





5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (слайдів)

1. Загальна послідовність задач (1 аркуш формату А4)

2. Визначення палітри зображення (1 аркуш формату А4)

3. Алгоритм визначення середнього представника групи (1 аркуш формату А4)

4. Моделі RGB і HSL (1 аркуш формату А4)

5. Схема кольорів відповідно відтінку (1 аркуш формату А4)

6. Вид PAD моделі в тривимірному просторі (1 аркуш формату А4)

7. Стартове вікно програмного засобу (1 аркуш формату А4)

8. Результат виконання аналізу зображення (1 аркуш формату А4)

6. Консультанти розділів роботи (п.6 включається до завдання за наявності консультантів згідно з наказом, зазначеним у п.1)

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання завдання на атестаційну роботу	23.10.2020	
2	Аналіз завдання, підбір літератури	26.10.20-28.10.20	
3	Аналіз літератури з досліджуваної проблеми	29.10.20-30.10.20	
4	Аналіз технічних засобів	02.11.20-06.11.20	
5	Розробка методу	09.11.20-11.11.20	
6	Програмна реалізація	12.11.20-13.11.20	
7	Оформлення пояснювальної записки	16.11.20-19.11.20	
8	Перевірка на плагіат	20.11.20	
9	Рецензування	22.11.20	
10	Підготовка презентації та доповіді	23.11.20	
11	Занесення роботи в електронний архів	27.11.20	
12	Попередній захист атестаційної роботи	30.11.20	

Дата видачі завдання 23 жовтня 2020 р.

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник роботи \_\_\_\_\_  
(підпис)

проф. Машталір С.В.  
(посада, прізвище, ініціали)

## РЕФЕРАТ/ABSTRACT

Пояснювальна записка до атестаційної роботи: 116 с., 11 табл., 48 рис., 1 дод., 70 джерел.

**PAD МОДЕЛЬ, ЕМОЦІЙНЕ ЗАБАРВЛЕННЯ, ПРОГНОЗУВАННЯ ПОВЕДІНКИ ЛЮДИНИ, ЕМОЦІЙНІ ОБЧИСЛЕННЯ, КОЛЬОРОВО-ЕМОЦІЙНИЙ ЗВ'ЯЗОК, МЕДІАННИЙ РОЗРІЗ, КЛАСТЕРНИЙ АНАЛІЗ, МЕТОД К-СЕРЕДНІХ.**

Метою дослідження є розробка методу для вирішення завдання визначення емоційного забарвлення зображення за кольоровою складовою шляхом виділення та аналізу домінуючих кольорів.

Об'єктом дослідження є послідовність рекламних зображень.

Досліджено питання визначення та аналізу кольорової складової зображення: реалізовано метод медіанного розрізу, проведено класифікацію кольорів за допомогою алгоритму дерева прийняття рішень та кластеризацію кольорів методом  $k$ -середніх, використано PAD модель для визначення емоційної складової кольорів на зображенні.

У результаті роботи здійснена програмна реалізація системи, що визначає емоційне забарвлення зображення на основі кольорової складової. Програмний продукт дозволяє визначити основні групи емоції, що можуть викликати різноманітні зображення.

**PAD MODEL, EMOTIONAL COLORING, PERSONAL BEHAVIOR PROSPECTS, AFFECTIVE COMPUTING, COLOR-EMOTIONAL CONNECTION, MEDIAN CUT, CLUSTER ANALYSIS, K-MEANS.**

The aim of the research is method development for solving the task of determining the emotional coloring by detecting and analyzing the dominant colors.

The object of the research is the sequence of advertising image objects.

The problem of determination and analysis of the color component of the image is investigated: the description of the method of determining the color of the image is presented, the method of the median cut, the classification of using the decision tree algorithm, the colors clustering using  $k$ -means method is performed. The PAD model is used to determine the emotional component of colors in the image.

The result of the work is a software tool that provides the user with the ability to determine the emotional background based on the color component of the image. The application allows you to identify the main groups of emotions that can cause a variety of images.

## ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів .....	7
Вступ.....	8
1 Аналіз предметної області та постановка задачі .....	9
1.1 Роль емоцій у сприйнятті кольорів .....	9
1.2 Суб’єктивність сприйняття кольору .....	12
1.3 Колірний тест Люшера .....	15
1.4 Дослідження кольорово-емоційного зв’язку .....	18
1.5 Проблематика визначення емоційного забарвлення зображення....	25
1.6 Вплив емоційного забарвлення зображення в сфері маркетингу ....	28
1.7 Роль аналізу кольору в індустрії моди.....	32
1.7.1 Сезонний кольоровий аналіз .....	32
1.7.2 Інститут кольору Pantone .....	34
1.8 Постановка задачі дослідження.....	36
2 Опис методу визначення кольорового забарвлення зображення.....	39
2.1 Визначення емоційного забарвлення зображення за обличчям.....	39
2.1.1 Розпізнавання емоцій за допомогою API від Microsoft .....	40
2.1.2 Використання Google Cloud Vision API для розпізнавання емоцій.....	41
2.1.3 Розпізнавання обличчя за допомогою FindFace SDK .....	43
2.1.4 Розпізнавання емоцій з використанням генетичного алгоритму .....	45
2.1.5 Класифікація емоцій з використанням нейронної мережі .....	49
2.1.6 Використання сервісу FaceReader .....	54
2.1.7 Використання сервісу Emovu .....	55
2.2 Визначення емоційного забарвлення зображення за кольоровою складовою .....	57
2.3 Огляд існуючих програмних засобів формування колірної схеми..	59
2.3.1 Огляд сервісу Photocora.....	60

	6
2.3.2 Огляд онлайн-сервісу ColorHunter.....	61
2.3.3 Огляд сервісу Adobe Kuler.....	61
2.3.4 Огляд інструменту Pictaculous .....	63
2.4 Опис алгоритму медіанного розрізу у визначенні палітри зображення .....	64
2.5 Класифікація кольорів та обчислення середнього представника класу .....	69
2.6 Опис алгоритму побудови дерева прийняття рішення .....	72
2.7 Кластерний аналіз .....	73
2.7.1 Застосування кластерного аналізу .....	74
2.7.2 Ітеративні методи кластеризації.....	76
2.7.3 Алгоритм $k$ -середніх.....	78
2.7.4 Метод $k$ -середніх у визначенні домінуючих кольорів на зображенні .....	80
2.8 Використання PAD моделі.....	81
3 Розробка програмного засобу та дослідження.....	88
3.1 Розробка архітектури програмного засобу.....	88
3.2 Обґрунтування вибору середовища програмної реалізації .....	90
3.3 Проектування програмного засобу .....	90
3.4 Розробка програмного засобу .....	93
3.5 Програмна реалізація.....	94
3.6 Аналіз якості реалізації за допомогою експертних оцінок .....	97
Висновки .....	106
Перелік джерел посилання .....	107
Додаток А Тестові зображення.....	114

## **ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ**

API – application programming interface (програмний інтерфейс програмного засобу)

AI – artificial intelligence

EDRS – emotion detection and recognition system

HSB (HSV) – Hue, Saturation, Brightness/Value

HSL – Hue, Saturation, Lightness

MVC – Model, View, Controller

PAD – Pleasure Arousal Dominance emotional state model

PMS – Pantone Matching System

RGB – Red, Green, Blue

SCA – Season Color Analysis

SDK – Software Development Kit

URL – Uniform Resource Locator

ГА – генетичний алгоритм

## ВСТУП

В наш час, з розвитком інформаційних технологій, системи розпізнавання емоцій (EDRS) та емоційні обчислення (affective computing) сформували власну екосистему в сфері розробок штучного інтелекту або artificial intelligence (AI).

Емоційні або афективні технології успішно подолали початкову фазу становлення. Вони перестали бути недосяжними і почали активно використовуватися на ринку. Ця наукомістка галузь стабільно демонструє вражаючі темпи зростання. Технології по розпізнаванню емоцій, фізіологічних станів, поведінкових шаблонів людини, усталені змістовно і термінологічно «емоційні обчислення». Такі обчислення ґрунтуються на міждисциплінарних методах, які використовують як природні, так і когнітивні науки.

Визначення емоційного стану людини складний і неоднозначний процес. Так як він залежить від множини факторів на біологічному рівні і так само варіюється від однієї людини до іншої.

Отже, метою даної роботи є розробка програмного засобу, що використовується для визначення емоційного забарвлення зображення шляхом аналізу домінуючих кольорів. Цільова аудиторія користувачів такого програмного засобу – спеціалісти з маркетингу та реклами. Також даний програмний засіб може використовуватися у психологічних наукових дослідженнях.

Програмний засіб повинен виконувати такі задачі: виділяти на зображенні основні кольори, тобто створювати палітру кольорів; визначати домінуючий колір, такий що займає найбільшу площину на зображенні; розбивати кольори на групи та обчислювати середнього представника групи; аналізувати виділенні кольори та оцінювати емоційний стан зображення, давати графічне уявлення отриманої, у результаті досліджень, інформації.

# 1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

## 1.1 Роль емоцій у сприйнятті кольорів

Протягом усього життя людини емоції відіграють важливу регуляторну роль у її контактах з навколишнім світом. Емоції – це психічний процес, який відображає суб'єктивне ставлення людини до різноманітних явищ.

Розглянемо дві основні функції емоцій: сигнальну і регулятивну.

Сигнальна функція емоції виражається в тому, що на початковому мотиваційному етапі емоції сповіщають про користь або шкоду організму того чи іншого явища. Переживання виникають і змінюються у зв'язку зі змінами у навколишньому середовищі або в організмі людини.

Регулятивна функція емоції полягає в тому, що стійкі переживання спрямовують нашу поведінку, підтримують її, змушують долати різні перешкоди або заважають протіканню діяльності, блокують її.

Регулятивні механізми емоцій можуть знімати надлишок емоційного збудження або сприяти його наростанню. Так, наприклад, туга, відчай, горе глибоко вражають все сутність людини: вони не тільки завдають психічний біль, але викликають і органічні зміни, які можуть набути характеру хворобливих розладів. Зберігати такий психічний стан вкрай небезпечно, в той же час зняти його за допомогою будь-якої цілеспрямованої діяльності людей часто буває неможливо. Меншою мірою були б небезпечні для людини і бурхливі потрясіння радості, тріумфу, захоплення, якби вони не розряджалися в формі м'язових рухів, сміху, вигуків. Іноді емоції, які досягли крайньої напруги, трансформуються в «невинні» процеси, такі, як секреція слізної рідини, скорочення мимічної і дихальної мускулатури. Плач зазвичай триває не більше 15 хвилин. Цього часу буває цілком достатньо, щоб розрядити надмірне напруження. Після цього людина відчуває деяке розслаблення, що в цілому сприймається як полегшення.

Почуття та їх перебіг характеризується динамікою зміни відчуттів. Перш за все це спостерігається в напрузі і її змінах. Напруга може наростати в залежності від зовнішніх змін. Очікування будь-яких подій, де людині доведеться діяти рішуче і самостійно, сприяє швидкому наростанню напруги. Залежно від виду діяльності та обставин, при яких вона відбувається, від індивідуальних особливостей людини напруга може переживати як активний стан, що тонізуватиме діяльність, так і може виступати джерелом скутості дій, думок, вчинків людини.

Слідом за напругою настає розслаблення, яке сприймається людиною як полегшення, умиротворення або повна знесиленість.

Будь-які різноманітні почуття і емоції (любов, гнів, страх, жалість, ласка, ненависть та ін.) можуть розглядатися як позитивні, негативні або невизначені (орієнтовні). Якщо потреба задовольняється або є надія на її задоволення, тоді виникають позитивні емоційні переживання. Якщо що-небудь перешкоджає задоволенню потреб або усвідомлюється неможливість їх задоволення, то складається негативне емоційне ставлення до перешкоджаючих факторів.

Невизначене (орієнтовне) емоційне переживання виникає в новій, незнайомій ситуації, у разі відсутності досвіду в стосунках з новим навколишнім середовищем або при знайомстві з новими предметами діяльності. Цей стан не є тривалим та стійким. Він зникає при зміні ситуації. При стійкості об'єктів впливу і при знятті орієнтовних реакцій невизначений стан переходить в позитивну або негативну емоцію або почуття.

Слід наголосити ще на одній специфічній властивість емоцій – їх полярності. Полярність – це подвійне (або амбівалентне) емоційне ставлення, єдність суперечливих почуттів (радість-смуток, любов-ненависть, чарівність-відраза). Двоїстість почуттів пояснюється тим, що життєві ситуації зазвичай бувають складні і зв'язки людини з ними не вичерпуються будь-яким одним елементарним ставленням. Якщо виникають обставини конфліктного характеру, то в гострих переживаннях переплітаються подвійні почуття.

