.210245.21.02.50 ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ПРОГРАМНО-АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ПІДБОРУ ЗАСОБІВ ДЕКОРАТИВНОЇ КОСМЕТИКИ

3.1 Опис реалізації програмного модулю захоплення зображення програмно-апаратного пристрою

Щоб отримати первинний файл з візуальними даними користувача, з яким буде працювати програмно-апаратна система, у цьому допоможе модуль захоплення зображення. Якість роботи аналітичних підсистем розпізнавання обличчя, ідентифікації ознак шкіри, побудови рекомендацій безпосередньо залежить від точності та чіткості зображення, що надходить на вхід системи.

Як зазначали раніше, модуль реалізується на базі вбудованої або зовнішньої камери з роздільною здатністю не менше 8 Мп, з підтримкою автофокусу, динамічного діапазону (HDR) та стабілізації зображення. Оскільки даний програмно-апаратна система призначена для використання у мобільній версії, вхідним каналом слугує фронтальна камера смартфона. З огляду на те, що основним апаратним середовищем виступає смартфон, реалізація модуля повинна бути адаптована під особливості мобільних платформ Android та IOS. Доступ до фронтальної камери забезпечується за допомогою нативних API – CameraX або AVFoundation відповідно. Система підтримує як режим прямого фотографування, так і захоплення з відеопотоку з можливістю вибору найвдалішого кадру.

Програмно модуль можна реалізувати за допомогою бібліотек комп'ютерного зору, таких як Kotlin. Основними його завданнями є ініціалізація камери, захоплення кадру, перевірка якості зображення, обробка вхідних даних.

Саме так виглядає код програмної реалізації для захоплення зображення на Android із CameraX:

```
class MainActivity : AppCompatActivity() {  
    private lateinit var imageCapture: ImageCapture  
    override fun onCreate(savedInstanceState: Bundle?) {  
        super.onCreate(savedInstanceState)  
    }  
}
```

					КВРКІ.210245.21.02.50 ПЗ	Арк. 38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

val view = PreviewView(this); setContentView(view)
val cameraProvider = ProcessCameraProvider.getInstance(this)
cameraProvider.addListener({
    val provider = cameraProvider.get()
    imageCapture = ImageCapture.Builder().build()
    val preview = Preview.Builder().build().also {
        it.setSurfaceProvider(view.surfaceProvider)
    }
    val selector = CameraSelector.DEFAULT_FRONT_CAMERA
    provider.unbindAll()
    provider.bindToLifecycle(this, selector, preview,
imageCapture)
    }, ContextCompat.getMainExecutor(this))
}
}

```

Цей код відображає прев'ю з фронтальної камери та готує до роботи модуль захоплення зображення через функцію `imageCapture`. Також створюється `PreviewView` – спеціальний віджет з бібліотеки `CameraX`, який показує картинку з камери і встановлюється як головний елемент інтерфейсу. Функція `ProcessCameraProvider` дозволяє керувати камерою на пристрої, а саме вмикати, вимикати, перемикає. Далі створюється об'єкт `Preview`, який відповідає за трансляцію зображення з камери на екран, встановлюється `SurfaceProvider` - зв'язок між камерою і `PreviewView`. Обираємо селектор камери – у моєму випадку фронтальна. Наступною дією є прив'язка `preview` і `imageCapture` до життєвого циклу цієї активності. У підсумку програмний код відображає живе відео з фронтальної камери в `PreviewView`.та налаштовує можливість зробити фото (лише підготовка).

Також користувачеві можна надати можливість завантажити зображення зі сховища пристрою або галереї, що розширює сценарії використання системи, зокрема для роботи з фотографіями, збереженими раніше, або надісланими віддалено.

Крім базових функцій попереднього перегляду та ініціалізації зображення, доцільно реалізувати попередню перевірку технічних характеристик камери, зокрема роздільної здатності, підтримуваних форматів (JPEG, YUV), а також параметрів автофокусування та експозиції. Це дозволяє забезпечити адаптивність

					КВРКІ.210245.21.02.50 ПЗ	Арк. 39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

системи до різних моделей пристроїв і уникнути помилок при спробі використання несумісних налаштувань. Алгоритм функціонування модуля перевірки реалізується у кілька послідовних етапів, а саме: ініціалізація камери через підключення фронтальної камери, отримання технічних характеристик через зчитування підтримуваних форматів, аналіз відповідності вимогам системи (проводиться перевірка мінімальної роздільної здатності, підтримки автофокусування, а також стабільності роботи у поточному середовищі), вибір оптимальних параметрів для подальшої зйомки з урахуванням ресурсів пристрою, налаштування попереднього вигляду, аналіз якості вхідного зображення (оцінка яскравості, контрасту та різкості), підготовка до зйомки.

При підготовці зображення до подальшої аналітики система виконує попередню перевірку його якості за ключовими показниками: яскравістю, контрастністю та різкістю. Ці метрики дають змогу оцінити, наскільки отриманий кадр є придатним для подальшої обробки. Середня яскравість визначається як середнє значення інтенсивності світла по всіх пікселях зображення. Для цього система проходить кожен піксель і підсумовує його значення яскравості (в градаціях сірого), після чого ділить суму на загальну кількість пікселів. Отримане значення дозволяє виявити, чи не є зображення занадто темним або засвіченим. Контрастність зображення оцінюється як середньоквадратичне відхилення яскравості пікселів від середньої яскравості. Це означає, що для кожного пікселя обчислюється, наскільки його яскравість відрізняється від середнього значення, після чого ці відхилення підносяться до квадрату, сумуються та нормуються. Висока контрастність вказує на чітке розділення світлих і темних зон, що є ознакою якісного зображення. Різкість оцінюється через зміну яскравості між сусідніми пікселями. Практично це реалізується через так званий Лапласіан - операцію, яка виявляє різкі перепади інтенсивності в зображенні. Далі обчислюється дисперсія отриманих значень: якщо вона висока – зображення містить чіткі контури; якщо низька - воно є розмитим або не в фокусі.

					КВРКІ.210245.21.02.50 ПЗ	Арк. 40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Також важливою є обробка сценаріїв обриву підключення або недоступності камери – система повинна мати обробники винятків і резервні механізми, наприклад, інформування користувача про помилку або можливість перемикання на іншу камеру. У процесі захоплення зображення системою з фронтальної камери можуть виникати критичні ситуації, пов’язані з недоступністю апаратного ресурсу. Це може бути спричинено втратою дозволу на доступ до камери, її фізичним відключенням, конфліктом з іншими програмами або раптовим збоєм у драйвері. Тому не лишнім буде реалізувати обробку виняткових ситуацій, а також забезпечити резервні дії, які дозволять системі залишатися керованою та інформативною для користувача.

Алгоритм обробки помилок та недоступності камери в рамках програмно-апаратного засобу для інтелектуального підбору косметичних засобів реалізується як послідовна система перевірок і резервних дій, спрямованих на забезпечення стабільності та зручності взаємодії користувача з додатком. У момент запуску модуля захоплення зображення першим кроком виконується перевірка наявності дозволу на доступ до камери. Якщо доступ не було надано, користувач отримує інформативне повідомлення з можливістю вручну надати дозвіл через налаштування системи. У разі, якщо дозвіл є, але підключення до камери не вдалося через конфлікт доступу або внутрішній збій, система обгортає процедуру ініціалізації в блок try-catch, де фіксується помилка, логуються її параметри та виводиться повідомлення про помилку. Наступним етапом алгоритму є постійний моніторинг активного стану камери під час роботи – через спеціальні зворотні виклики, які відслідковують втрату зв’язку з камерою або відмову її функціонування. У випадку виявлення такої ситуації система ініціює механізм автоматичного скидання сесії, повторної ініціалізації або перемикання на альтернативне джерело. Усі дії супроводжуються зручними інтерфейсними повідомленнями, що дозволяє уникнути дезорієнтації користувача. Після повторної ініціалізації система відновлює основний потік – трансляцію відео в інтерфейс та готовність до знімка. Якщо всі спроби не вдаються, користувачеві

					КВРКІ.210245.21.02.50 ПЗ	Арк. 41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

пропонується спробувати пізніше або перевірити конфігурацію пристрою. Таким чином, алгоритм формує надійний каркас для забезпечення безперервної роботи системи навіть в умовах нестабільного середовища або апаратних обмежень.

Приклад коду на Kotlin:

```
try {
    val cameraProvider = context.getCameraProvider()
    val camera = cameraProvider.bindToLifecycle(
        lifecycleOwner, CameraSelector.DEFAULT_FRONT_CAMERA, preview,
        imageCapture
    )
} catch (exc: Exception) {
    Log.e("Camera", "Не вдалося підключити камеру", exc)
    Toast.makeText(context, "Помилка: камера недоступна",
        Toast.LENGTH_LONG).show()
}
```

У випадку розширеної реалізації можна передбачити режим попереднього захоплення серії кадрів для подальшого вибору найкращого зображення за допомогою алгоритмів оцінки чіткості, експозиції та освітлення. Такий підхід особливо актуальний при слабкому освітленні або русі користувача. Такий підхід значно підвищує шанси отримати якісний кадр, особливо в умовах недостатнього освітлення або коли обличчя користувача перебуває в русі. Алгоритм починається з ініціалізації послідовної зйомки, яка активується після короткої затримки для стабілізації позиції - наприклад, виконується захоплення 5–10 кадрів з інтервалом у кілька мілісекунд. Ці кадри тимчасово зберігаються в оперативній пам'яті. Після завершення зйомки кожен кадр передається до модуля аналізу якості. Для кожного зображення застосовуються алгоритми обчислення різкості, а також оцінка правильної експозиції та рівномірності освітлення. Також можна виконувати первинну детекцію обличчя: якщо обличчя на знімку відсутнє або знаходиться поза фокусом, такий кадр автоматично відкидається. Після проходження всіх перевірок система обирає знімок, що має найкращі сумарні характеристики. Ключовою перевагою є те, що користувачу не потрібно робити кілька фото вручну - система

					КВРКІ.210245.21.02.50 ПЗ	Арк. 42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

сама обирає оптимальний кадр, зменшуючи ризик помилок і покращуючи загальний користувацький досвід.

В підсумку, модуль захоплення зображення виступає точкою входу до системи та формує фундамент для всіх наступних аналітичних операцій, забезпечуючи необхідний рівень точності та стабільності в роботі системи в різних умовах. До модулю також можна реалізувати додаткові програми такі як перевірка формату вхідного зображення, недоступність камери, серійна зйомка.

### 3.2 Опис реалізації програмного модулю освітлення програмно-апаратного пристрою

Якісне освітлення прямо впливає на точність виявлення кольору шкіри, тону обличчя, дрібних дефектів, а також на роботу алгоритмів комп'ютерного зору, які виконують подальшу обробку, тому не можу залишити без уваги модуль освітлення. Він має вирішальне значення, оскільки програмі потрібно отримати правильну передачу кольору, мінімізувати тіні та шум, та покращити якість. Від цього і залежить результат, сформований у вигляді рекомендацій.

Стабільне освітлення дає змогу уникнути неправильного спрацювання алгоритмів. Тому в апаратній частині має бути забезпечене джерело світла – оптимально це LED-кільце з колірною температурою в діапазоні 5000–6500К , тобто нейтральне денне світло. Напрямок освітлення має бути фронтальний, без різких тіней. Щодо регулювання яскравості – можна реалізувати апаратно або через контролер Arduino чи PWM-модуль. Arduino виконує роль апаратного модуля, який забезпечує зовнішнє керування технічними елементами системи, в моєму випадку модулем освітлення. Завдяки Arduino можна керувати яскравістю світлодіодного кільця або іншого джерела світла через мобільний застосунок, за допомогою Bluetooth. Приклад псевдокоду взаємодії контролера Arduino на Kotlin через Bluetooth:

Ініціалізувати Bluetooth-адаптер пристрою

					КВРКІ.210245.21.02.50 ПЗ	Арк. 43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Оголосити змінну для Bluetooth-з'єднання (socket)  
Вказати ім'я пристрою Arduino, до якого будемо підключатися

Функція connect():

Отримати список уже підключених Bluetooth-пристроїв  
Знайти пристрій, назва якого відповідає "MyArduino"

Якщо пристрій знайдено:

Отримати унікальний ідентифікатор UUID пристрою

Створити Bluetooth-з'єднання (socket) з Arduino

Скасувати пошук нових пристроїв

Підключитися до пристрою через socket

Інакше:

Вивести повідомлення про помилку: "Пристрій не знайдено"

Функція send(команда):

Спробувати надіслати команду як байти через Bluetooth-з'єднання

Якщо виникає помилка:

Вивести повідомлення про помилку надсилання

Функція disconnect():

Закрити Bluetooth-з'єднання

Вище вказаний код реалізує Bluetooth-контролер для з'єднання Android-додатку з пристроєм Arduino. Клас створює адаптер для роботи з Bluetooth, знаходить серед зв'язаних пристроїв той, який має назву «MyArduino», і намагається встановити з ним з'єднання через сокет. Якщо з'єднання успішне, можна надсилати Arduino команди у вигляді тексту, які конвертуються в байти. Також передбачено метод для завершення з'єднання. Усе це дає змогу Android-додатку керувати Arduino – в моєму випадку вмикати світло. Це дозволяє адаптувати умови зйомки під конкретну ситуацію, забезпечуючи стабільне та якісне освітлення для точної роботи алгоритмів аналізу зображення, особливо важливо при визначенні відтінку шкіри, форми обличчя та інших параметрів, що впливають на косметичні рекомендації.

У разі використання Arduino-контролера з підключеним джерелом світла, можна реалізувати не лише просте вмикання чи вимикання, а й динамічне регулювання яскравості у відповідь на зміну умов у кадрі. Зокрема, Android-додаток може періодично виконувати вимірювання яскравості зображення з камери та надсилати Arduino відповідні команди на зміну яскравості за допомогою PWM-

					КВРКІ.210245.21.02.50 ПЗ	Арк. 44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

сигналів. Це створює замкнену систему зворотного зв'язку, що підтримує стабільне освітлення в режимі реального часу.

Якщо розглядати програмну частину модуля освітлення, варто зазначити що рівень освітленості має контролюватися автоматично за допомогою датчика освітлення або аналізу яскравості зображення з камери. Тобто реалізується функція перевірки освітлення перед захопленням зображення.