Колір здатен закономірно виражати емоційне відношення суб'єкта до чогось значимого і самого себе. У кольорі відбувається візуалізація емоційного ставлення.

Подібна поліфункціональність кольору, з одного боку, робить його унікальним засобом вивчення емоційної сфери людини, але з іншого, – лежить в основі неоднозначності в оцінках феноменів, що вимагає від дослідників особливої ретельності при прийнятті рішення щодо того, на якому конкретному рівні він розглядає і аналізує ці феномени (рис. 1.1).

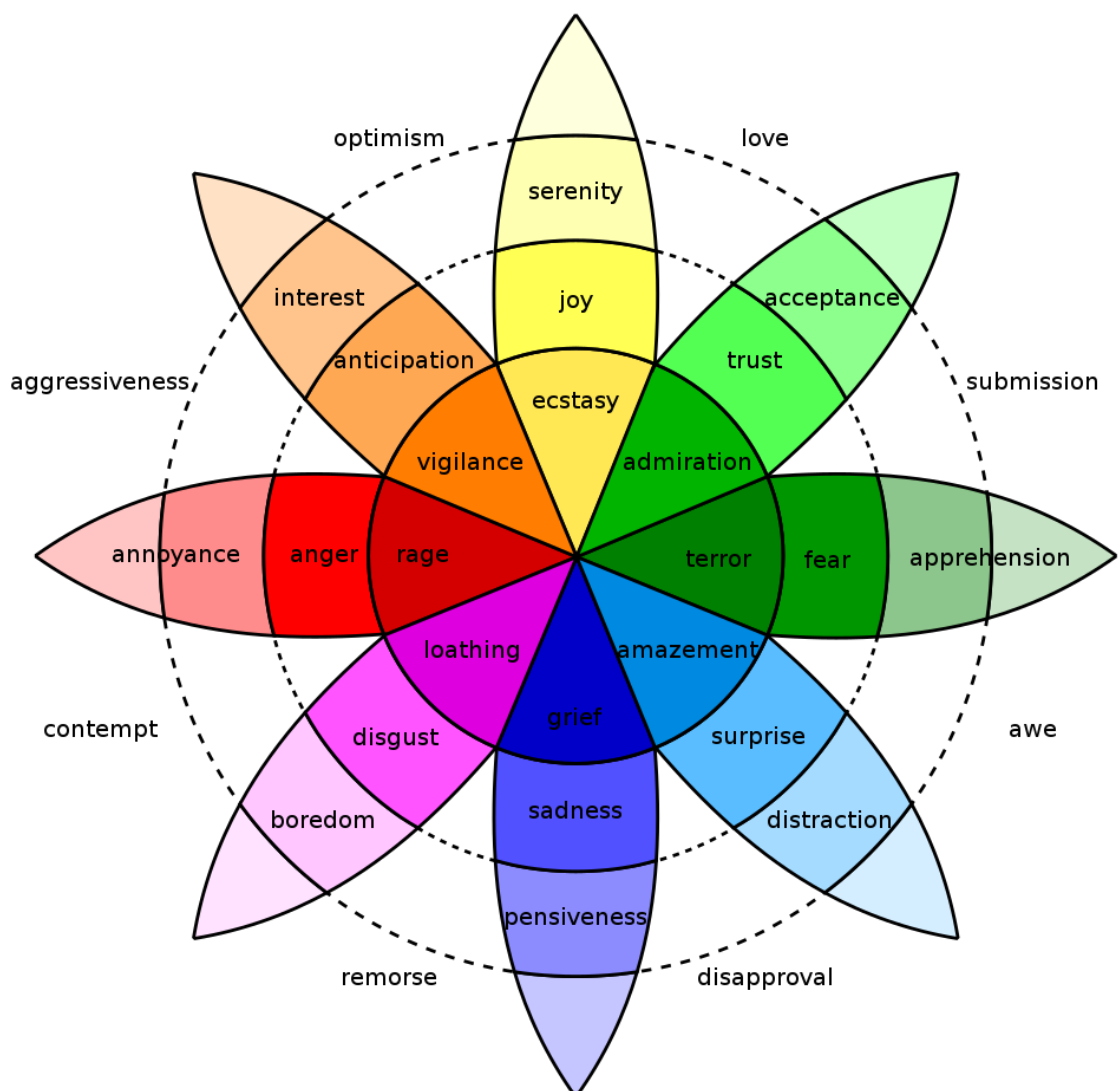


Рисунок 1.1 – Взаємозв'язок емоцій та кольору  
на колесі емоцій Роберта Плутчика

Емоційні переживання або навіть спогад про них можуть призвести до специфічних змін кольорової чутливості людини. Однозначного зв'язку між змінами колірної чутливості і колірними перевагами може і не спостерігатися.

## 1.2 Суб'єктивність сприйняття кольору

Усі кольори наділені певними значеннями, тобто несуть деякий психологічний зміст, їхнє вивчення вимагає виходу за межі механістичного підходу, сформованого у фізиці. Об'єктом психосемантики кольору виступає емпірична область різноманітних взаємин кольору з людиною: вплив кольору на фізіологічні процеси в організмі, особливості змін сприйняття параметрів навколишнього середовища під впливом кольору, вплив кольору на емоційний стан, закономірності колірних асоціацій.

Різні кольори мають особливу здатність викликати психічні реакції. Колірні асоціації залежать від об'єктивних властивостей самих кольорів, а також від властивостей сприймаючого суб'єкту. До об'єктивних властивостей кольору або власних якостей кольору відносяться такі характеристики, як чистота, яскравість, форма колірної плями, місце та значення її в картині, матеріал та фактура. Суб'єктивні властивості кольору можна розподілити на групові та індивідуальні. До групових відносять національний фактор, культурні традиції, соціальну належність, до індивідуальних – культурний рівень і освіту, вік, стать, особливості нервово-психічного складу, рід діяльності.

Обраний людиною колір не може однозначно свідчити про її інтелект, темперамент чи характер, бо існує колір внутрішній та колір зовнішній, а колірні переваги пов'язані з великою кількістю суб'єктивних факторів, котрі визначаються почуттєво-емоційною стороною сприйняття, потребами, мотиваціями інтелекту. При цьому суб'єктивні фактори також мають подвійну обумовленість: об'єктивну, яка визначається особливостями колірного впливу

інтер'єра та одягу, і суб'єктивну, пов'язану з потребами через психосоціальні характеристики та гендер (стать людини). Зазвичай, жінки частіше обирають білий та чорний з ахроматичних кольорів, а чоловіки – сірий. У хроматизмі поняття «стать» відноситься не стільки до тілесних, скільки до духовних ознак. Душа і тіло пов'язані поняттям інтелекту, котрий умовно поділяється на 3 складових, тобто на 3 хроматичних компоненти: свідомість – соціальні приписання, формальна логіка та ін., підсвідомість – естетика сприйняття, творчість та ін., несвідомість – тілесні відчуття.

Численні дослідження дозволяють зробити висновки щодо зв'язку об'єктивних властивостей кольору та реакцій, котрі вони викликають:

- чим чистіше і яскравіше колір, тим більш визначеними, інтенсивними та тривалими є реакції;

- складні, ненасичені кольори викликають дуже нестійкі та слабкі реакції;

- до найбільш однозначних асоціацій відносяться температурні, вагові та акустичні, так як різні люди оцінюють ці властивості кольору зазвичай однаково;

- до неоднозначних асоціацій відносяться смакові, нюхові, емоційні, сприймальні дотиком, тобто ті, котрі пов'язані з більш особистими почуттями. Тут навіть близькі люди по-різному можуть реагувати на одні й ті ж кольори, на гармонійність або дисонансність їх сполучень;

- найбільш різні асоціації у людей викликають жовті та зелені кольори.

Сприйняття кольору, також, може носити тематичну спрямованість. Розглянемо наприклад, червоний колір. У технічній області він символізує небезпеку, а в області моди чуттєвість і сміливість. Якщо взяти червоний колір у природі, то, швидше за все, він викликає асоціації з насолодою від спілих ягід. А в соціальній сфері він змусить згадати про комунізм і т.д. Картина асоціацій є досить різноманітною. Кольоровий круг прийнято розподіляти на 2 частини – теплу та холодну. Існують полярні оцінки щодо теплового і холодного полюсів спектру, в залежності від особистої точки зору

спостерігача. Тому жодний список асоціацій не є абсолютним, поки не прийнятий до уваги аспект ототожнення запропонованого кольору конкретно людиною із зовнішнім світом чи з самим собою. Вплив кольору відображається не тільки в емоційній та фізіологічній реакціях людини, він може розширюватися і в сферу її самосвідомості, відбивати особливості «Я-концепції». Досліджено, що більша задоволеність собою, пов'язано, як правило, з перевагою 4 кольорів: зеленого, жовтого, червоного та сірого (рис. 1.2).

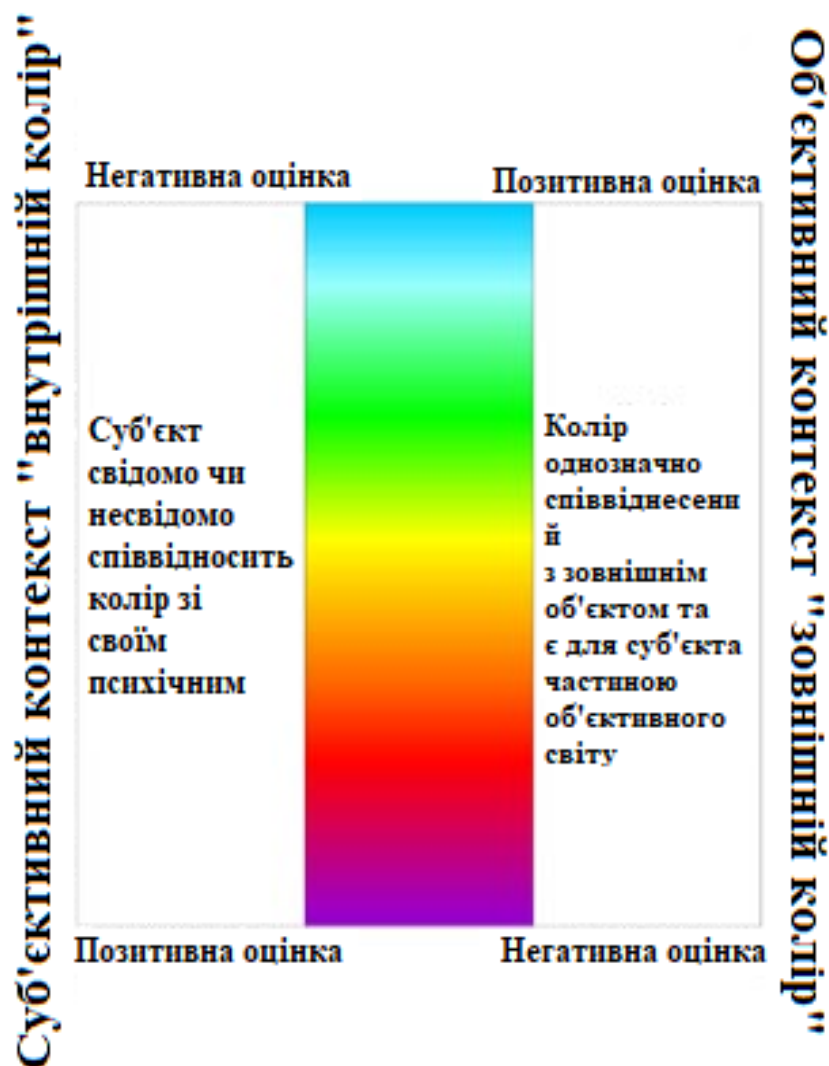


Рисунок 1.2 – Поляризація емоційних оцінок по відношенню до теплих і холодних полюсів спектру

### 1.3 Колірний тест Люшера

Колірний тест Люшера – це психологічний тест, розроблений швейцарським психологом Максом Люшером (Lüscher) в 1947 році. Процедура тестування полягає у впорядкуванні набору кольорів у порядку від найприємнішого до найнеприємнішого для людини в цей час. Оригінальний тест являє собою книгу, що складається із 23 спеціально підібраних кольорів, які становлять 81 сполучення, які містять повторення комбінацій.

Як відомо, Люшер, використовував вісім кольорів: фіолетовий, сірий, червоний, чорний, жовтий, зелений, синій і коричневий.