```
fun analyzeLighting(image: ImageProxy): Boolean {
    val buffer = image.planes[0].buffer
    val bytes = ByteArray(buffer.remaining())
    buffer.get(bytes)
    val averageLuminance = bytes.map { it.toInt() and 0xFF }.average()
    image.close()
    val threshold = 50.0
    return averageLuminance > threshold
}
```

Ця функція виконує перевірку рівня освітленості кадру перед тим, як відправити зображення на подальший аналіз. Вона отримує зображення з камери у вигляді об'єкта ImageProxy і зчитує з нього дані яскравості, представлені в першій площині формату YUV. Після цього байти яскравості перетворюються на числові значення, з яких обчислюється середнє значення – тобто загальний рівень освітлення на зображенні. Це значення порівнюється з заданим порогом. Якщо середня яскравість перевищує його, функція повертає true, що означає кадр має достатній рівень світла. Якщо ні – повертається false, і система може попередити користувача, що зйомку бажано повторити при кращому освітленні. Такий підхід дозволяє уникнути помилок у розпізнаванні та покращити точність рекомендацій.

У більш складних реалізаціях можна використовувати алгоритми оцінки кольорного балансу зображення методи Gray World або White Patch для аналізу того, чи є присутніми паразитні відтінки. Це дозволяє виявити ситуації, коли в кадрі переважає тепле або холодне світло, що може спотворити відтінки шкіри. На основі такого аналізу можливо автоматично підлаштовувати джерело освітлення.

					КВРКІ.210245.21.02.50 ПЗ	Арк. 45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Метод Gray World – ефективний підхід до автоматичної корекції балансу білого в зображеннях. Він ґрунтується на припущенні, що в середньостатистичному зображенні середній колір має бути нейтрально-сірим, тобто значення червоного, зеленого й синього каналів мають бути приблизно однаковими. Якщо один із каналів домінує, метод намагається компенсувати цю різницю, автоматично підлаштовуючи кольорові коефіцієнти так, щоби кожен з каналів мав однакову середню яскравість.

На відміну від нього, суть методу White Patch полягає в припущенні, що в сцені обов'язково присутній об'єкт, який має бути абсолютно білим, тобто з максимальними значеннями в кожному з кольорових каналів. Метод знаходить найяскравіші пікселі в кожному каналі і використовує їх як еталон для вирівнювання кольорів по всьому зображенню.

Для точної передачі кольору можна включити мітки у вигляді спеціальної шкали, яку система використовує для калібрування відображення відтінків. Це доречно в режимі «візажиста». Це техніка, яка дозволяє перевірити та скоригувати точність переданих кольорів на зображенні за допомогою еталонних об'єктів із відомими характеристиками. Принцип дії полягає в тому, що система автоматично знаходить ці мітки на зображенні та порівнює фактично зафіксовані значення кольору з очікуваними. У випадках невідповідності програма може виконати автоматичне коригування всього зображення або скоригувати окремі канали.

Додатково можна реалізувати нічний режим, що працюватиме в темному середовищі, застосовуючи програмні фільтри підвищення чутливості через API CameraX. Хоча такий метод має обмеження, він може допомогти покращити результат у відсутності зовнішнього освітлення.

В підсумку, модуль освітлення безпосередньо пов'язаний із модулем камери. Якщо освітлення недостатнє або занадто яскраве – модуль захоплення отримає зображення з низьким контрастом або з пересвітами, викличе помилки при розпізнаванні обличчя та знизить точність колірної аналізу.

### 3.3 Опис реалізації програмного модулю аналізу обличчя

Програмна частина аналізу зображення в системі інтелектуального підбору косметичних засобів має виконувати функцію перетворення цифрового зображення обличчя користувача у формалізований набір параметрів, що використовуються для подальшого зіставлення з базою косметичних продуктів.

Після приймання вхідних даних та їх обробки, ініціюється процедура детекції обличчя за допомогою бібліотек комп'ютерного зору на OpenCV. Обличчя локалізується в кадрі, визначаються координати ключових точок (очі, губи, вилиці, ніс, контур обличчя). На основі цих даних система виконує геометричний аналіз - форму обличчя, симетричність, розташування зон.

Клас FaceAnalyzer:

Завантажити каскади для обличчя, очей, носа, рота з ресурсів

Функція analyzeFace(кадр):

Перетворити кадр на відтінки сірого

Знайти обличчя

Для кожного обличчя:

Виділити область обличчя

Знайти очі, ніс, рот в цій області

Вивести координати та кількість

Повернути список виявлених облич

Приклад псевдокоду завантажує попередньо навчені каскадні класифікатори для розпізнавання обличчя, очей, носа та рота, а потім обробляє кожен кадр, перетворює його в чорно-білий формат для підвищення точності розпізнавання та знаходить відповідні області. У результаті система визначає координати обличчя і його частин, що буде основою для подальшого аналізу, формування рекомендацій по макіяжу. Координати, які тут отримуються, можна використати для обчислення форми обличчя, симетрії та геометрії зон.

Після того, як обличчя і його основні елементи будуть виявлені, система перейде до аналізу просторових відношень між ними. Розраховується відстань між очима, ширина і висота носа, форма лінії підборіддя, співвідношення ширини до

					КВРКІ.210245.21.02.50 ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

висоти обличчя. Ці дані дозволяють класифікувати форму обличчя на категорії: овальне, кругле, квадратне, трикутне або серцеподібне.

Для кожної зони обличчя може обчислюється її розмір та пропорції. Усе це базується на аналізі структури і розташування елементів на обличчі – геометрії, яка візуально часто інтуїтивна, але в комп'ютерному баченні ґрунтується на точних вимірах і аналітиці.

Симетрія обличчя визначається через порівняння лівої та правої частини: наскільки вони схожі за розміщенням очей, брів, контурів щік, симетричністю губ. Важливою перевагою є також можливість враховувати асиметрії, адже косметичні поради для умовно симетричного та асиметричного обличчя можуть суттєво відрізнитись. Це дає змогу програмі визначити, яка форма обличчя та наскільки воно симетричне, і вже на основі цього давати точні рекомендації по косметиці.

Доцільно також забезпечити підтримку багатьох ракурсів або декількох зображень, щоб система могла зчитувати об'ємні характеристики обличчя, наближаючись до тривимірного аналізу. У перспективі можна реалізувати машинне навчання, яке з часом оптимізує визначення форм і пропорцій, спираючись на попередні оброблені зразки та зворотний зв'язок користувачів.

### 3.4 Опис реалізації програмного модулю фільтрації акцентів та виду макіяжу

Основною метою модулю фільтрації є визначення, на яку зону обличчя користувач хоче зробити акцент: губи, очі, брови чи загальний тон шкіри. Такий фільтр дозволяє системі краще адаптувати підбір декоративної косметики під настрої, потребу або конкретний запит.

Двома компонентами, на яких базується модулі, з програмної точки зору рахуються інтерфейс та фільтраційна логіка. Інтерфейс представлений кнопками вибору на бажаний акцент, в той час як фільтраційна логіка на основі обраного акценту змінює алгоритм рекомендацій.

					КВРКІ.210245.21.02.50 ПЗ	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Це досягається через використання тегів і категорій у базі даних косметичних засобів. Кожен продукт має характеристики: зона застосування, ефект, інтенсивність, колірну палітру. Після того як система аналізує зовнішність, вона фільтрує косметику не лише за типом шкіри та кольоротипом, а й за бажаним фокусом користувача. Вона працює як інтелектуальний селектор, де користувач обирає, до якого випадку шукає макіяж: денний, вечірній, повсякденний, діловий, святковий, романтичний тощо. На основі цього вибору система автоматично відсіює ті варіанти, які не відповідають заданому контексту. Фільтрація виду макіяжу - це не просто вибір стилю, а ще й логіка підбору згідно з типажем користувача, тобто базується згідно з його типажем.

Ось так записується вибір акценту та виду макіяжу користувачем, а також тон шкіри:

```
{  
  "selected_accent": "eyes",  
  "preferred_style": "daily",  
  "skin_tone": "light",  
}
```

У системі підбору макіяжу дуже важливо враховувати механізм конфліктів між окремими візуальними акцентами. Адже візаж як мистецтво має свої базові принципи: один із ключових – не перевантажувати обличчя одночасними сильними акцентами на різні зони. Наприклад, яскраві очі з темними тіннями та стрілками у поєднанні з насиченою червоною помадою можуть виглядати занадто агресивно або неприродно, особливо для денного образу. Тому система повинна реагувати на подібні поєднання, а саме попереджати користувача, що вибрано два чи більше домінуючих акценти, і пропонувати м'якші альтернативи.

Такий механізм може працювати як внутрішній логічний фільтр: при виборі, наприклад, акценту на очі система автоматично приглушує або виключає насичені варіанти макіяжу губ, або навпаки – якщо вибрано яскраву помаду, система не радитиме затемнення очей. Це створює ефект «розумного стиліста», який не лише показує варіанти, а й консультує. Розумним підходом буде впровадження режиму

					КВРКІ.210245.21.02.50 ПЗ	Арк. 49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

із можливістю свідомого порушення правил, коли користувач може підтвердити свій вибір, попри попередження для творчих або вечірніх образів.

Зрештою, мета такого механізму – зберегти баланс між естетикою, рекомендацією і свободою вибору. Він робить систему не просто технічним інструментом, а більш наближеною до реального досвіду взаємодії з професійним консультантом.

### 3.5. Опис реалізації програмного модулю рекомендації

Завершальним етапом роботи системи є реалізація блоку рекомендацій. Він надає користувачеві конкретні поради та варіанти макіяжу на основі зібраних та оброблених даних. Суть модуля рекомендацій полягає в тому, щоб проаналізувати результати з попередніх етапів й зіставити їх із базою знань або логікою прийняття рішень.

Для генерації конкретного списку косметичних засобів використовується заздалегідь підготовлена база даних або структура косметичних продуктів, кожен з яких має атрибути: тип, призначення, інтенсивність, текстура, бренд, об'єм, формула засобу тощо.

На основі результатів аналізу система фільтрує з бази лише ті засоби, що підходять під виявлені параметри. Наприклад, якщо шкіра холодного підтону, то не підходять тональні засоби з теплим жовтим пігментом. Це виглядає як ланцюг обробки даних, який починається з результатів комп'ютерного зору, далі ці дані передаються у спеціальний фільтр або механізм прийняття рішень.

Результатом є динамічно сформований список: система поєднує логіку відповідності й естетичні правила, формуючи варіанти макіяжу з точними назвами продуктів. Крім того, можна впровадити базовий рейтинг якості або популярності товарів, де користувач бачить не просто підібраний засіб, а ще й орієнтується на відгуки та популярність. Це створює ефект довіри до системи й допомагає при прийнятті рішення. Базовий рейтинг може формуватися за кількома критеріями.

					КВРКІ.210245.21.02.50 ПЗ	Арк. 50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Найпростіший варіант – це середня оцінка продукту, яку система отримує з відкритих джерел. Якщо продукт має оцінку в діапазоні від 4 до 5, це автоматично підвищує його позицію в списку рекомендацій. Другий підхід - локальний рейтинг на основі користувацької взаємодії: які продукти були обрані найчастіше після аналізу, які додали в обране, які замовили. Таким чином, система аналізує вибір користувачів і поступово вдосконалює свої пропозиції.

Також корисно буде зробити візуальну шкалу рейтингу у вигляді зірочок біля кожного засобу в інтерфейсі користувача. Це на інтуїтивному рівні підсилює довіру та допомагає швидше обрати між двома подібними варіантами.

Коли мова йде про візуалізацію рекомендацій, важливо не лише видати текстовий список продуктів, а й показати користувачу, як він може виглядати з цими засобами. Для цього система реалізовує генерацію зображення з макіяжем, накладеним на обличчя користувача. Такий підхід перетворює рекомендації на наочний віртуальний «тест-драйв», де людина одразу бачить, як виглядатиме той чи інший образ. Процес виглядає наступним чином: після того, як алгоритми визначили тон шкіри, форму обличчя, зони акценту і підібрали косметику, система бере зображення користувача або кадр з камери і формує візуальний результат – тобто «малює» губну помаду на губах, тіні на повіках, коректор, рум'яна, або навіть змінює форму брів. Макіяж при цьому враховує розташування ключових точок обличчя, щоб виглядати максимально реалістично – не як графічна маска, а як справжній макіяж, з урахуванням об'єму, світлотіней, блиску, напівпрозорості текстур. Це створює ефект доповненої реальності (AR), навіть якщо працює з фотографією, тому що користувач бачить себе з обраним образом і може вирішити, чи підходить йому така палітра або стиль. У динамічному режимі, наприклад через фронтальну камеру, система може працювати в реальному часі, даючи змогу «приміряти» різні варіанти макіяжу, не використовуючи жодного фізичного засобу.

Додатково можна підключити збереження історії рекомендацій - значно підвищить зручність та персоналізацію взаємодії з системою. Вона дозволяє користувачеві повертатися до раніше сформованих образів, переглядати, що саме

Йому вже рекомендувалось, зберігати найвдаліші варіанти та бачити власну динаміку або зміну вподобань.

Реалізується така функція зазвичай через внутрішню базу даних або локальне сховище, де кожна рекомендація зберігається у вигляді об'єкта, що містить набір косметичних засобів, параметри обличчя, дату створення, а також, можливо, зображення з віртуальним макіяжем. Користувач, заходячи до відповідного розділу інтерфейсу, бачить історію з мініатюрами, описами образів або навіть тегами за стилем. Також доцільно реалізувати функцію «Обране» або закладок, коли користувач може натиснути «зберегти», і цей образ залишиться у спеціальному списку. Це зручно для подальших повторних покупок, планування макіяжу під події, або просто для зберігання улюблених комбінацій.

У розширеному варіанті історія може бути синхронізована з обліковим записом, що дозволяє користувачу отримати доступ до своїх образів з будь-якого пристрою. Також це відкриває можливість побудови аналітики, наприклад система може показати, які кольори найчастіше обирає користувач, або які бренди косметики для нього найтипівіші. Такий рівень індивідуального підходу створює не просто сервіс, а персонального б'юті-асистента, який запам'ятовує смаки та допомагає з вибором щоразу краще.

### 3.6. Інтерфейс програмно-апаратного засобу для підбору засобів декоративної косметики

У рамках реалізації інтерфейсу для програмно-апаратного засобу основна увага приділялася простоті, інтуїтивності та послідовності користувацьких дій. Інтерфейс має супроводжувати користувача на кожному етапі – від запуску камери й перевірки освітлення до отримання рекомендацій щодо макіяжу.

Після відкриття застосунку користувач бачить головний екран. Основне завдання головного екрану – надати користувачеві доступ до ключових функцій програми одним дотиком, не перевантажуючи інтерфейс зайвими деталями. У

центральної частині екрану зазвичай розташовується велика кнопка «Почати», яка запускає процес захоплення зображення. Це основна дія, на яку орієнтований користувач. Її можна візуально виділити, кольором та анімацією, щоб зробити інтерфейс «живим» і мотивувати до взаємодії.

Нижче або збоку розташовуватимуться додаткові елементи: індикатор стану з'єднання з апаратною частиною, кнопка історії та кнопка налаштування. Індикатор стану з'єднання інформує, чи система має зв'язок з пристроєм через Bluetooth. Якщо світло не підключене, користувач побачить попередження або рекомендацію підключити його. Кнопка «Налаштування» дає змогу керувати параметрами камери, освітлення, Bluetooth-з'єднання з Arduino-контролером або змінити мову інтерфейсу. Кнопка «Історія», відкриває збережені результати попередніх аналізів – зручно для користувачів, які хочуть порівняти ефекти різного макіяжу або повернутись до улюбленого варіанту.

Візуально головний екран може оформлюватись у світлих тонах із делікатною типографікою та іконками – усе для того, щоб викликати довіру, комфорт і естетичне задоволення. Важливо, щоб усі дії були доступні у 1-2 кліки, без необхідності довгого пошуку або пояснень.

Після натискання кнопки «Почати» з головного екрану, користувач потрапляє на цей етап, де активується камера пристрою й виводиться живе прев'ю обличчя в реальному часі. У візуальному плані основну частину екрану займає вікно зображення з камери, реалізоване через компонент PreviewView з бібліотеки CameraX. Це дозволяє відображати відеопотік із фронтальної камери, при цьому забезпечуючи високу якість та низьку затримку. Поверх зображення накладені графічні підказки: рамка та контур обличчя, що допомагає користувачеві правильно розмістити себе в кадрі, зберігаючи симетричність і оптимальну відстань. Іноді використовується текстовий індикатор, наприклад: «Будь ласка, подивіться прямо в камеру» або «Забезпечте рівномірне освітлення обличчя».

Важливою частиною екрану є перевірка освітлення. Система аналізує поточний рівень яскравості кадру, і якщо він недостатній, видає попередження:

«Недостатнє освітлення. Увімкніть світло або перемістіться ближче до джерела світла». У разі використання зовнішнього LED-кільця з керуванням через Arduino, користувач може його вмикати прямо з цього екрана натисканням на відповідну кнопку.

Після того як обличчя розпізнано, а умови зйомки вважаються прийнятними, активується кнопка «Зробити фото». Натискання цієї кнопки ініціює збереження зображення в пам'ять і передає його в наступний модуль – аналітичний. На цьому ж екрані пропонується варіант завантаження фото з галереї. Усе це доповнюється індикаторами стану: завантаження, доступності камери, наявності з'єднання з апаратною частиною через Bluetooth, щоб користувач завжди розумів, що саме відбувається у фоновому режимі.

Після того як користувач захопив зображення або обрав фото з галереї, система автоматично перенаправляє його на екран обробки – це своєрідний аналітичний центр, де відбувається вся «чорнова» робота алгоритмів. Цей екран не перевантажений інтерфейсом, адже головна його функція – показати, що система працює, і дати користувачеві зрозуміти, що зображення аналізується. Візуально цей екран може містити індикатор прогресу або анімацію, наприклад, розпізнавання обличчя та схематичне підсвічування його рис. Щоб уникнути очікування, що здається довгим, екран обробки повинен бути інтерактивним: показувати короткі поради або мікрофакти про косметичні засоби, або динамічні підказки на кшталт порад.

Після успішного захоплення зображення користувач переходить до результатів. У верхній частині екрану розміщується оброблене зображення користувача, на яке віртуально накладено косметичні. Ця функція реалізує візуалізацію результатів, наближену до доповненої реальності, й дозволяє користувачеві отримати попередній перегляд зовнішнього вигляду з обраним макіяжем. Нижче розміщується список рекомендованих косметичних продуктів, згрупованих за категоріями (тональні основи, помади, тіні, олівці, хайлайтери тощо). Для кожного засобу вказується назва, короткий опис, відтінок, а також

					КВРКІ.210245.21.02.50 ПЗ	Арк. 54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

логічне обґрунтування вибору на основі параметрів користувача. При наявності з'єднання з інтернетом система може підвантажувати дані з API магазинів і надавати прямі посилання для придбання рекомендованих засобів. Також передбачено такі додаткові елементи, як «Зберегти в обране», «Спробувати ще раз», «Порівняти».

Усе візуальне оформлення інтерфейсу витримано у мінімалістичному стилі, з акцентом на косметичну тематику: ніжні кольори, сучасна типографіка, плавні анімації. Це створює комфортну атмосферу, близьку до професійних б'юті-сервісів. Палітра кольорів теж грає ключову роль: перевага надається світлим, нейтральним тонам – білому, кремовому, нюдовому. В якості акцентів я використовую пастельний відтінок рожевого. Якщо й вводити контраст, то дуже делікатно – я обрала яскравий рожевий.

Типографіка має бути чистою – обираю шрифти без засічок, сучасні, з плавним начертанням. Усі заголовки помітні, але не кричущі, допоміжний текст легкий, не відволікаючий. Щодо іконок, вони мають бути витонченими, в outline-стилі, з чіткими образами - помада, очі, хайлайтер, камера. Вони мають одразу викликати асоціацію з функцією, не потребуючи пояснень.

Звісно, усе оформлення має підсилювати відчуття фокусу на обличчі. Інтерфейс не має домінувати, він має доповнювати. Коли користувач відкриває камеру чи переглядає рекомендації – саме його зображення та макіяж у центрі уваги. Навігація проста: кілька зрозумілих розділів, без зайвих рухів. Анімації – плавні, ненав'язливі.

І ще додатково можна реалізувати такі деталі: скелетон-екрани під час завантаження, легкі підсвічування елементів, опціональна темна тема.

### 3.7. Висновки до третього розділу

У результаті поетапної розробки ключових функціональних модулів системи вдалося сформувати цілісну програмно-апаратну платформу, здатну здійснювати

					КВРКІ.210245.21.02.50 ПЗ	Арк. 55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

інтелектуальний підбір декоративної косметики на основі аналізу зовнішності користувача. У процесі реалізації модулю захоплення зображення були враховані як технічні характеристики камери, так і умови освітлення, що дозволяє з максимальною точністю фіксувати візуальні дані обличчя. Була передбачена можливість попереднього перегляду, перевірка доступності камери, а також сценарії обриву підключення, що робить систему стійкою до типових помилок користувача або апаратної частини.

Модуль освітлення став важливою складовою, адже точність виявлення кольорів і дрібних деталей напряму залежить від якості світла. Була реалізована взаємодія із зовнішнім LED-освітленням через Arduino-контролер, а також програмна перевірка рівня яскравості зображення, що дозволяє не лише коригувати умови зйомки, а й своєчасно попереджати користувача про необхідність повторного кадру. Таким чином, система здатна динамічно адаптуватися до навколишнього середовища.

Подальша обробка базується на модулі аналізу обличчя, що здійснює детекцію ключових зон – очей, носа, губ, та формує основу для геометричної інтерпретації індивідуальних рис. Це дає змогу оцінити симетрію, форму обличчя, пропорції, та зробити висновки щодо доцільних акцентів. На цьому етапі були використані каскадні класифікатори та алгоритми визначення ключових точок. Модуль фільтрації акцентів реалізовано як окрему систему прийняття рішень, що базується на даних обробки: залежно від аналізу пропонується тип макіяжу з акцентом на очі, губи чи шкіру. Конфлікти між одночасними акцентами вирішуються через внутрішній пріоритет та врахування природних особливостей обличчя.

Модуль фільтрації виду макіяжу дозволяє вибирати стиль макіяжу. Цей вибір також ґрунтується на поєднанні вхідних даних та переваг користувача. На основі всіх попередніх етапів формується система рекомендацій, яка пропонує перелік косметичних засобів із зазначенням відтінків, текстур, брендів. Додатково впроваджено візуалізацію результату через накладання віртуального макіяжу на

зображення користувача, що створює ефект доповненої реальності й дозволяє бачити можливий результат ще до покупки.

Завершує систему інтерфейс, розроблений у сучасному мінімалістичному стилі з пастельною палітрою, плавною навігацією та зручним доступом до всіх етапів: захоплення, обробки, результатів. Кожен екран несе свою функцію, водночас залишаючись частиною єдиного гармонійного дизайну. Такий підхід забезпечує не лише технічну ефективність системи, а й приємний користувацький досвід, що сприяє довірі та повторному використанню. Отже, реалізація програмних і апаратних модулів демонструє комплексний, сучасний підхід до задачі інтелектуального підбору декоративної косметики.

					КВРКІ.210245.21.02.50 ПЗ	Арк. 57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ

У роботі за результатами виконаних теоретичних та практичних досліджень було реалізовано програмно-апаратний засіб для інтелектуального підбору засобів декоративної косметики на основі аналізу зовнішніх ознак користувача. Сформовано цілісну архітектуру системи, яка поєднує апаратну частину (камера, освітлення) із програмними модулями аналізу, обробки, фільтрації та рекомендацій.

У першому розділі проведено аналіз існуючих програмно-апаратних систем у сфері косметології, розглянуто підходи до обробки візуальної інформації та здійснено класифікацію методів розпізнавання зовнішніх характеристик. Оцінено сучасні рішення, їхні переваги й недоліки, що дозволило сформулювати вимоги до розроблюваної системи.

У другому розділі проведено проєктування системи: сформульовано вимоги до апаратної частини, описано модулі програмної обробки – від захоплення зображення до формування рекомендацій. Розроблено логіку обробки кадру, детекції обличчя, визначення геометрії зон, аналізу форми та кольору. Описано механізми фільтрації за типом макіяжу й візуалізації результатів. Запропоновано можливості подальшого розвитку: віртуальне дзеркало, історія рекомендацій, голосовий інтерфейс, інтеграція з соцмережами.

У третьому розділі безпосередньо реалізовано ключові модулі системи: налаштовано модуль захоплення зображення з урахуванням технічних параметрів камери та перевірки підключення, реалізовано керування освітленням через Arduino та програмний аналіз рівня яскравості. Побудовано механізм детекції обличчя й розпізнавання ключових зон. На основі геометричних і кольорових характеристик реалізовано фільтрацію акцентів та визначення відповідного виду макіяжу. Сформовано персоналізовані рекомендації з візуалізацією у вигляді накладання макіяжу на зображення користувача. Крім того, впроваджено інтерфейс

					КВРКІ.210245.21.02.50 ПЗ	Арк.
						58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

у сучасному стилі з чіткою структурою екранів, а також запропоновано можливість збереження історії.

У підсумку, у дипломній роботі створено багатофункціональний інтелектуальний засіб, що поєднує технічну точність, персоналізацію рекомендацій та зручність користування.

					КВРКІ.210245.21.02.50 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Бітаєва О. О. Доповнена реальність у видавничій сфері: монографія. Київ: Нац. ун-т «Києво-Могилянська академія», 2020. 120-150 с.
2. Міронова Т. В. Віртуальна і доповнена реальності в творчості українських мистців: монографія. Київ: Art and Design, 2021. 36-60 с.
3. Романенко А. Доповнена реальність у видавничо-поліграфічній галузі: монографія. Харків: ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2023. 105-120 с.
4. Кузьменко А. В. Перспективи використання технології доповненої реальності на базі об'єктів НІЕЗ «Переяслав»: монографія. Київ: Архіви України, 2021. 80-84 с.
5. Нікітіна Л. О., Дженюк Н. В. Доповнена реальність у телекомунікаціях: монографія. Харків: Контраст, 2023. 91-90 с.
6. Наливайко Н. А. Доповнена реальність у медичній освіті: монографія. Харків: ХНМУ, 2023. 99-100 с.
7. Абдалла А., Альошин Г. В., Вдовиченко І. Н. та ін. Кібербезпека та інформаційні технології: монографія. Харків: ДІСА ПЛЮС, 2020. 380-411 с.
8. Величко О. Ф., Гриб Д. А., Демідов Б. О. та ін. Методологічні й системотехнічні аспекти інформаційного забезпечення управління системами військового призначення: монографія. Київ: ХНУ ПС, 2021. С. 400.
9. Сокульський О. Є., Пташник В. В. Використання IoT-рішень в міжнародній логістиці: монографія. Дніпро: Пороги, 2019. 438-452 с.
10. Кіцила В. З., Бочкарьов О. Ю. Використання технологій глибинного навчання з підкріпленням у автономних мобільних кіберфізичних системах: монографія. Львів: ЛПНУ, 2020. (у складі збірника)
11. Федик Ю. А., Пуйда В. Я. Кіберфізична система оперативного контролю параметрів в реальному часі: монографія. Львів: ЛПНУ, 2020. (у складі збірника)
12. Гетьман М. Розпізнавання обличчя з використанням нейронних мереж: магістерська робота. Київ: Нац. ун-т «Києво-Могилянська академія», 2021. С. 150.

					КВРКІ.210245.21.02.50 ПЗ	Арк. 60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

13. Тимошин Ю. А., Орленко С. П. Алгоритм розпізнавання обличчя на базі CNN. Адаптивні системи автоматичного управління. Харків: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 166-173 с.

14. Аврунін О. Г., Владов С. І., Петченко М. В. та ін. Інтелектуальні системи автоматизації: монографія. Харків: ХНУРЕ, 2021. С. 300.