В основі тесту – фундаментальні закономірні зв'язки між різноякісними колірними енергіями та певними психічними процесами, станами та явищами. Згідно Люшеру:

а) Фіолетовий – хисткий колір, емоційно неврівноважений, що виявляє нереальність бажань та намагання вражати інших;

б) Сірий – розподіляючий, відсторонений, звільняючий від обов'язків;

в) Червоний колір – людина довірлива, але дуже емоційна та агресивна. Взагалі червоний символізує енергію, виражає життєву силу, творчу натуру, активну діяльність, прагнення до успіху, лідерства, бажання всіх життєвих благ. Невизнання червоного означатиме фізіологічне та нервово стомлення;

г) Чорний вказує на ту чи іншу форму екстремальної поведінки, протест людини проти існуючої ситуації та готовність діяти нерозумно та безрозсудно;

д) Жовтий – оптиміст, який виказує дружелюбність, але постійна усмішка на його обличчі це частіш всього маска, за якою сильна внутрішня напруга. Перевага до жовтого свідчить про надії та очікування великого щастя, мрії про нове майбутнє;

е) Зелений – колір «еластичної напруги», виявляє витривалість, цілеспрямованість, постійність світогляду. Перевага до зеленого також

свідчить про точність, критичний аналіз, логічне мислення, відстоювання своїх позицій;

ж) Темно-синій свідчить про те, що людина боязлива та слабка, але може бути небезпечна, коли хто-небудь встане на її шляху. Колір спокою, умиротворення, чутливості та поранення, довіри та відданості;

з) Коричневий – символізує почуттєву основу відчуттів. У випадку фізичного дискомфорту або захворювання стає домінуючим.

Головними структурними характеристиками кольору у тесті Люшера є «концентричність-ексцентричність» і «автономність-гетерономність».

«Концентрично-ексцентричність» означає напрямок «руху кольору»:

а) від людини до центра («будиночок равлика») – концентричний, доцентровий рух, який тягне людину за собою – принцип синього. Психологічно це означає спокій, задоволення, пасивність і т.д.;

б) протилежний йому ексцентричний, відцентровий рух назустріч людині – принцип жовтого. З ним пов'язані екстенсивність, пошук, прагнення до змін, незадоволення сьогоденням і спрямованість у майбутнє.

«Автономність-гетерономність» відображає, «характер» кольору, його «силу» «домінування». «Автономність» – означає незалежність від зовнішніх впливів і здатність впливати самостійно. За М. Люшером, ця риса властива червоному і зеленому, на противагу синьому і жовтому, яким властива «гетерономність» – тобто залежність від зовнішніх впливів. На психологічному рівні «автономність» відображає самовизначення, довільність, самостійність, а «гетерономність» – поступливість, компроміс, покірність, уникнення.

Кольори в тесті Люшера були підібрані таким чином, щоб могли одночасно проявитися обидва ці виміри. Тому, як «основні» Люшер вибрав не чисті тони, а змішані (табл. 1.1). Наприклад, у синьо-зеленому синій «вносить» «концентричність», а зелений – «автономність», що породжує відповідну структуру кольору. За цими якостями кольору становлять пари, в яких загальна властивість «посилюється», а відмінності «врівноважуються», або й

створюють «внутрішнє напруження». Так, червоний і зелений – «автономна» пара, «сильне» поєднання, що виражає досягнення, владу, домінування тощо.

Таблиця 1.1 – Структурні значення основних кольорів

Темно-синій	Синьо-зелений	Червоно-жовтий	Жовто-червоний
Концентричний	Концентричний	Ексцентричний	Ексцентричний
Гетерономний	Автономний	Автономний	Гетерономний
Вкладення	Оборона	Наступ	Проекція
Глибина почуттів	Вольове напруження	Вольовий імпульс	Жвавість почуттів
Спокій	Наполегливість	Порушення	Зміна
Задоволеність	Затвердження	Бажання	Розкриття
Почуття	Володіння	Завоювання	Надія
Єднання	Гарантія	Переживання	Пошук
Зв'язок	Влада	Дія	Новизна
Кохання	Повага	Успіх	Щастя
Розширення	Скорочення	Активність	Рух

Спеціально підібрані і ретельно вивірені кольори та фігури тесту Люшера роблять діагностику особистості точною і об'єктивною.

Оскільки вибір кольору здійснюється несвідомо, то ми отримуємо достовірну інформацію про те, якою людина є насправді, а не те, якою вона себе бачить, або ж якою хоче постати в очах навколишніх. Так відбувається, коли ми безпосередньо запитуємо людини про її особистісні особливості, або про риси характеру, або ж коли пропонуємо людині заповнити всілякі опитувальники, анкети і т.д.

Висновок за результатами тесту Люшера містить інформацію про особистісні особливості, а також психотерапевтичні рекомендації щодо вирішення конфліктів і досягнення гармонії з самим собою і з оточенням.

Тест Люшера є найпоширенішим в світі інструментом психосоматичної діагностики, а також найвідомішим тестом оцінки персоналу. Книги професора Люшера переведені на 31 мову, а його вчення – категоріальна психологіка – викладається в університетах на 8 мовах.

#### 1.4 Дослідження кольорово-емоційного зв'язку

У результаті досліджень Л.П. Урванцева були виявлені два показники, інформативні для розгляду питання про колір та емоції людини [1].

По-перше, це сам факт зміни емоційних оцінок кольору (без урахування їх спрямованості). При переході від фонового, спокійного стану до стану психічної напруженості (емоційного стресу), вони змінилися у 24 випробовуваних з 36, тобто в 66% випадків.

По-друге, зміна типу колірної вибору: в одній групі піддослідних перевага «холодних» кольорів змінилася на «теплі», а в іншій – був відзначений протилежний варіант. Перший показник виявився пов'язаним зі стресогенною стійкістю випробовуваних. Випробовувані, у яких змінювалося ставлення до кольору, виявилися більш схильними до стресу, ніж ті, у яких воно залишилося незмінним.

При номінально одному і тому ж емоційному стані, який передбачається у випробовуваних, що беруть участь в експерименті, різноспрямованість у ставленні до кольору, скоріше, правило, ніж виняток, коли мова йде про такі емоційні переживання, зміст яких індивідуальний, як це видно на прикладі колірних профілів «сорому», «відрази».

У обстежених 250 випробовуваних стресогенна ситуація також викликала різноспрямовані зміни в колірних виборах, що дало авторам дослідження підставу засумніватися в наявності будь-яких конкретних, однакових зв'язків між кольорами та емоціями. У світлі вищенаведених фактів

такий висновок свідчить про деяку прямолінійність експериментальної гіпотези авторів роботи.

Вивчаючи кореляцію між колірними перевагами і стресом, важко отримати однакові результати (особливо на великому масиві), якщо попередньо визначити індивідуальні особливості емоційної реактивності випробовуваних і на підставі цього не розвести їх на ряд експериментальних груп.

Питання про диференціальну ролі різних психофізичних характеристик кольору в породженні його емоційних значень є одним з важливіших при розгляді питання колір – емоції. Це, перш за все, має відношення до тону кольору, його яскравості та насиченості.

Під яскравістю в кольорознавстві мають на увазі ступінь відмінності колірного тону від чорного кольору. Чим далі колір знаходиться від чорного, тим він світліше, і навпаки. У психологічному плані дану характеристику можна розглядати як «міру впливу» чорного на досліджуваний колір. Неважко здогадатися, що чорний колір викликає зрушення емоційного значення в негативну сторону. Звідси можна зробити висновок, що яскравість кольору впливає на емоції.

Другим істотним фактом є досить жорстка ступінь «пов'язаності» певного кольору з певною емоцією.

Насиченість або чистота кольору може бути зрозуміла як ступінь його близькості до спектрального. Як показують експерименти Ч. Осгуда цей показник корелює з фактором «сила» ( $P$ ), семантичного диференціала [2]. Тим самим, можна припустити, що зміна насиченості кольору позначається на силі виробленого ним емоційного враження.

Менш насичений, розбавлений колір втрачає в свою виразність, його емоційний зміст «розчиняється». Тому дослідження тільки однієї характеристики кольору – тону, що відображає приналежність кольору до певної ділянки спектра, безсумнівно, зменшує можливість глибокого вивчення взаємозв'язків між емоціями і кольором.

Різноманітність теоретико-методичних підходів у вивченні індивідуальних і типологічних особливостей людини значно ускладнює продуктивне порівняння результатів, отриманих при дослідженні взаємозв'язків між ставленням до кольору і характером. Характер є позначення стійких патернів зовнішніх (поведінкових) проявів і їх внутрішніх (психічних) умов. Зазвичай, не диференціюють поняття темперамент, характер, особистість, оскільки в різних психологічних школах їм дається найрізноманітніша трактування.

А.Е. Ольшаннікова виділяє три «базисні» емоції – страх, гнів і радість [3]. Передбачається, що співвідношення цих емоцій між собою, визначає індивідуальні особливості емоційності людини, тобто стійкі емоційні властивості. Було виявлено, що для осіб з переважанням базисної емоції страху характерною є перевага фіолетового кольору і відкидання зеленого, синього та коричневого.

Ставлення до фіолетового кольору виявилось показовим для диференціювання між собою груп випробовуваних з переважанням емоцій «гніву» або «радісті». Перші воліли фіолетовий значно частіше. Випробовувані з домінуванням «радісті» у порівнянні з випробовуваними двох інших груп, за даними І.А. Переверзевої, відрізнялися більш частими уподобаннями жовтого і коричневого.

Г. Фрилинг і К. Ауер (1973 р.) не рекомендують фарбувати темними, «холодними» тонами ті приміщення, в яких люди займаються розумовою працею – шкільні класи, студентські аудиторії, наукові відділи, лабораторії тощо [4]. Подібні кольори викликають гальмування і знижують ефективність розумової діяльності. Це стосується не тільки стін, стелі або підлоги, але і меблів. Кольори «активної сторони», в свою чергу, навпаки покращують розумову діяльність, підвищують її продуктивність. В уяві людей успішне вирішення завдання асоціюється з яскравими, світлими відтінками.

А.М. Еткінд провів серію досліджень кольорово-емоціональних значень у дорослих [5]. У роботі вивчалось сполучення 8-ми кольорів тесту М. Люшера

з 9 основними емоціями по К. Ізард (1980 р.). У таблиці 1.2 представлені частоти асоціацій кольорів (в %) з емоційними факторами Ізарда (в кожен фактор включено по три окремих емоції).

Таблиця 1.2 – Співвідношення емоцій та кольору

Колір	Емоції								
	Інтерес	Радість	Здивування	Сум	Гнів	Відрада	Сором	Страх	Втома
Сірий	6	4	2	27	1	15	18	12	53
Синій	27	4	2	27	5	7	13	15	8
Зелений	26	10	26	13	8	7	19	8	7
Червоний	16	52	23	4	55	4	4	17	2
Жовтий	20	24	56	1	9	19	12	15	1
Фіолетовий	5	12	14	12	6	22	16	7	12
Коричневий	10	8	3	14	4	27	17	3	23
Чорний	10	2	2	22	38	18	13	43	24

Видима частота кольорово-емоційних асоціацій достовірно відрізнялася від випадкового розподілу за даними  $\chi^2$ . Для всієї матриці його значення склало 716 ( $p < 0.001$ ).

Дана матриця кольорово-емоційних сполучень дозволяє скласти як колірні профілі емоцій, так і емоційні профілі кожного з 8 кольорів тесту Люшера. Кольоровий код ряду емоцій (табл. 1.1) носить досить простий характер. Вони знаходять своє вираження або одним кольором (переважно), або однорідною колірною комбінацією.

Це, перш за все, пов'язане зі «страхом» (чорний), «смутом» (сірий, синій і чорний), «стомленням» (сірий, чорний і коричневий) і «радістю» (червоний і жовтий). Перші три емоції з цього списку пов'язані з пасивно-

оборонною поведінкою і фрустрацією потреби. Це пояснює зразкову схожість колірної семантики даних емоцій (для всіх істотно значення відіграє чорний колір).

Емоція радості, що відображає факт задоволення потреби, тобто, психофізіологічно і психологічно протистоїть першим трьом, і в своєму колірному вираженні протилежна негативних переживань.

Що стосується таких емоцій як «інтерес», «здивування», «відраза», «сором», то їх колірні профілі далеко не так однозначні і психологічно зрозумілі.

У дослідженні А.І. Берзніцкаса (1980 р.) було отримано 8 колірних профілів інтелектуальних емоцій, які автор співвідносить з основними фазами розумового процесу [6].

Для таких емоцій як «здогад», «здивування», «впевненість» загальним є вибір найяскравіших і світлих кольорів тесту М. Люшера – червоного і жовтого. Найрідше з цими емоціями випробовувані асоціювали чорний, сірий і темно-синій. Разом з тим, «сумнів» і «засмучення» асоціювалися випробовуваними з сірим, коричневим, чорним і темно-синім.