15. Ван Чунжі, Яцишин С. П., Лиса О. В., Мідик А.-В. В. Кіберфізичні системи та їх програмне забезпечення: монографія. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2018. 38-39 с.

16. Павленко В. І., Сітало І. А., Валківська Є. Ю. Кіберфізичні системи: монографія. Харків: ХНУРЕ, 2020. С. 20.

17. Кіберфізичні системи: багаторівнева організація та проектування: монографія. Київ: Магнолія, 2024. 238-241 с.

18. Невлюдов І. Ш., Євсєєв В. В., Андрусевич А. О. та ін. Моделі та методи кіберфізичних виробничих систем в концепції Industry 4.0: монографія. Харків: ХНУРЕ, 2023. 321-328 с.

19. Розпізнавання облич з елементами доповненої реальності [35-ша Міжнар. наук.-практ. конф. MicroCAD-2023]; уклад.: О. В. Тоніца, К. Д. Копеліович, С. М. Решетнікова. Харків, 2023. С. 8.

20. Розробка системи розпізнавання обличчя людини у відеопотоці з доповненою реальністю: кат. вист. Ун-т «КРОК» ; уклад.: Т. О. Ковалькова, Г. А. Ковальчук. Київ, 2022. 12-13 с.

21. Електронний каталог виставки технічної творчості молоді. Комп'ютерний дизайн (системи AR-книги): кат. вист. Наук. Б-ка ХНУРЕ; уклад.: А. В. Рабко. Харків, 2021. 10-12 с.

22. Електронний каталог 27-ї виставки технічної творчості молоді. Програмно-апаратні розробки (рішення з детекції обличчя): кат. вист. Наук. Б-ка ХНУРЕ; уклад.: О. Д. Кашкін. Харків, 2023. 14-23 с.

					КВРКІ.210245.21.02.50 ПЗ	Арк. 61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

23. Каталог обладнання відеоспостереження та програмних систем розпізнавання облич: кат. вист. ТОВ «Українські інфосистеми»; уклад.: тех. відділ. Київ, 2020. 32-35 с.

24. Виставка CES 2022: Smart-гаджети, VR, доповнена реальність: кат. Robotics.ua ; уклад.: редакція Robotics.ua. 2022. 20-21 с.

25. Сучасні освітні технології: доповнена реальність у STEM-освіті: кат. вист. «Education Pakhomova»; уклад.: Н. Худяков. Україна, 2020. 15-17 с.

26. Каталог програмного забезпечення із демонстрацією алгоритмів ембедінгу облич: кат. вист. Наук. Б-ка ХНУРЕ; уклад.: О. Д. Кашкін. Харків, 2023. 8-11 с.

27. Каталог обладнання IoT-модулів і LED-освітлення для кіберфізичних систем: кат. вист. ТОВ «Українські інфосистеми» ; уклад.: відділ R&D. Київ, 2021. 24-29 с.

28. Каталог постачальників електронних компонентів і сенсорів: кат. вист. SearchIP.in.ua; уклад.: редакція SearchIP. Україна, 2024. 28-37 с.

29. Онищенко Н. Р. Програмно-апаратна система екстреного оцінювання серцево-судинної системи - детекція облич для аналізу стану пацієнта. *Вчені записки ТНУ імені В. І. Вернадського. Серія: Технічні науки*. 2023. № 5. С.10. URL: [https://tech.vernadskyjournals.in.ua/journals/2023/5\\_2023/5\\_2023.pdf](https://tech.vernadskyjournals.in.ua/journals/2023/5_2023/5_2023.pdf) (дата звернення: 25.05.2025 р.)

30. Онищенко Н. Р. Детекція обличчя людини у відеопотоці з використанням дескрипторів ключових точок. *Матеріали XLVII наук.-техн. конф.* (2018) Вінниця: Вінниц. торг.-екон. ун-т. URL: [https://conferences.vntu.edu.ua/public/files/1/fitki\\_2018\\_netpub.pdf](https://conferences.vntu.edu.ua/public/files/1/fitki_2018_netpub.pdf) (дата звернення: 25.05.2025 р.)

31. Білявська Ю. В. Доповнена реальність у цифровому маркетингу: досвід для косметичної сфери // *Маркетинг майбутнього: виклики та реалії*. 2024. С.12. URL: [https://duikt.edu.ua/uploads/p\\_2661\\_45052589.pdf](https://duikt.edu.ua/uploads/p_2661_45052589.pdf) (дата звернення: 25.05.2025 р.)

					КВРКІ.210245.21.02.50 ПЗ	Арк. 62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

32. Тоніца О. В., Копеліович К. Д., Решетнікова С. М. Розпізнавання обличчя з елементами доповненої реальності. MicroCAD-2023. Харків, 2023. С. 41. URL: <https://dspace.onua.edu.ua/bitstreams/44962269-dd2e-48d6-85e7-339dd552151c/download> (дата звернення: 26.05.2025 р.)

33. Robotics.ua. Виставка CES 2022: Smart-гаджети, VR, доповнена реальність. Robotics.ua. 2022. 20-23 с. URL: <https://robota.ua/ces2022-ar> (дата звернення: 26.05.2025 р.)

34. Яловега О. В., Мельник Р. А. Система виявлення обличчя на зображенні з використанням глибинної згорткової нейронної мережі. Scientific Bulletin of UNFU. 2024. № 3. С. 5. URL: <https://nv.nltu.edu.ua/index.php/journal/article/view/2409> (дата звернення: 26.05.2025 р.)

35. Тимошин Ю. А., Орленко С. П. Алгоритм розпізнавання обличчя людей на базі згорткової нейронної мережі. Адаптивні системи автоматичного управління. 2018. № 32. 166-173 с. URL: <https://asac.kpi.ua/article/view/145629> (дата звернення: 26.05.2025 р.)

36. Гребенюк А. М., Прокопов С. О., Рибальченко Л. В. Використання технологій розпізнавання обличчя на відео- та фотозображеннях : методичні рекомендації. ДДУВС, 2023. 48-58 с. URL: <https://er.dduvs.edu.ua/handle/123456789/13273> (дата звернення: 26.05.2025 р.)

37. Петров Д. М., Черних О. П., Заковоротний О. Ю. Інтелектуальні методи та програмні компоненти розпізнавання обличчя людини для сучасних систем відеоспостереження. Тези ПІМ-2023. Харків-Одеса, 2023. С. 90. URL: <https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/70184> (дата звернення: 26.05.2025 р.)

38. Доповнена реальність в соціальних мережах: як AR технології змінюють взаємодію та маркетинг. Economy Confer. 2023. С. 15. URL: <https://www.economy-confer.com.ua/full-article/5255/> (дата звернення: 27.05.2025 р.)

39. Використання інтелектуального робота-консультанта в магазині косметики EVA. URL: <https://images.app.goo.gl/CakGBWAY9vKVzcvz5>

					КВРКІ.210245.21.02.50 ПЗ	Арк. 63
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

40. Рекламна кампанія Modiface. URL: <https://images.app.goo.gl/i4BaEGs8dL2h55Ld7>
41. Розумне дзеркало HiMirror. URL: <https://images.app.goo.gl/ChEesRVAtcm8AnYj7>
42. Детекція обличчя Evergreen. URL: [https://evergreens.com.ua/assets/images/articles/face-id/face\\_id\\_abilities.png](https://evergreens.com.ua/assets/images/articles/face-id/face_id_abilities.png)
43. Виділення ключових точок. URL: <https://access.u-prox.systems/wp-content/uploads/2020/10/facial-recognition-biometrics-vectors-1-e1509551990917.jpeg>
44. Редакція UX.pub. Покроковий посібник по роботі в Figma. Урок зі створення мобільного додатка. UX.pub. 2021. № 29. URL: <https://ux.pub/editorial/pokrokovie-kierivnitstvo-po-roboti-v-figma-urok-zi-stvoriennia-mobilnogho-dodatka-53a9> (дата звернення: 27.05.2025 р)
45. Редакція ВолиньPost. Дизайн-системи в Figma: чим корисна ця платформа. ВолиньPost. 2023. URL: <https://www.volynpost.com/articles/2289-dyzajn-systemy-v-figma-chym-korysna-cia-platforma> (дата звернення: 27.05.2025 р)
46. Елеонора Керрі. Тренди Java в 2021 році: Kotlin, мікросервісна архітектура та Kubernetes. JavaRush, Java блог, Random UA. 2023. С. 94. URL: <https://javarush.com/ua/groups/posts/uk.3141.trendi-java-v-2021-roc-kotlin-mkroservsna-arkhtektura-ta-kubernetes> (дата звернення: 27.05.2025 р)
47. W3SchoolsUA. Kotlin Інтро. Уроки для початківців. W3Schools українською. 2023. URL: [https://w3schoolsua.github.io/kotlin/kotlin\\_intro.html](https://w3schoolsua.github.io/kotlin/kotlin_intro.html) (дата звернення: 29.05.2025 р)
48. Козуб Г.О., Козуб Ю.Г., Могильний Г.А., Жуков А.В. Розробка мобільного Android-додатку з застосуванням принципів Clean Architecture (Kotlin). Вісник Східноукраїнського національного університету імені В. Даля. 2021. URL: <https://journals.snu.edu.ua/index.php/VisnikSNU/article/view/38> (дата звернення: 29.05.2025 р)

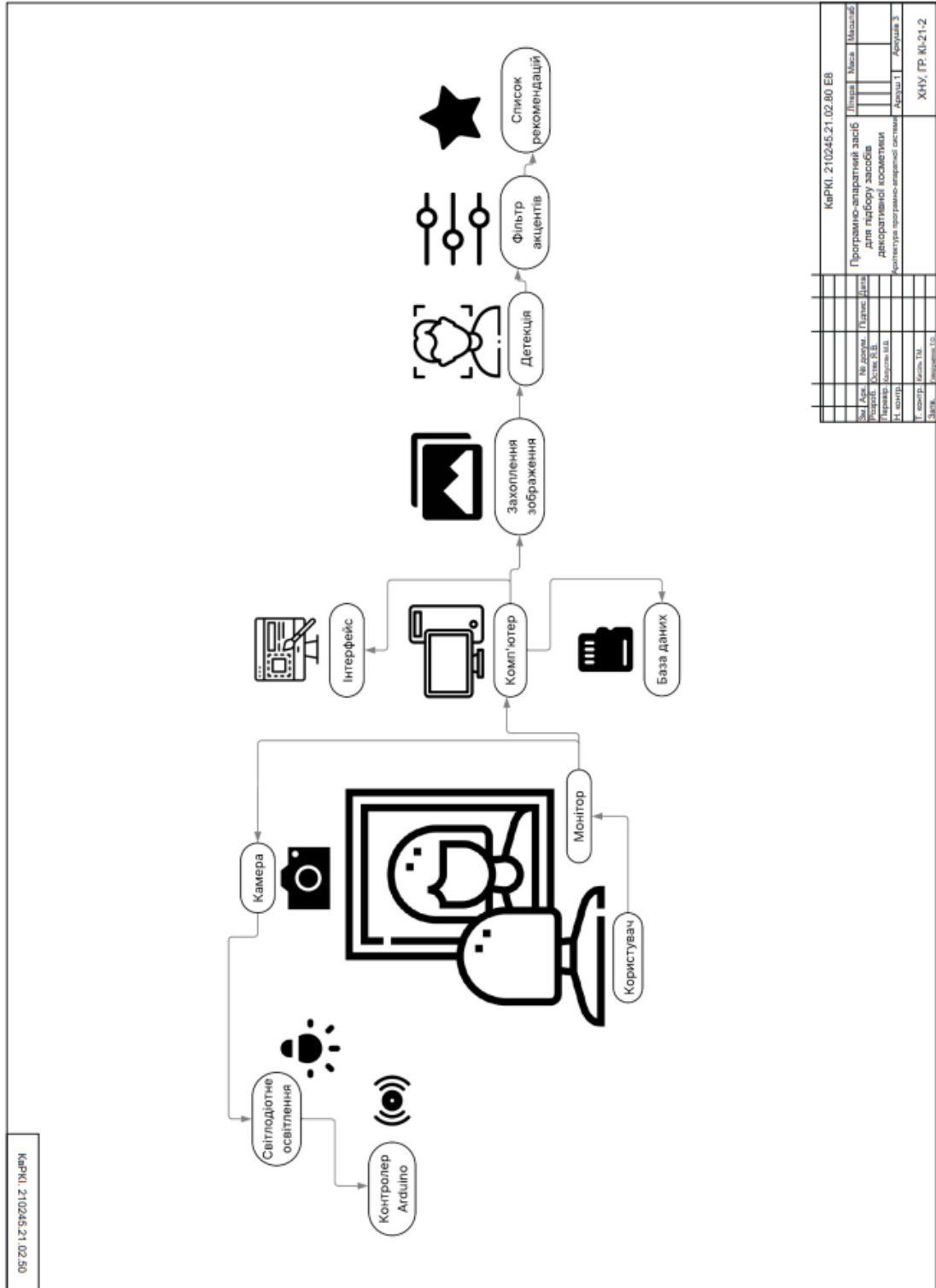
49. Матвієнко С. В. Вступ до OpenCV: комп'ютерний зір із прикладами. ITMaster. 2022. URL: <https://itmaster.biz.ua/programming/vision/opencv.html> (дата звернення: 30.05.2025 р)

50. Міністерство освіти і науки України. Обробка зображень з використанням бібліотеки OpenCV. Електронний навчально-методичний комплекс для дисципліни «Комп'ютерний зір». 2023. С. 66. URL: <https://ekmair.ukma.edu.ua/bitstreams/aec29f84-f7d6-4647-9113-6621621ce913/download> (дата звернення: 31.05.2025 р)

					КВРКІ.210245.21.02.50 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

Додаток А  
(обов'язковий)

КОПІЯ КРЕСЛЕННЯ «АРХІТЕКТУРА ПРОГРАМНО-АПАРАТНОЇ СИСТЕМИ»





**Додаток В**  
(обов'язковий)

**КОПІЯ КРЕСЛЕННЯ «ФУНКЦІЇ ТА ЗАВДАННЯ  
ПРОГРАМНО-АПАРАТНОЇ СИСТЕМИ»**

05.20.12.54202.210245.00		КЕРКЛ 210245.21.02.50.ЕВ	
1. Збір зображення обличчя користувача		<ul style="list-style-type: none"> <li>- захоплення фото та відео з камери;</li> <li>- замалювання зображення з пристрою;</li> </ul>	
2. Визначення ключових зовнішніх параметрів		<ul style="list-style-type: none"> <li>- аналіз тону шкіри, типу шкіри, кольору очей, волосся, форми обличчя з використанням комп'ютерного зору</li> </ul>	
3. Попередня обробка даних		<ul style="list-style-type: none"> <li>- фільтрація;</li> <li>- нормалізація зображення;</li> <li>- виділення обличчя;</li> <li>- усунення шуму;</li> <li>- виноска хорошого освітлення</li> </ul>	
4. Формування рекомендацій на основі зовнішності		<ul style="list-style-type: none"> <li>- вибір косметичних продуктів за заданими ознаками користувача з бази знань або бази товарів;</li> <li>- вибір стилю користувачем;</li> <li>- вибір акценту на певній частині обличчя</li> </ul>	
5. Персоналізація рекомендацій		<ul style="list-style-type: none"> <li>- впровадження вполювань по категорії брендів</li> </ul>	
6. Вивід результатів у зручному форматі		<ul style="list-style-type: none"> <li>- фото до/після;</li> <li>- список підібраних продуктів;</li> <li>- кнопки «сходити до кошика», «зберегти», «порівняти»</li> </ul>	
7. Інтеграція з платформами продажу		<ul style="list-style-type: none"> <li>- API-з'язок з інтернет-магазинами для актуальної інформації про ціни, наявність, вартість;</li> <li>- зворотний зв'язок</li> </ul>	
8. Можливість повторного аналізу		<ul style="list-style-type: none"> <li>- збереження історії користування для повторного звернення або порівняння результатів</li> </ul>	
9. Забезпечення безпеки персональних даних користувача		<ul style="list-style-type: none"> <li>- шифрування зображень, збереження локально або за згодою користувача</li> </ul>	

№	Акт	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.	Осма Н.В.			
Провер.	Корчак М.В.			
Р. впер.				Апрель 3
Р. впер.	Осма Н.В.			Апрель 3
Дата:	КЕРКЛ 210245.21.02.50.ЕВ			
	Програмно-апаратний засіб для підбору засобів декоративної косметики персоналізованої системи			
	ХНУ, ГР №1-21-2			

**Додаток Г**  
**(обов'язковий)**  
**КОД ПРОГРАМИ**