Цікавим виявився колірний профіль «зрозуміло». Слідом за жовтим і червоним в рангової ряду виборів випробовувані розташували чорний колір. Інтерпретуючи даний факт, А.І. Берзніцкас вказує, що почуття зрозумілості пов'язане з емоцією «приємно». Їх взаємозалежність може бути виражена у вигляді інвертованої «U» подібної кривої: найбільш зрозуміло те, що максимально приємно чи неприємно.

В. Вундт в «Основах фізіологічної психології» (1880 р.) описує органічний взаємозв'язок відчуттів і почуттів [7]. Філогенетично відчуття і почуття нерозривно пов'язані між собою. Для ряду модальностей, особливо інтерорецептивних (органічних), характерно, за висловом Вундта, майже «досконале поглинання почуттям» всіх інших частин відчуття. В першу чергу, це почуття задоволення і невдоволення. Вплив подразника викликає не тільки

відчуття, а й почуття по відношенню до цього відчуття. Можна сказати, що відчуття «упереджене».

Психіка людини переважно орієнтована на зовнішню реальність. Екстерорецептивні відчуття на відміну від інтерорецептивних, маючи чітку предметну віднесеність (особливо в зоровій та слуховій модальності), а також в силу свого більшого кількісного та якісного різноманіття, виявляються більш адекватними для втілення всього різноманіття почуттів і настроїв людини, як це відзначає Вундт.

Провівши аналіз колірних модальних характеристик емоційних процесів, Вундт вказує на відмінність фізичних основ емоціогенного дії кольорів і звуків.

Просторова симультанність зорових модальних компонентів емоцій на відміну від тимчасової сукцесивності слухових компонентів дає перші певну перевагу за рахунок своєї просторової стабільності та симультанній даності. Тому колір як екстерорецепторний подразник не тільки викликає ту чи іншу емоцію, але і є виключно зручним засобом для об'єктивації емоційних переживань людини.

Л.А. Шварц (1947-1948 рр.) було виявлено помітну зміну колірної чутливості залежно від емоційного стану людини [8]. Позитивні емоції, наприклад, радість, виявилися пов'язаними з підвищенням чутливості до червоного і жовтого і з пониженням – до синього і зеленого. При переживанні негативних емоцій спостерігалася зворотна картина: чутливість до синього і зеленого зростала, а до жовтого і червоному знижувалася. Цікаво, що зазначені зміни кольорової чутливості, відзначалися не тільки при актуальному переживанні емоцій, але і при спогадах про приємні, або неприємні події. Тим самим, експериментальні дослідження Л.А. Шварц підтверджують положення Вундта про органічний зв'язок відчуттів і емоцій.

У роботі В.Н. Ворсобін і В.Н. Жідкіна (1980 р.) вивчали динаміку колірних переваг дошкільнят залежно від пережитих ними емоцій [9].

У випадках переживання дітьми емоцій радості в порівнянні з фоновими виборами збільшувалася перевага червоного, жовтого та помаранчевого кольорів і зменшувалася – зеленого і блакитного (аналіз проводився за колірним сполученням).

При переживанні емоції страху діти достовірно рідше воліли поєднання червоний-синій-фіолетовий, а частіше – зелений-блакитний. Автори роботи приходять до висновку, що ставлення у дітей даного віку до червоного кольору досить специфічне для диференціації емоцій радості і страху. На їхню думку, метод вибору колірних поєднань несе велику інформацію про емоційний стан, ніж вибір окремих кольорів.

У дослідженнях Н.А. Густякового (1986-1988 рр.) вивчалась динаміка колірних переваг випробуваних в процесі виконання завдання [10]. Було виявлено, що зміна типу колірної вибору в процесі рішення несе інформацію про можливий успіх, або неуспіх.

Випробовувані, які після первісного вибору яскравих і світлих кольорів тесту Люшера, починали віддавати перевагу темним, тьмяним відтінкам, не знаходили рішення задачі і відмовлялися від подальших зусиль щодо її вирішення. Несприятливим в цьому плані був і початковий вибір переважно темних кольорів.

Однак у частини піддослідних з подібним типом вибору було відзначено в процесі виконання завдання зміна типу колірних переваг на зворотний (вибір як симпатичних – яскравих кольорів), що виявилось діагностичною ознакою успішного вирішення завдання. Нерідко, випробовувані віддавали перевагу червоному і жовтому. Відсутність динаміки у виборі кольору була однозначною ознакою неуспіху у вирішенні запропонованого завдання, незалежно від початкового варіанту колірної переваги.

У роботі В.Ф. Петренко і В.В. Кучеренко (1988 р.) вивчалась можливість діагностування емоційних станів випробовуваних методом колірних переваг (тест Люшера) [11].

З метою верифікації результатів, за допомогою гіпнотичного навіювання, у випробовуваних викликалися певні емоційні стани. Перебуваючи у навіяному стані «радості», випробовувані найчастіше обирали червоний і жовтий кольори, а відкидали коричневий і чорний. Навіювання «почуття провини» викликало перевагу сірого та синього кольорів, а червоний і жовтий, навпаки, відсунулися в кінець колірної ряду.

Взаємозв'язок кольору і емоцій є багаторівневим.

По-перше, кольори і їх поєднання є символами емоцій, їх зовнішнім втіленням.

По-друге, емоційні стани людини впливають на ситуативне ставлення до кольору (зміни кольорової чутливості, колірних переваг і т.д.).

По-третє, стійкі емоційні особливості (властивості) суб'єкта також знаходять своє відображення в різних варіантах колірних переваг. Подібна поліфункціональність кольору, з одного боку, робить його унікальним засобом вивчення емоційної сфери людини, але з іншого, – лежить в основі неоднозначності в оцінках спостерігаються феноменів, що вимагає від дослідників особливої ретельності при прийнятті рішення щодо того, на якому конкретному рівні він розглядає і аналізує ці феномени.

### 1.5 Проблематика визначення емоційного забарвлення зображення

Аналіз емоційного стану людини дає можливість відстежувати зміни у поведінці людей, їх ставлення до подій. Емоції мають вплив на когнітивні процеси і прийняття рішень. Тому все більшого значення набуває потреба у визначенні емоційних реакцій.

У наш час на ринку систем розпізнавання людських емоцій домінують програмні засоби, що орієнтовані на визначення емоцій виходячи з виразу обличчя. Такі системи показують гарний результат при визначенні, проте, такі

програми не дозволяють визначити емоційний стан до того, як людина проявить його зовні [12].

Складність визначення емоційного фону зображення полягає в тому, що на сприйняття будь-якого кольору накладається менталітет людини і культурні особливості. Наприклад, з психології відомо, що різні кольори викликають пов'язані з ними емоції, з урахуванням, звичайно, особливостей менталітету і традицій нації. Так, якщо в більшості випадків червоний асоціюється з напругою або агресією, то в китайській традиції, наприклад, він символізує щастя і багатство.

Зауважимо, що колір має змогу не тільки надавати важливу інформацію про предмет, але викликає думки та почуття. Розглядаючи психологічний аспект сприйняття кольору стає відомо, що він пов'язаний з емоційною, соціально-культурною та естетичною складовими, отже спробу складання чітких відповідностей між кольором та емоційним станом не можна назвати плідною [13].

Досліджуючи вплив кольору на сприйняття людини, асоціації, викликані їм в національних середовищах різних країн було виявлено, що означає або символізує певний колір:

- а) Червоний: в Америці – любов, в Китаї – свято, удачу, в Росії – високу активність, агресію, боротьбу, в Індії – життя;
- б) Жовтий: в Америці – процвітання, в Росії – сонячність і розлуку; в Сирії – траур, смерть, в Індії – пишність, в Бразилії – відчай;
- в) Зелений: в Америці – надію, в Китаї – розкішне життя, в Індії – мир і надію;
- г) Блакитний: в Америці – віру, в Індії – правдивість, в Китаї – один з траурних кольорів;
- д) Синій: у Росії – нічний спокій;
- е) Фіолетовий: в Індії – печаль і втіха, в Бразилії – печаль;
- ж) Білий: в Америці – чистоту і мир, в Китаї – підступність, небезпека, траур; в Європі – молодість;

з) Чорний: в Америці – символізує складну, надзвичайну ситуацію, в Китаї – чесність [14].

Визначення емоційного забарвлення зображення найпростіше виконати використовуючи статичне зображення, яке дозволить людині швидко і просто визначити всі кольори на рисунку. Колір – це перше, що людський мозок засвоює з зображення. Колір безпосередньо впливає на підсвідомість людини, за винятком людей, що страждають дальтонізмом.

Можливість автоматизовано обробляти інформацію про емоційний стан людини має змогу вирішити різноманітні проблеми. Такі як виробничі, соціальні та інші. Програмні засоби, які здійснюють інтелектуальну обробку зображення, можуть бути корисними в багатьох сферах, де потрібен аналіз або передбачення поведінки людини, в тому числі і його емоційної складової – в організаціях, на транспортних вузлах, у великих магазинах і інших місцях скупчення людей.

Під час аналізу сприйняття людиною кольору потрібно звернути увагу не тільки на культурні особливості, а й на біологічні особливості людського організму. Наприклад, мозок сприймає холодні і теплі кольори по різному, так само людське око сприймає кольори не як окремі, а як усереднені кольору, що відносяться до однієї групи на колесі кольорів. Так само важливі поєднання кольорів на зображенні, бо людина сприймає їх по-різному. Існує ступінь погіршення сприйняття колірних поєднань: синій на білому; чорний на жовтому; зелений на білому; чорний на білому; жовтий на чорному; білий на чорному; зелений на червоному; синій на білому; червоний на жовтому; білий на синьому; червоний на білому; синій на жовтому; помаранчевий на чорному; жовтий на синьому; зелений на білому; помаранчевий на білому; білий на зеленому; червоний на зеленому; коричневий на білому; білий на коричневому; коричневий на жовтому; жовтий на коричневому; червоний на білому; білий на червоному; жовтий на червоному.

## 1.6 Вплив емоційного забарвлення зображення в сфері маркетингу

Розглянемо, яку роль визначення емоційного забарвлення зображення відіграє в сфері маркетингу та реклами. В наш час маркетологи використовують різноманітні маркетингові стратегії, що змушують потенційного споживача керуватись емоціями під час прийняття рішення про покупку. Емоції виступають основним двигуном поведінки людини і тому дуже важливі у поведінці споживачів. Маркетологи націлені на керування та оптимізацію емоційних вимірів у стратегіях своїх брендів та комунікаційних кампаній. Можливість передбачати емоційний стан при огляді продукту може суттєво вплинути на рівень продажу продукту. Отже, можна буде швидко визначити, як покупець оцінює продукт. Під продуктом слід розуміти як товар, так і друковану продукцію, таку як банери, брошури та зовнішню рекламу.

Дослідження емоцій споживачів або їх емоційного ставлення до того чи іншого товару або до його реклами складають значну частину всіх психологічних досліджень рекламної діяльності. Вплив реклами на ставлення споживачів до певного продукту є досить суттєвим. Більшість психологів, які досліджували дане питання, вважають, що для досягнення сильного психологічного ефекту впливу реклами на споживачів необхідно, щоб реклама викликала ряд позитивних емоцій [15]. Певні поєднання кольорів часто не досить приємно впливати на зір, а саме підвищувати зорову стомлюваність. Це кольори, змішування яких утворює сірий колір. Тож, цілеспрямовано вибираючи певний колір можна керувати відношенням споживача до реклами продукту, а, створивши певний спектр кольорів, можна викликати у споживача необхідні емоції. У разі вірного вибору кольорів – сприятливе уявлення і бажання придбати товар, що рекламується.

Кольори дійсно мають вплив на бажання покупців придбати товар. В оформленні упаковки колір відіграє провідну роль, це пов'язано з тим, що кольорова гамма сприймається на підсвідомому рівні і на пряму впливає на поведінку споживача. Саме тому один із важливих аспектів у просуванні

продукції це колір упаковки. Якщо звернути увагу на те, як наукою кольору користуються відомі бренди, стає зрозумілим їх вибір кольорів. Щоб продукція привертала увагу і стала популярною, важливо серйозно підійти до вибору упаковки.

Звичайно, що кожна з компаній намагається викликати певні емоції у споживачів (рис. 1.3).



Рисунок 1.3 – Використання кольорів різноманітними брендами

Отже, особливо коли ми хочемо щось купити, кольори можуть зіграти важливу роль. Аналітична компанія KISSmetrics створила дивовижну інфографіку про те, як кольори впливають на наші покупки (рис. 1.4).