```
fun analyzeLighting(image: ImageProxy): Boolean {
    val buffer = image.planes[0].buffer
    val bytes = ByteArray(buffer.remaining())
    buffer.get(bytes)

    val averageLuminance = bytes.map { it.toInt() and 0xFF
}.average()

    image.close()

    val threshold = 50.0

    return averageLuminance > threshold
}

class PwmController(private val context: Context) {

    private val bluetoothAdapter =
BluetoothAdapter.getDefaultAdapter()
    private var socket: BluetoothSocket? = null
    private val deviceName = "MyArduino"

    fun connect() {
        val device = bluetoothAdapter?.bondedDevices?.firstOrNull {
it.name == deviceName }
        device?.let {
            val uuid = it.uuids.first().uuid
            socket = it.createRfcommSocketToServiceRecord(uuid)
            bluetoothAdapter.cancelDiscovery()
            socket?.connect()
        }
    }
}
```

```

    }
}

fun sendPwm(value: Int) {
    val safeValue = value.coerceIn(0, 255)
    val command = "$safeValue\n"
    socket?.outputStream?.write(command.toByteArray())
}

fun disconnect() {
    socket?.close()
}
}

class ArduinoController(private val context: Context) {

    private val bluetoothAdapter: BluetoothAdapter? =
BluetoothAdapter.getDefaultAdapter()
    private var socket: BluetoothSocket? = null
    private val arduinoDeviceName = "MyArduino" //

    fun connect() {
        val device = bluetoothAdapter?.bondedDevices?.firstOrNull {
it.name == arduinoDeviceName }
        device?.let {
            val uuid = it.uuids.first().uuid
            socket = it.createRfcommSocketToServiceRecord(uuid)
            bluetoothAdapter.cancelDiscovery()
            socket?.connect()
        } ?: Log.e("Arduino", "Пристрій не знайдено")
    }

    fun send(command: String) {
        try {
            socket?.outputStream?.write(command.toByteArray())

```

```

    } catch (e: IOException) {
        Log.e("Arduino", "Помилка при надсиланні: $command", e)
    }
}

fun disconnect() {
    socket?.close()
}

}

class MainActivity : AppCompatActivity() {
    private lateinit var previewView: PreviewView
    private lateinit var imageCapture: ImageCapture

    override fun onCreate(savedInstanceState: Bundle?) {
        super.onCreate(savedInstanceState)
        setContentView(R.layout.activity_main)

        previewView = findViewById(R.id.previewView)
        startCamera()

        findViewById<Button>(R.id.captureButton).setOnClickListener
    {
        takePhoto()
    }
}

private fun startCamera() {
    val cameraProviderFuture =
ProcessCameraProvider.getInstance(this)
    cameraProviderFuture.addListener({
        val cameraProvider = cameraProviderFuture.get()
        val preview = Preview.Builder().build().also {
            it.setSurfaceProvider(previewView.surfaceProvider)
        }
    }
}

```

```

        imageCapture = ImageCapture.Builder().build()
        val cameraSelector = CameraSelector.DEFAULT_FRONT_CAMERA

        cameraProvider.unbindAll()
        cameraProvider.bindToLifecycle(this, cameraSelector,
preview, imageCapture)
    }, ContextCompat.getMainExecutor(this))
}

private fun takePhoto() {
    val file = File(filesDir, "face.jpg")
    val outputOptions =
ImageCapture.OutputFileOptions.Builder(file).build()

        imageCapture.takePicture(outputOptions,
ContextCompat.getMainExecutor(this),
            object : ImageCapture.OnImageSavedCallback {
                override fun onImageSaved(result:
ImageCapture.OutputFileResults) {
                    Toast.makeText(this@MainActivity, "Фото
збережено", Toast.LENGTH_SHORT).show()
                }

                override fun onError(e: ImageCaptureException) {
                    Toast.makeText(this@MainActivity, "Помилка",
Toast.LENGTH_SHORT).show()
                }
            })
}
}

class FaceAnalyzer(private val context: Context) {

    private val faceCascade = CascadeClassifier()

```

```

private val eyeCascade = CascadeClassifier()
private val noseCascade = CascadeClassifier()
private val mouthCascade = CascadeClassifier()

init {

faceCascade.loadResource(R.raw.haarcascade_frontalface_default)
    eyeCascade.loadResource(R.raw.haarcascade_eye)
    noseCascade.loadResource(R.raw.haarcascade_mcs_nose)
    mouthCascade.loadResource(R.raw.haarcascade_smile)
}

fun analyzeFace(frame: Mat): List<Rect> {
    val gray = Mat()
    Imgproc.cvtColor(frame, gray, Imgproc.COLOR_BGR2GRAY)

    val faces = MatOfRect()
    faceCascade.detectMultiScale(gray, faces)

    for (face in faces.toArray()) {
        val faceROI = gray.submat(face)

        val eyes = MatOfRect()
        eyeCascade.detectMultiScale(faceROI, eyes)

        val nose = MatOfRect()
        noseCascade.detectMultiScale(faceROI, nose)

        val mouth = MatOfRect()
        mouthCascade.detectMultiScale(faceROI, mouth)