Рисунок 1.4 – Інфографіка впливу кольорів на покупки

Також, під час досліджень компанії KISSmetrics було виявлено цікаві факти щодо впливу кольорів на споживачів різної статі. Наприклад, якщо ви створюєте програмний продукт, націлений головним чином на жінок, KISSmetrics радить звернути увагу на такі дані (рис. 1.5):

- жінки люблять: синій, фіолетовий і зелений;
- жінки ненавидять: помаранчевий, коричневий і сірий.

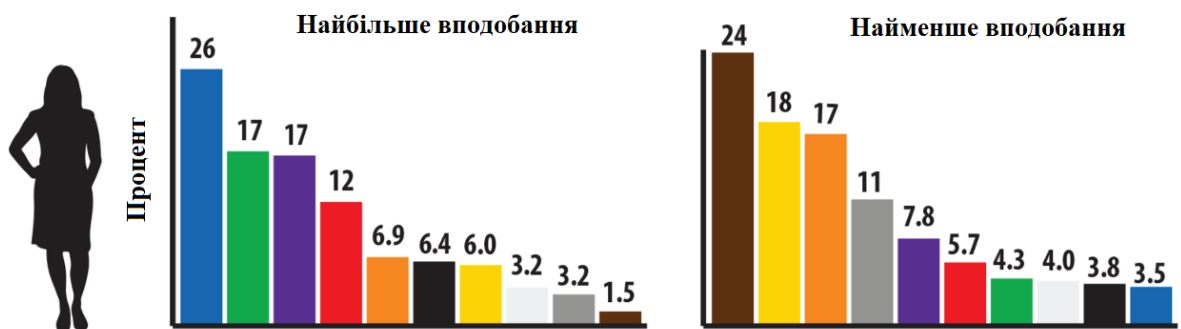


Рисунок 1.5 – Вподобання жінок щодо кольорів

У випадку, якщо ваша програма орієнтована на чоловіків, правила гри трохи відрізняються (рис. 1.6):

- чоловіки люблять: синій, зелений і чорний;
- чоловіки ненавидять: коричневий, оранжевий і фіолетовий.

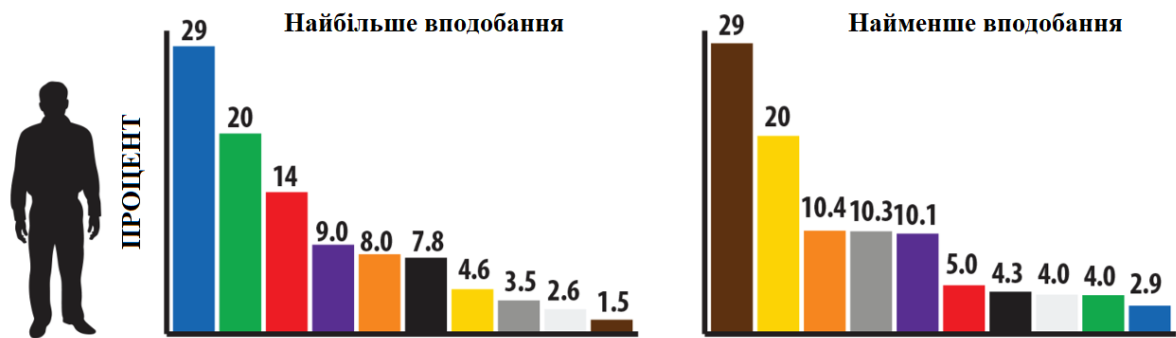


Рисунок 1.6 – Вподобання чоловіків щодо кольорів

У маркетинговій сфері відповідні системи можуть бути використані з метою оперативного відстеження та реагування на різні проблеми в торгових центрах, супермаркетах та інших місцях продажів товарів і послуг, наприклад:

- оцінка якості обслуговування;
- аналіз ефективності різних рекламних практик;
- аналіз ефективності методики продажу товару в магазині;
- визначення оптимального положення рекламних місць [16].

Зазвичай оцінка продукту визначається за допомогою фокус групи, що складається з людей, які можуть відповідати критеріям цільової аудиторії продукту. Але необхідно зазначити, що існує багато недоліків у використанні фокус груп, так як для організування однієї групи потрібен час і кошти. Щодо недоліків методу інтерв'ю, то вони зазвичай пов'язані зі складністю пошуку інтерв'юєрів для фокус груп. На якість результатів інтерв'ю впливає особистість і професіоналізм інтерв'юєра. Отримані в ході інтерв'ю дані досить складно обробляти та інтерпретувати. Тому це вимагає залучення для їх аналізу фахівців з психології. Оцінки експертів також є суб'єктивними. Оцінка продукту або зображення продукту ліквідує ці недоліки за рахунок відсутності людського фактору і можливості проведення серії тестів зображення незалежно від місця розташування [17].

Переваги методу глибинних інтерв'ю пов'язані з тим, що за допомогою глибинних інтерв'ю можна отримати більш повну інформацію про поведінку людини, про причини такої поведінки, глибинні мотиви, що не завжди можливо в фокус-групі, де респонденти чинять тиск один на одного і складно визначити, хто саме дав ту чи іншу відповідь і практично не можливо в масовому опитуванні.

Детекція емоцій застосовується в багатьох інших областях, таких як телекомунікації, відеоігри, анімація, психіатрія, автоматизоване навчання.

## 1.7 Роль аналізу кольору в індустрії моди

Незважаючи на те, що передбачення популярних кольорів сезону в модній індустрії вважається однією з головних рушійних сил моди та текстильної промисловості, про його методологію існує мало інформації [18].

Колірне прогнозування є фундаментальною частиною колективного процесу, відомого як прогнозування моди чи прогнозування тенденцій. Люди чи команди намагаються точно прогнозувати кольори, тканини та стилі модного товару, який споживачі придбають найближчим часом, приблизно на два роки вперед [19].

### 1.7.1 Сезонний кольоровий аналіз

Сезонний кольоровий аналіз (SCA – season color analysis) або відповідність відтінку шкіри, – це термін, який часто використовується в косметичній та модній індустрії для опису методу визначення кольору одягу та макіяжу, які гармоніюють із кольором шкіри обличчя, кольором очей та волоссям людини. Цей інструмент надає можливості для планування гардеробу та консультацій щодо стилю.

Кольоровий аналіз демонструє, наскільки певні відтінки здатні бути приємними або, навпаки, неприємними, спостерігаючи за оптичними ілюзіями, що виникають на обличчі при розміщенні конкретних кольорів поруч з людиною. Загальновізнано, що неправильний колір привертає увагу до таких вад, як зморшки або нерівномірний тон шкіри, тоді як гармонійні кольори покращують природну красу людини, роблячи вигляд більш здоровим та свіжим [20].

Сезонний кольоровий аналіз базується на концепції, що гармонійні кольори покращують природну красу людини. Сезонний аспект стосується розміщення всіх людей в одному з чотирьох сегментів, названих на честь пір року (рис. 1.7).

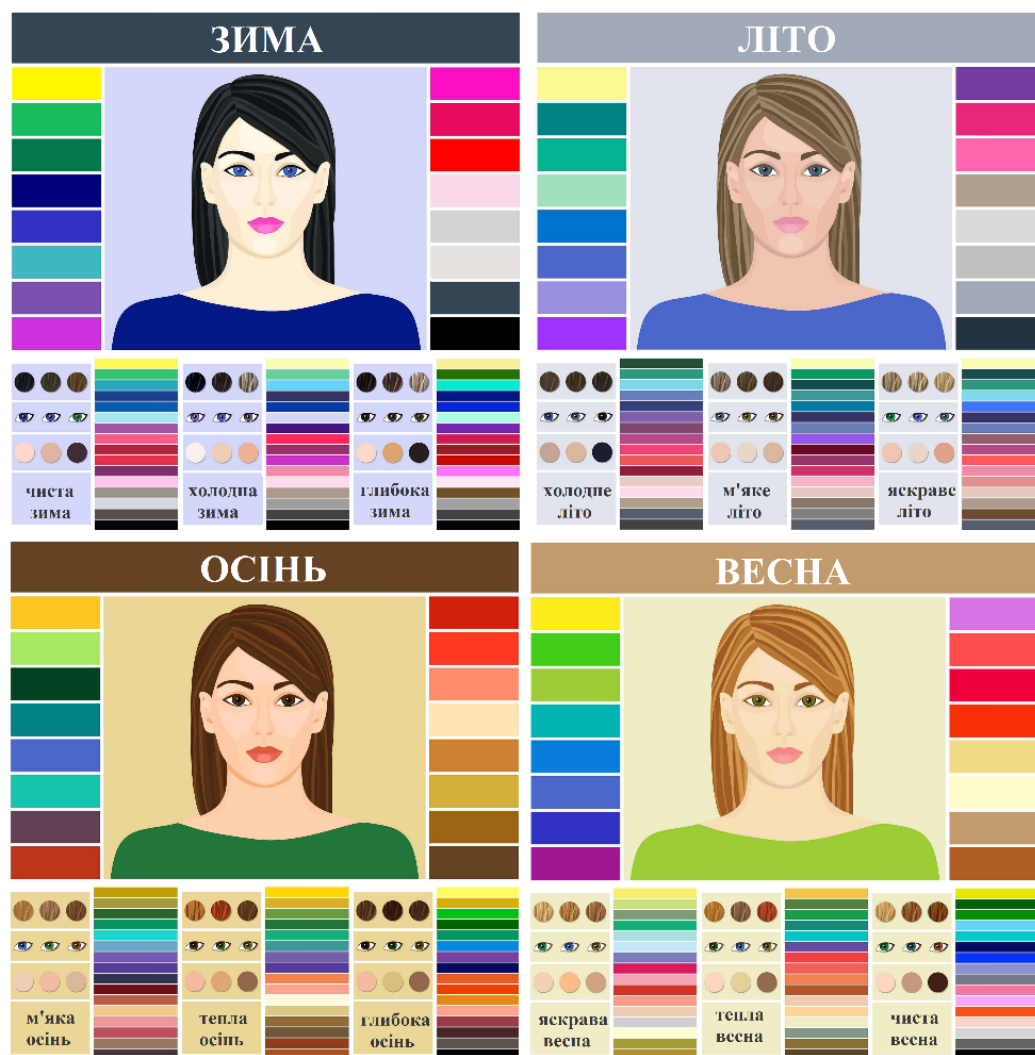


Рисунок 1.7 – Сезонний кольоровий аналіз зовнішності людини

Весна – кольори ясні та яскраві, як і кольори весняного дня. Сонце знаходиться низько за обрієм, тому все пройняте золотими відтінками сонця. Древа і трава ще не дозріли, тому вони мають жовті відтінки і яскраво-весняно-зелений колір. Виразні жовті відтінки надають усьому яскравий, електричний вигляд. Кольори цього сезону справді схожі на весняний букет квітів: червоно-помаранчеві та коралові тюльпани, яскраво-жовті жилки та нарциси.

Літо – кольори цього сезону приглушені блакитними відтінками. Всюди видно пізнє цвітіння, пінистий океан і білі пляжі. Типово літні кольори – блакитний, пудрово-рожевий, зелений з морською піною та сірий.

Осінь – осінні кольори практично не відрізнити від насичених землистих кольорів сезону, на честь якого вони були названі. Вони настільки ж золотисті, як осінній день, і неможливо прийняти їх за будь-який інший сезон. Типові кольори з палітри включають гарбуз, гірчично-жовтий, оранжевий, коричневий, верблюжий, бежевий, зелений авокадо, іржу. Осінні кольори користуються багаторічною популярністю, оскільки вони приносять відчуття тепла і захищеності.

Зима – кольори цього сезону ясні та крижані, як зимовий день; завжди з тонкими блакитними відтінками. Це кольори: голліберрі червоний, смарагдовий і вічнозелений, королівський синій, пурпуровий і фіолетовий.

### 1.7.2 Інститут кольору Pantone

Інститут кольору Pantone – дослідницький центр компанії Pantone, що займається експериментальною роботою з кольором і його впливом на різні галузі (моду, поліграфію, дизайн інтер'єру, рекламу, кіно та ін.). Визнаний у всьому світі як провідне джерело інформації про колір.

У 1963 році засновник Pantone Герберт Лоуренс (Herbert Lawrence) створив інноваційну систему визначення, узгодження і змішування кольорів.

Він розумів, що колірна гамма інтерпретується по-своєму кожною людиною і, щоб вирішити цю проблему, розробив інноваційну книгу-схему стандартизованих кольорів Pantone Matching System (PMS) (рис. 1.8).



Рисунок 1.8 – Pantone Matching System

PMS – це запатентована стандартизована система підбору кольорів, що використовується в різних галузях промисловості, зокрема графічному дизайні, дизайні одягу, дизайні продуктів, поліграфії та виробництві та підтримці управління кольором від дизайну до виробництва, в фізичні та цифрові формати, серед матеріалів з покриттям та без покриття, бавовни, поліестеру, нейлону та пластмас [21].

Дана система – це еталонні пронумеровані кольори, що надруковані у спеціальному каталозі. Метою використання системи є здатність переконатись, що кольори гармонійно поєднуються без прямого контакту один з одним.

У 2000 р. Інститут кольору Pantone оголосив особливий колір «Колір року» [22]. Два рази на рік компанія проводить у європейській столиці таємну зустріч представників різних груп кольорових стандартів. Після двох днів

презентацій та дебатів вони вибирають колір на наступний рік; наприклад, колір літа 2013 р. був обраний у Лондоні навесні 2012 р. Колір напряму пов'язується з настроєм, що панує у світі; наприклад, у прес-релізі, в якому проголошено жимолость кольором 2011 р., сказано: «Під час стресу нам потрібно щось підняти настрій. Жимолості – це захоплюючий, стимулюючий колір, який стимулює адреналін – ідеальний варіант для запобігання блюзу».

Для визначення кольору року компанія проводить аналіз кольорів, що зараз переважають у світі та намагаються визначити домінуючий колір, що буде відповідати настрою певного року. Для цього використовуються кольорові палітри [23].

### 1.8 Постановка задачі дослідження

Метою дослідження є вирішення завдання визначення емоційного забарвлення зображення за кольоровою складовою зображення шляхом виділення та аналізу домінуючих кольорів.

Об'єктом дослідження є послідовність рекламних зображень.

Питання, що вирішуються:

- виділення основних кольорів на зображенні;
- визначення домінантного кольору;
- розбиття кольорів на групи та визначення середнього представника групи;
- аналіз виділених кольорів та оцінка емоційного забарвлення зображення;
- збір статистики та представлення її у графічному вигляді.

Програмний засіб, що розробляється в рамках атестаційної роботи, може бути використаним для аналізу зображень з метою визначення емоційного забарвлення. Цільова аудиторія користувачів такого програмного засобу –

спеціалісти з маркетингу та реклами, також подібний програмний засіб може бути використаним для наукових досліджень з питань психології.

Для спеціалістів в області реклами та маркетингу важливу роль відіграє швидкість аналізу, тому що ситуація на ринку змінюється досить швидко, тому рішення щодо продукту треба виносити оперативно. Також програмний засіб дозволить спеціалістам діяти більш глобально, тому що використовуватиметься орієнтація на показники, які менш чутливі до регіональних особливостей.

При розробці будуть використані методи, які дозволять моделювати та прогнозувати поведінку людини. Крім того будуть використані моделі відображення кольорів HSL (hue, saturation, lightness) та HSB (hue, saturation, brightness), які у свою чергу використовуються у PAD моделі, що дозволить співвідносити колір та емоцію у кількісному вигляді.

Такий підхід дозволить використовувати системи детекції та визначення емоцій, як засоби для оцінки оточення людини, оцінки ефективності реклами або ж ліквідності продажу будь-якого продукту. Так як дані методи засновані на психологічних реакціях людини, то результат їх використання можна використовувати при дослідженнях реакцій людського організму на різні кольори.

Результатом розробки буде програмний засіб, що дозволить визначити домінуючий колір зображення та визначити його емоційну складову.

Для того, щоб оцінити роботу засобу, треба провести серію тестів на групі зображень. Як об'єкти буде вибрано три зображення, на яких присутня зовнішня реклама. Окрім загального висновку щодо емоційного стану, за допомогою програмного засобу можливо буде визначити, чи є якась реклама більш домінуючою на фоні інших.

У звіті буде міститися відображення інформації, отриманої з зображення у вигляді графіка, який міститиме емоційні складові, виділені на зображенні. Так само можливо буде побачити які кольори домінують на зображенні, а також отримати інформацію про колірну палітру зображення.

Так як програма може бути використана працівниками в сфері реклами і маркетингу, то критерієм оцінки ефективності роботи даного програмного засобу може служити збільшення кількості продажів продукту, при розробці і продажу, якого використовувалася програма для визначення емоційного фону зображення. Іншим критерієм може служити, при використанні контекстної реклама на веб-сайті, збільшення кількості переходів по даній рекламі.

Для того, щоб оцінити точність визначення емоційного фону, можна використовувати опитування експертів про їх емоції стосовно тієї ж серії зображень, що використовувалися при тестуванні програмного засобу.

## 2 ОПИС МЕТОДУ ВИЗНАЧЕННЯ КОЛЬОРОВОГО ЗАБАРВЛЕННЯ ЗОБРАЖЕННЯ

### 2.1 Визначення емоційного забарвлення зображення за обличчям

Визначити емоційне забарвлення зображення можливо декількома способами. І найчастіше для цього використовують методи розпізнавання виразу обличчя. На зображенні виділяються лінії особи і проводять аналіз. Проблема полягає в тому, що такий спосіб визначення емоційного забарвлення має досить високий рівень похибки, так як вираз обличчя зазвичай є досить неоднозначними і різняться від людини до людини. Ще одним недоліком таких методів є обмежена кількість визначених емоцій, так як ці методи пов'язані з визначенням заздалегідь набором виразів обличчя.

Розглянемо основний алгоритм автоматичного визначення емоційного стану людини за зображенням її обличчя (рис. 2.1).



Рисунок 2.1 – Блок-схема алгоритму автоматичного визначення емоційного стану людини за зображенням її обличчя

Для цього необхідно вирішити такі завдання:

- отримання зображення людини;
- розпізнавання на зображенні особи;
- обробка зображення;

- отримання масок зображень і аналіз яскравості пікселів;
- класифікація зображень (визначення емоції) [24].

В даному алгоритмі розглядається ідеальний випадок, в якому вихідними даними є фотографії людини, виконані в анфас. Робиться серія тестових знімків. На кожному знімку людина відображає певну емоцію. Також присутній знімок, який буде взятий за шаблонний, де емоційний фон нейтральний [25].

### 2.1.1 Розпізнавання емоцій за допомогою API від Microsoft

Компанія Microsoft, у рамках проекту Oxford, розробила API, що має змогу розпізнавати емоції на обличчі людини. Даний програмний продукт приймає дані про виразі обличчя на зображенні як вхідний потік даних, потім повертає точні відомості про емоції на обличчі на зображенні, а також відображає рамку для обличчя за допомогою API розпізнавання осіб (рис. 2.2). Доступні 8 емоцій: гнів, презирство, відраза, страх, щастя, нейтральний вираз, смуток і здивування. Ці емоції знайомі в різних культурах і розпізнаються в залежності від певної міміки. Розпізнавання емоцій може здійснюватися через клієнтську бібліотеку та через REST API (Representational State Transfer).



Рисунок 2.2 – Приклад використання Microsoft API для визначення емоцій на зображенні

Значним недоліком даного методу є те, що визначення емоцій проводиться виходячи з того, що на зображенні присутнє обличчя людини. Але не на всіх зображеннях присутні обличчя, тобто, область застосування таких алгоритмів звужується в порівнянні з алгоритмами здатними визначати емоційне забарвлення незалежно від змісту зображення.

Подібні методи мають схожу базову послідовність дій. Основний алгоритм автоматичного розпізнавання емоцій складається з наступних етапів:

- реєстрація зображення;
- первинна обробка зображення;
- виділення особи на зображенні;
- виділення елементів особи;
- виділення ключових точок на обличчі;
- класифікація емоцій.

### 2.1.2 Використання Google Cloud Vision API для розпізнавання емоцій

Google Cloud's Vision API пропонує потужні попередньо навчені моделі машинного навчання за допомогою API REST і RPC (Remote Procedure Call). Cloud's Vision API надає змогу призначити зображенням певні мітки і швидко класифікувати їх у мільйони попередньо визначених категорій. За допомогою даного API можна виявити на зображеннях об'єкти та обличчя, читати надрукований і рукописний текст і створювати у каталозі зображень цінні метадані.

Переваги Google Cloud's Vision API:

- Vision API та AutoML Vision можуть виявляти і виділяти об'єкти і надавати інформацію про кожен об'єкт, включаючи його положення на зображенні відносно інших об'єктів;

– за допомогою візуального пошуку продуктів з Vision API's можна створювати торгові платформи, які дозволяє клієнтам завантажувати фотографію товару та отримувати список подібних предметів для покупки;

– Vision API може переглядати зображення та оцінювати ймовірність того, що будь-яке зображення включає вміст для дорослих, насильство тощо.

– Google Cloud's Vision API складається з:

– оптичне розпізнавання символів (OCR): це класичний приклад комп'ютерного бачення, яке впершу чергу стосується визначення тексту на зображенні. API Vision містить багато сучасних підходів для вирішення цього завдання;

– виявлення властивостей зображення: за допомогою Vision API можна отримати загальні атрибути зображення, такі як домінуючий колір;

– Label Detection: завдання полягає у тому, щоб призначити зображенню певну мітку (або «тег») на основі вмісту зображення. Наприклад, зображення собаки може створити тег «собака», «тварина» або іншу подібну анотацію. Це важливий крок у сфері пошуку інформації на основі контенту;

– розпізнавання обличчя (Face Detection) (рис. 2.3): завдання полягає у виявленні наявних обличч з урахуванням зображення або набору зображень.

Розглянемо функції Facial Detection більш детально. Facial Detection від Google може:

– знайти обличчя;

– знайти особливі точки на обличчі;

– визначити вираз обличчя;

– визначити стать;

– визначити вік;

– порівняти два обличчя і прийняти рішення однакові вони чи ні [26].

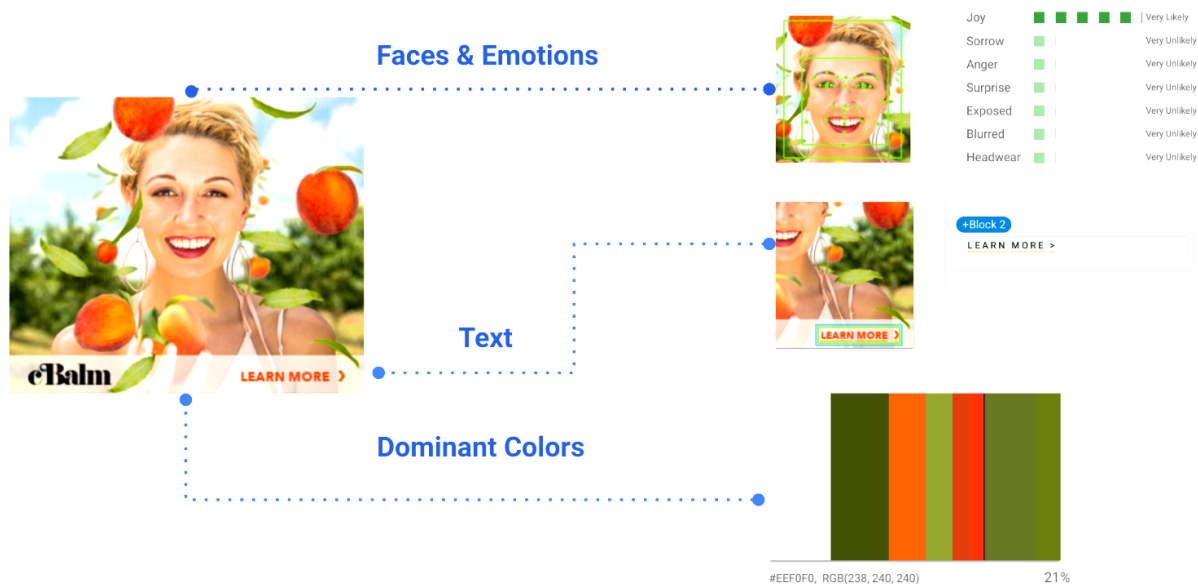


Рисунок 2.3 – Приклад використання Google Cloud's Vision API для визначення емоцій на зображенні

### 2.1.3 Розпізнавання обличь за допомогою FindFace SDK

FindFace – технологія розпізнавання осіб, розроблена російською компанією NtechLab, що спеціалізується на рішеннях в області нейронних мереж. Компанією NtechLab розроблений ряд алгоритмів для: верифікації осіб, ідентифікації осіб, виявлення обличь, визначення віку, статі, визначення емоцій.

Заснований на даних алгоритмах продукт FindFace Enterprise Server SDK (software development kit) ефективно розпізнає обличчя і працює виключно на інфраструктурі клієнта – компанія NtechLab не передає і не зберігає ніяких біометричних даних.

FindFace SDK – це C бібліотека, яка дає доступ до передової технології розпізнавання осіб на основі нейронних мереж.