        Log.d("FaceAnalyzer", "Face: ${face}, Eyes:
        ${eyes.toArray().size}, Nose: ${nose.toArray().size}, Mouth:
        ${mouth.toArray().size}")
    }
}

```

```

        return faces.toList()
    }

    private fun CascadeClassifier.loadResource(@RawRes resId: Int) {
        val inputStream = context.resources.openRawResource(resId)
        val cascadeDir = context.getDir("cascade",
Context.MODE_PRIVATE)
        val cascadeFile = File(cascadeDir, "cascade.xml")
        FileOutputStream(cascadeFile).use { output ->
            inputStream.copyTo(output)
        }
        this.load(cascadeFile.absolutePath)
    }
}

{
    "selected_accent": "eyes",
    "preferred_style": "daily",
    "skin_tone": "light",
    "color_type": "cool"
}

{
    "id": "prd123",
    "name": "Матова помада Velvet Kiss",
    "type": "lipstick",
    "target_zone": "lips",
    "accent_strength": "strong",
    "finish": "matte",
    "tone": "warm",
    "color": "#A31234",
    "style_tags": ["evening", "bold", "accent_lips"]
}

```

```
{
  "name": "Туш для вій Black Volume",
  "type": "mascara",
  "target_zone": "eyes",
  "accent_strength": "medium",
  "style_tags": ["daily", "accent_eyes"]
},
{
  "name": "Тіні Smoky Cool Brown",
  "type": "eyeshadow",
  "target_zone": "eyes",
  "accent_strength": "strong",
  "tone": "cool",
  "style_tags": ["evening", "accent_eyes"]
}
```

## Протокол аналізу звіту подібності експертом

Заявляю, що я ознайомився (-лась) з Повним звітом подібності, який був згенерований Системою виявлення і запобігання плагіату щодо роботи:

Автор: Яна ОСТЯК

Співавтор:

Назва: ОСТЯК\_Програмно-апаратний засіб для підбору засобів декоративної косметики

Експерт:

Підрозділ: Кафедра комп'ютерної інженерії та інформаційних систем

Коефіцієнт подібності 1:2.4%

Коефіцієнт подібності 2:0.2%

Мікропробіли: 7

Заміна букв: 4

Інтервали: 0

Білі знаки: 22

Дата створення звіту: 2025-06-16 07:16:14.0

Після аналізу Звіту подібності констатую наступне:

Запозичення, виявлені в роботі є законними і не є плагіатом. Рівень подібності не перевищує допустимої межі. Таким чином робота незалежна і приймається.

Запозичення не є плагіатом, але перевищено граничне значення рівня подібностей. Таким чином робота повертається на доопрацювання.

Виявлено запозичення і плагіат або навмисні текстові спотворення (маніпуляції), як передбачувані спроби укриття плагіату, які роблять роботу невідповідною вимогам законодавства (Ст. 32. ЗУ Про вищу освіту, пункт 3.1, Ст. 42, ЗУ Про освіту) та вимог НАЗЯВО (Критерій 5), а також кодексу етики і процедур. Таким чином робота не приймається.

Обґрунтування:

2025-06-16

Дата



Доцент Андрій Ніченорук

експерт

## Anti-Plagiarism (UA) v-15.281 Educational

The maximum coincidence with one document 0.0%

Dictionaries check: en\_US, ru\_RU, ua\_UA. Errors in the documents: 8%

ID: 245967 Title: БКР Програмно-апаратний засіб для підбору засобів декоративної косметики Added in a DB: 2025-06-16 Authors: Яна ОСТЯК Heads: Марія КАПУСТЯН Consultants: Opponents:	Document		Sum coincidence on the DB	
	Symbols	Lexemes	Symbols	Lexemes
	92715	699	816 (1%)	12 (2%)

### Plagiarism sources

ID	Description	Plagiarism presence in the document	
		Symbols	Lexemes

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Остяк Яна Володимирівна

Тема: Програмно-апаратний засіб для підбору засобів декоративної косметики

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Обсяг кваліфікаційної роботи:

Кількість листів креслень 3 Кількість сторінок записки 55

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень:

Метою кваліфікаційної роботи є розробка програмно-апаратної системи для інтелектуального підбору декоративної косметики за зовнішніми ознаками користувача. У процесі виконання роботи реалізовано взаємодію між апаратними компонентами камерою та модулем освітлення, керованим Arduino та програмною частиною, яка виконує детекцію обличчя, аналіз кольоротипу та формування рекомендацій. Основні рішення стосувались вибору архітектури системи, алгоритмів комп'ютерного зору з використанням Kotlin, моделювання освітлення та підбору зручного інтерфейсу користувача.

2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню:

Робота повністю відповідає поставленому завданню.

3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи:

У першому розділі проведено дослідження предметної області, аналіз сучасних програмно-апаратних засобів у сфері персоналізованої косметології, технологій комп'ютерного зору, засобів віртуального макіяжу. Виконано постановку задачі. У другому розділі розроблено загальну архітектуру системи, визначено перелік апаратних і програмних засобів, побудовано блок-схему взаємодії модулів, описано механізм детекції обличчя, алгоритм розпізнавання кольорових характеристик шкіри та реалізовано модуль підбору макіяжу. У третьому розділі реалізовано апаратну частину системи: камера для захоплення зображення, модуль освітлення з керуванням через Arduino, описано механізм обміну даними з комп'ютером, а також

реалізовано повноцінний програмний прототип у середовищі Kotlin із використанням OpenCV та Figma для UI-дизайну.

4. Позитивні сторони роботи:

Висока практична цінність, сучасна міждисциплінарна тематика, актуальність у сфері цифрової косметології, інтеграція знань з програмування, комп'ютерного зору, дизайну інтерфейсів і електроніки.

5. Негативні сторони роботи:

Недостатньо уваги приділено тестуванню системи на великій вибірці користувачів, що могло б дати змогу глибше оцінити точність та адаптивність підбору косметики.

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи: Пояснювальна записка оформлена коректно, згідно діючих стандартів оформлення документації.

7. Відгук про роботу в цілому: Робота виконана на достатньому науково-технічному рівні.

8. Інші зауваження: \_\_\_\_\_

9. Оцінка дипломної роботи: добре

Рецензент (прізвище, ім'я, по батькові, посада, місце роботи) к.т.н., доцент  
кафедри кібербезпеки Тешин Віктор Миколайович

"16" серпня 2025 р.

 (підпис)

Завідувачу кафедри КПС  
д-р. філософії, доц. Ользі ПАВЛОВІЙ

Яни ОСТЯК

ІІІВ здобувачі вищої освіти

ФІТ, 4 курсу, групи КІ2-21-2

### ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про систему забезпечення академічної доброчесності у Хмельницькому національному університеті» від 01.07.2022, згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений(а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на плагіат оповіщений(а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (Strike-Plagiarism та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

15. вересня 2025 року



**РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ**  
**КАФЕДРИ КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ**  
**ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ**

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: Програмно-апаратний засіб для підбору засобів декоративної косметики

Автор: Яна ОСТЯК

Спеціальність: 123- Комп'ютерна інженерія

Освітня програма: освітньо-професійна

Науковий керівник: Марія КАПУСТЯН, к.т.н, доцент

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом. Робота приймається до захисту.	відповідає
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої та електронної версії роботи	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнені. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	

Підтвердження:

Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом, оскільки:

- використані джерела розміщені переважно в оглядових та аналітичних розділах, які не стосуються авторського дослідження чи оригінальних результатів;
  - всі запозичення фрагментарні, супроводжуються належним бібліографічним оформленням та не перевищують допустимого обсягу;
  - деякі збіги зафіксовані як загальноживані формулювання або технічні терміни, що не мають ознак авторського стилю;
  - окремі виявлені збіги стосуються цифрових послідовностей (наприклад, двійкових кодів), які є стандартними елементами в задачах технічного моделювання та не підлягають авторському праву;
  - наявні в тексті умовні скорочення, символи або індекси, зафіксовані системою як «модифікації тексту», мають технічний характер і не є свідченням неоригінальності змісту.
- Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів/ідентичності/схожості StrikePlagiarism, складає 2.39% і адресується до 50 першоджерел; та системою Anti-Plagiarism складає 0.96%, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру наукового дослідження і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Керівник роботи

Гарант ОП

Завідувач кафедри КПС

Марія КАПУСТЯН

Андрій Нічепорук

Ольга ПАВЛОВА