FindFace Enterprise Server SDK виявляє та ідентифікує обличчя як на фото, так і в відео потоці, і може бути використаний для вирішення широкого спектра бізнес-завдань, включаючи точний підрахунок людей, контроль

доступу, демографічні зрізи, а також пересування та поведінку людей. Вбудовані крос-платформні REST API-інтерфейси дозволяють легко інтегрувати FindFace Enterprise Server SDK 2.0 в будь-який веб-, мобільний або комп'ютерний застосунок.

FindFace Enterprise Server SDK може широко застосовуватися в різних сценаріях, таких як: клієнтська аналітика, верифікація, запобігання шахрайства або здійснення контролю доступу. Дане рішення може бути використане в різних областях: рітейл, банківське обслуговування, організація спортивних і інших заходів, внутрішня і громадська безпека і багато інших.

Алгоритми компанії NtechLab здатні виявити необмежену кількість осіб в кадрі, що робить їх ідеальним рішенням для забезпечення безпеки. Технологія, розроблена компанією NtechLab, проводить детектування осіб в складних умовах і ефективна при значній зміні освітленості, поз, поворотах і нахилах голови (рис. 2.4). Алгоритми NtechLab краще за всіх у світі вирішують задачу верифікації, що доведено незалежними тестами. Вони верифікують обличчя, навіть якщо відбулися зміни в зовнішності: з'явилася борода чи вуса, надіті окуляри, частина обличчя прикрита.

NtechLab використовує в своїх продуктах власну технологію визначення liveness, що дозволяє відрізнити живу людину перед камерою від фотографії або відеозображення.

Liveness NtechLab працює зі статичними зображеннями. Це важливо для компаній, які не мають можливості встановити сервери для обробки відеопотоку, але потребують технології, що відрізняє живу людину від зображення.



Рисунок 2.4 – Приклад розпізнавання обличчя в складних умовах – погане освітлення, розмитість

#### 2.1.4 Розпізнавання емоцій з використанням генетичного алгоритму

Існує ще один спосіб визначення емоцій на зображенні заснований на використанні генетичного алгоритму (рис. 2.5).



Рисунок 2.5 – Алгоритм визначення емоційного фону зображення за допомогою генетичного алгоритму

Такий метод, як і попередній, відштовхується від того, що на зображенні присутнє обличчя людини [27].

У роботі було представлено зображення людини з Південно-Східної Азії (рис. 2.6).



Рисунок 2.6 – Зображення обличчя з емоцією гніву

Даний алгоритм виділяє на зображенні певні «області інтересу» – частини зображення, на яких присутні мімічні вирази. Областями інтересу є очі та губи. Саме їх аналізують для визначення виразу обличчя [28].

Перед отриманням відфільтрованого зображення у градаціях сірого використовується метод вирівнювання гістограми. Вирівнювання гістограми покращує контраст за шкалою сірого і його метою є отримання однорідної гістограми. Після цього відбувається обробка цих частин і на них вилучаються ознаки, до яких далі застосовується еліпсоїдна функція пристосованості (рис.

2.7 та рис. 2.8). Далі проводиться класифікація емоцій виходячи з параметрів ознак.



Рисунок 2.7 – Приклад виділення зони очей



Рисунок 2.8 – Приклад виділення зони губ

Функція пристосованості – це особливий тип цільової функції, який застосовується як порівняльний показник якості для підбивання підсумку того, наскільки близьким є задане конструктивне рішення до досягнення поставлених цілей [29].

$$f(x) = \left( \sum_i^m \sum_j^n col(j) - 2\sqrt{X_1^2 \left(1 - \frac{row(i)^2}{a^2}\right)} \right)^2, \text{ при } X_1 \geq 0, \quad (2.1)$$

$$\overline{f(x)} = \left( \sum_i^m \sum_j^n col(j) - 2\sqrt{X_2^2 \left(1 - \frac{row(i)^2}{a^2}\right)} \right)^2, \text{ при } X_2 \leq 0, \quad (2.2)$$

$$f(x) = \left( \sum_i^m \sum_j^n col(j) - 2\sqrt{X_1^2 \left(1 - \frac{row(i)^2}{a^2}\right)} \right)^2. \quad (2.3)$$

Рівняння (2.1) та (2.2) використовуються є функціями пристосованості для отримання оптимуму для ознак області рота. Рівняння (2.3) в свою чергу використовується для отримання оптимуму для області очей.

У дослідженні використовуються області очей і губ для вивчення емоцій. Після отримання цих областей використовується генетичний алгоритми для отримання оптимізованих значень на малих осях  $X_1$  і  $X_2$  (форма неправильного еліпса), відповідний губ і малої осі  $X$ , в формі звичайного еліпса для очей, використовуючи набір функцій пристосованості.

Генетичний алгоритм (ГА) є ітераційним процесом. Кожна ітерація називається поколінням. У роботі, як приклад, була обрана хромосома довжиною 6 біт та з населенням (кількість особин у популяції) у 20 особин.

Обрана хромосома є приблизним розчином задачі. Процес ГА описується на наступних етапах:

Крок 1. Представити проблематичну змінну область як хромосому фіксованої довжини та популяції, з вірогідністю перетину ймовірності та мутації.

Крок 2. Визначити функцію фітнесу для вимірювання продуктивності або придатності окремої хромосоми в проблемному домені.

Крок 3. Випадково генерувати початкову популяцію хромосом.

Крок 4. Обчислити придатність кожної окремої хромосоми.

Крок 5. Вибрати пару хромосом для матування з поточного населення. Батькові хромосоми відбираються з ймовірністю, пов'язаною з їх фітнесом. Високо вписуються хромосоми.

Крок 6. Мають більшу ймовірність того, що вони будуть відібрані для схрещення у порівнянні з менш підходящими хромосомами.

Крок 7. Створити пару послідовних хромосом, застосувавши генетичні оператори – кросовер і мутацію.

Крок 8. Розмістити створені нащадками хромосоми у новому населенні.

Крок 9. Повторювати з кроку 5, поки розмір нової популяції хромосом не стане рівним розміру початкового населення.

Крок 10. Замінити початкову кількість хромосом на нове населення.

Крок 11. Перейти до кроку 4 та повторіть процедуру, доки не буде виконано критерій завершення.

#### 2.1.5 Класифікація емоцій з використанням нейронної мережі

Останнім часом спостерігається високий рівень зацікавленості у застосуванні штучної нейронної мережі при вирішенні багатьох проблем (Негневицький, 2002 р.; Пантич М. і Леон, 2000 р.). Застосування нейронної мережі допомагає знайти легше вирішення складних проблем, таких як визначення виразу обличчя особи (Nagarajan, 2006 р.).

Кожна емоція має свій власний діапазон значень для виразу губ та очей. У деяких випадках один діапазон емоцій може перекриватися з іншим діапазоном. Це відбувається завдяки близькості оптимізованих значень функцій. Наприклад, в таблиці 2.1, значення  $X_1$  «Сумність» і «Не вподобання» досить близькі один до одного. Ці значення є середніми значеннями, обчисленими з діапазону значень. Було встановлено, що діапазони значень  $X_1$  для «Сумності» і «Не вподобання» перекриваються один з одним. Подібне перекриття діапазонів значень також зустрічається в  $X$  для «Злості» та «Щастя». Рівень інтелекту повинен використовуватися для ідентифікації та класифікації емоцій навіть тоді, коли відбувається подібне перекриття.

Таблиця 2.1 – Оптимізовані значення для трьох ознак та відповідні емоції

Емоції	Власноруч обчислене середнє значення (у пікселях)			Оптимізоване середнє значення, отримане з ГА (у пікселях)		
	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$X_1$	$X_2$	$X$
Нейтральна	38	41	21	34,2644	35,2531	19,6188
Страх	25	41	16	23,0287	36,9529	14,7024
Щастя	25	48	16	21,5939	43,4742	15,0393
Сумність	33	34	19	30,9104	28,5235	16,9633
Злість	25	34	16	24,2781	30,8381	15,4120
Не вподобання	35	29	13	31,3409	21,6276	12,8353
Здивування	43	57	17	42,6892	55,5180	16,0701

Запропонована нейромережа для класифікації емоцій заснована на оптимізованих діапазонах 3-D даних щодо значень верхньої губи, нижньої губи та очей. Оптимізовані значення 3-D даних подаються як вхідні дані для мережі, як показано на рисунках 2.9 та 2.10. Мережа складається з двох різних моделей, де структура першої моделі: 3 вхідних нейрони, 1 прихований шар з 20 нейронів і 3 вихідні нейрони (позначається  $(3 \times 20 \times 3)$ ) (рис. 2.9), а інша модель має структуру  $(3 \times 20 \times 7)$  (рис. 2.10).

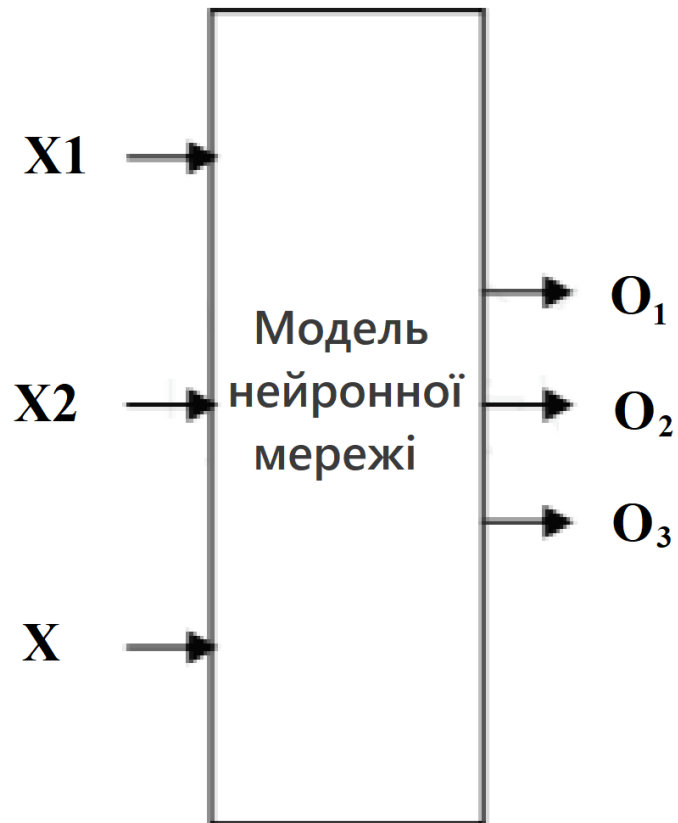


Рисунок 2.9 – Модель нейронної мережі зі структурою  $(3 \times 20 \times 3)$

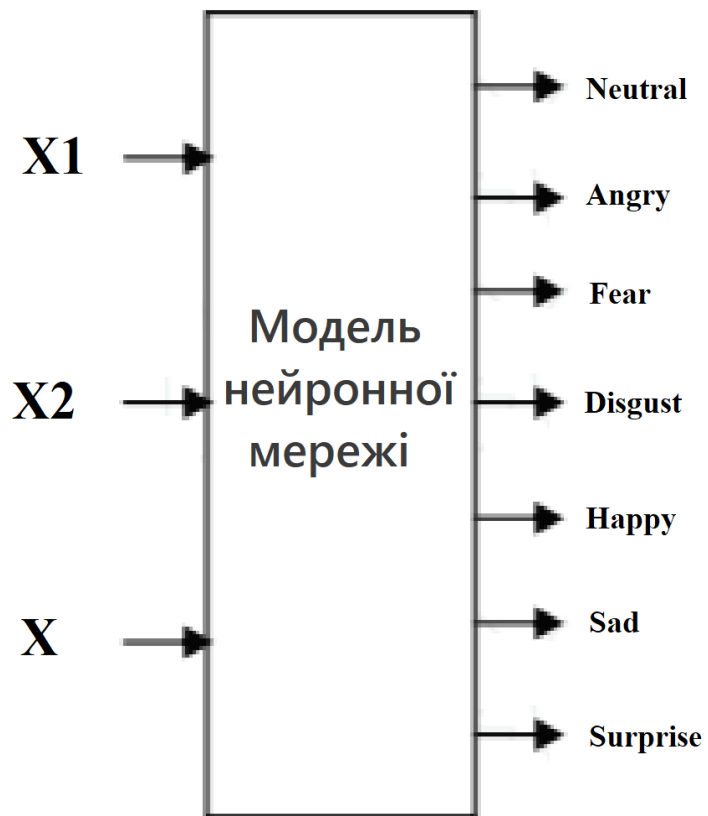


Рисунок 2.10 – Модель нейронної мережі зі структурою  $(3 \times 20 \times 7)$

Вихідний сигнал ( $3 \times 20 \times 3$ ) – це 3-бітове двійкове значення, що вказує на сім емоційних станів. Вихідні значення ( $O_i, i = 1, 2, \dots, 7$ ) з моделі ( $3 \times 20 \times 7$ ) є взаємовиключним двійковим бітом, що представляє емоцію.

Мережі з кожним з перелічених вище вхідних розмірів навчаються за допомогою алгоритму навчання зі зворотним поширенням помилки [30].

Основна ідея методу зворотного поширення помилки полягає в поширенні сигналів помилки від виходів мережі до її входів, в напрямку, зворотному прямому поширенню сигналів у звичайному режимі роботи. Було запропоновано загальний метод («принцип подвійності»), який можна застосувати до ширшого класу систем, включаючи системи з запізненням, розподілені системи, тощо. Для можливості застосування методу зворотного поширення помилки функція активації нейронів повинна бути диференційованою [31].

Метод зворотного поширення помилок використовує детермінований алгоритм оптимізації при пошуку необхідних вагових коефіцієнтів зв'язків. Зважаючи на це є небезпека, що при русі строго вниз по градієнту функції помилки  $E$  буде досягнуто якоїсь з локальних мінімумів цієї функції і процес навчання призупиниться, не знайшовши істинного рішення. Якщо помилка залишається значною, часто досить додати ще кілька елементів. В результаті розмірність простору вагових коефіцієнтів зростає і виникають шляхи обходу бар'єрів, що відокремлюють погані локальні мінімуми в підпросторі більш низької розмірності.

Для навчання блоку поведінки застосовувався варіант методу зворотного поширення помилки, названий комплементарним методом зворотного поширення помилки. Помилка на виході кожного нейрона блоку поведінки визначається по виходу даного нейрона і сигналом навчання від блоку оцінки дій. Відповідно до помилками на виходах нейронів коригуються ваги синапсів нейронів [32].

Навчання мережі проводиться методом зворотного поширення помилки за наступним алгоритмом (рис. 2.11)

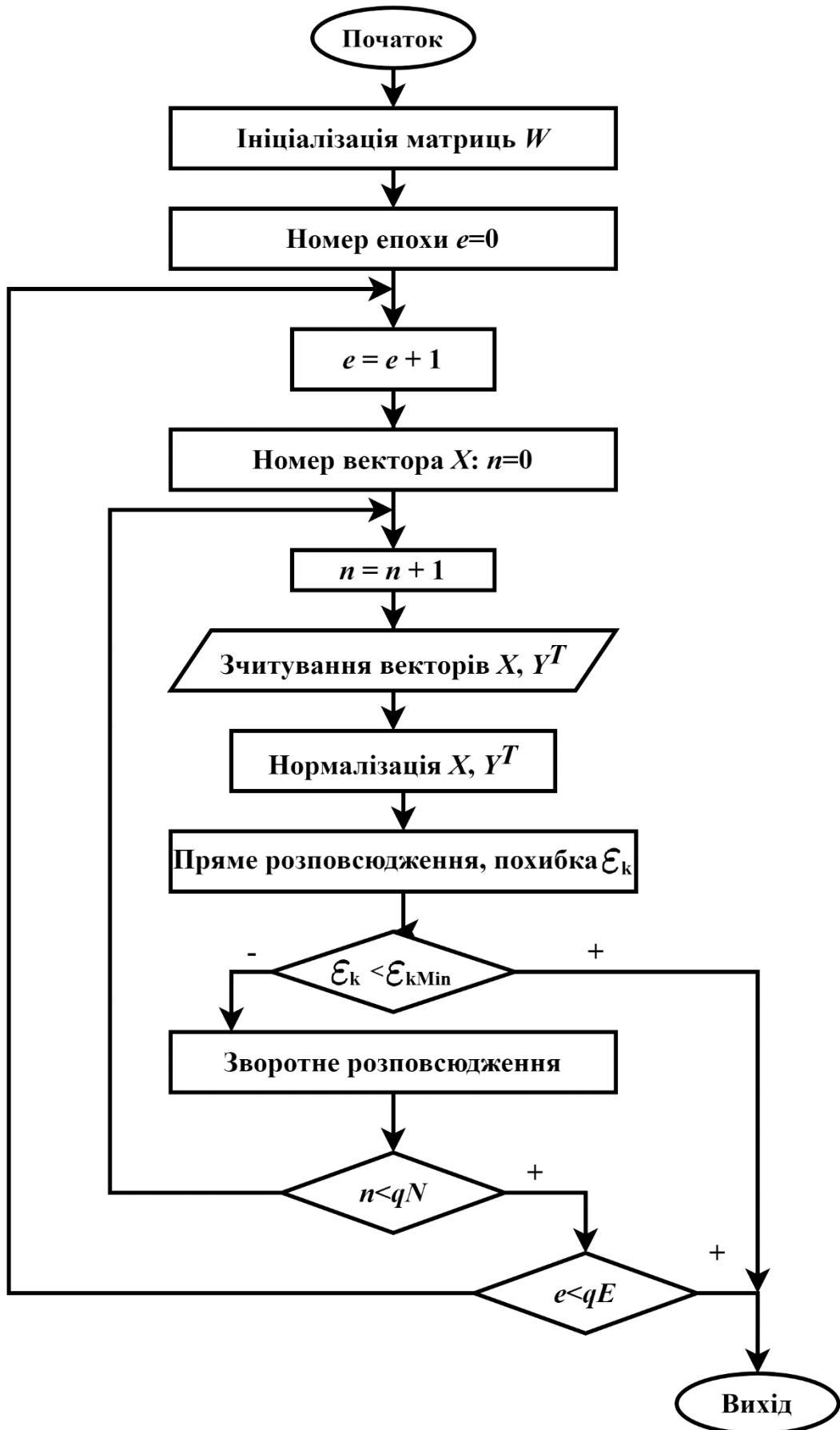


Рисунок 2.11 – Алгоритм навчання неймережі зі зворотним розповсюдженням помилки

## 2.1.6 Використання сервісу FaceReader

Розглянемо програмний продукт для мімічної детекції емоцій сервіс FaceReader від нідерландської компанії Noldus Information Technology.

FaceReader автоматично аналізує 6 основних виразів обличчя: радість, смуток, гнів, подив, страх, відразу, презирство і нейтральний вираз. Також він розраховує напрямок погляду, орієнтацію голови і такі характеристики людини, як вік, расова належність. FaceReader виконує точне моделювання обличчя за допомогою 500 ключових точок. Програмне забезпечення швидко аналізує дані, заощаджуючи час. Також FaceReader використовується в широкому діапазоні дослідницьких дисциплін, включаючи дослідження ринку, дослідження поведінки споживачів, психологію, тестування юзабіліті, освітні дослідження та взаємодію людини з комп'ютером.

FaceReader працює в три етапи:

1. Знаходження обличчя – знайдене точне положення обличчя.
2. Моделювання обличчя – модель активного вигляду використовується для синхронізації штучної моделі обличчя, яка описує розташування більше 500 ключових точок, а також текстуру обличчя.
3. Класифікація обличчя (рис. 2.12).

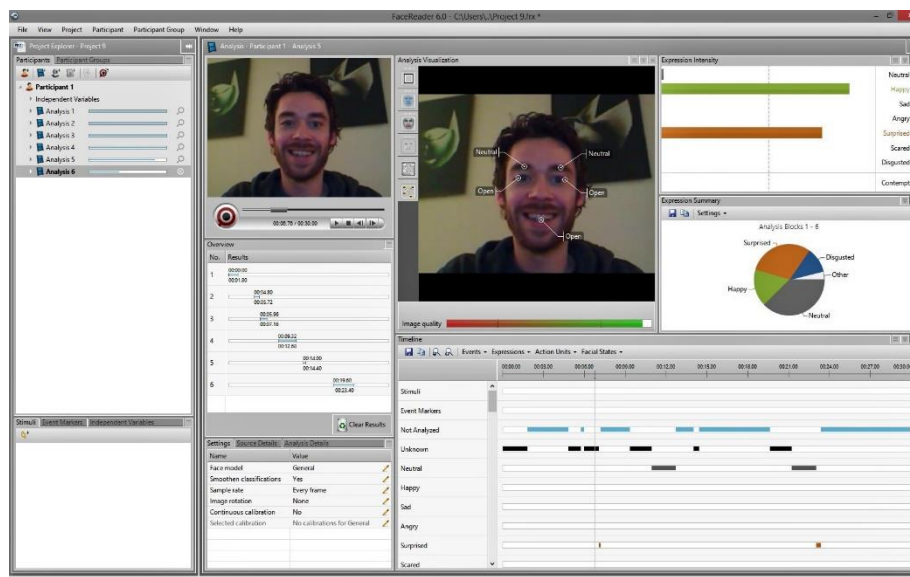


Рисунок 2.12 – Приклад роботи програми FaceReader

Програма спирається на технології комп'ютерного зору. Зокрема, мова йде про метод Active Template, що полягає в накладенні на зображення обличчя деформованого шаблону, і методі Active Appearance Model, що дозволяє створювати штучну модель особи за контрольними точками з урахуванням деталей поверхні (рис. 2.13).



Рисунок 2.13 – Приклад використання методу Active Appearance Model

### 2.1.7 Використання сервісу Emovu

Подібним чином функціонує сервіс Emovu від каліфорнійської компанії Eyuris. Рішення інкорпорує алгоритми комп'ютерного зору і глибокого навчання для аналізу великого набору ознак (мікроекспресії, айтрекінг, моргання, нахили голови і так далі), що застосовується в тому числі для

зчитування емоційного відгуку, залученості та зацікавленості людини тим контентом, що демонструється йому в потоці відео [33].

Компанія пильно стежить за тенденціями в галузі інтелектуальних систем транспорту та співпрацює з автомобільними концернами (такими, як Toyota і Honda) на предмет впровадження технологій з розпізнавання емоцій в повністю автономні безпілотні транспортні засоби, де акцент в програмному оснащенні і сервісах зміщується до пасажирів, їх відчуттів задовольняли потреби, динаміці станів у часі.

В активних моделях зовнішнього вигляду моделюються два типи параметрів: параметри, пов'язані з формою (параметри форми), і параметри, пов'язані зі статистичною моделлю зображення або текстурою (параметри зовнішнього вигляду). Перед використанням модель повинна бути навчена на множині заздалегідь розмічених зображень. Розмітка зображень виробляється вручну або в напівавтоматичному режимі, коли за допомогою будь-якого алгоритму знаходяться наближені розташування міток, а потім вони уточнюються експертом. Кожна мітка має свій номер і визначає характерну точку, яку повинна буде знаходити модель під час адаптації до нового зображення [34].

Наведені вище способи вирішення завдання визначення емоційного фону зображення ґрунтуються на твердженні, що на зображенні обов'язково присутній людське обличчя з помітними мімічними рисами. Однак, такий підхід не єдиний, також для вирішення подібної проблеми можна ґрунтуватися на твердженні, що у кожного зображення є колірна гама. Крім цього, існує взаємозв'язок між кольором і підсвідомістю, яке є джерелом емоційного відгуку людини. Такий напрям в системах детекції та визначення емоційного фону не так поширене, так як взаємозв'язок між показниками кольору і емоцією складно однозначно визначити [35].

## 2.2 Визначення емоційного забарвлення зображення за кольоровою складовою

В останні роки розвивається напрямок визначення емоційного забарвлення зображення за кольоровою гамою. Були проведені серії експериментів, пов'язаних з даним напрямком. Так як колір є невід'ємною частиною зображення, по суті будучи основним його компонентом, даними дослідженнями можна користуватися як підставою для використання показників кольору при визначенні емоційного забарвлення зображення.

У статті «Вплив кольору на емоції» (1994 р.) А. Мехраб'ян і П. Вальдес описали взаємозв'язок між параметрами моделі емоційного стану PAD (Pleasure Arousal Dominance emotional state model) і колірної моделі HSB. Авторами було проведено лінійний регресійний аналіз, за допомогою якого ними була виявлена залежність між показниками PAD і такими координатами колірної моделі як насиченість і яскравість. Їх теоретичні висновки були підкріплені результатами, отриманими при проведенні серії експериментів. Однак в своєму дослідженні Махраб'ян і Вальдес стверджують, що вплив відтінку кольору на емоції менш виражений, ніж вплив яскравості і насиченості.

На рисунку 2.14 відображено двомірне уявлення PAD моделі. Було встановлено, що показники PAD в двовимірному просторі можуть коректно і точно описувати відгук людей на колірне оточення (Bregman і Geuens, 2004 р.) [36]. Також дослідження показало, що вплив показника PAD Dominance, в цілому, не таке сильне як вплив інших трьох показників. Була розглянута можливість підстроювання кольору оточення, як інструмент впливу на бажання людей повернутися в це оточення. Як одна з проблем у дослідженні була виділена слабка узагальненість лабораторних експериментів.

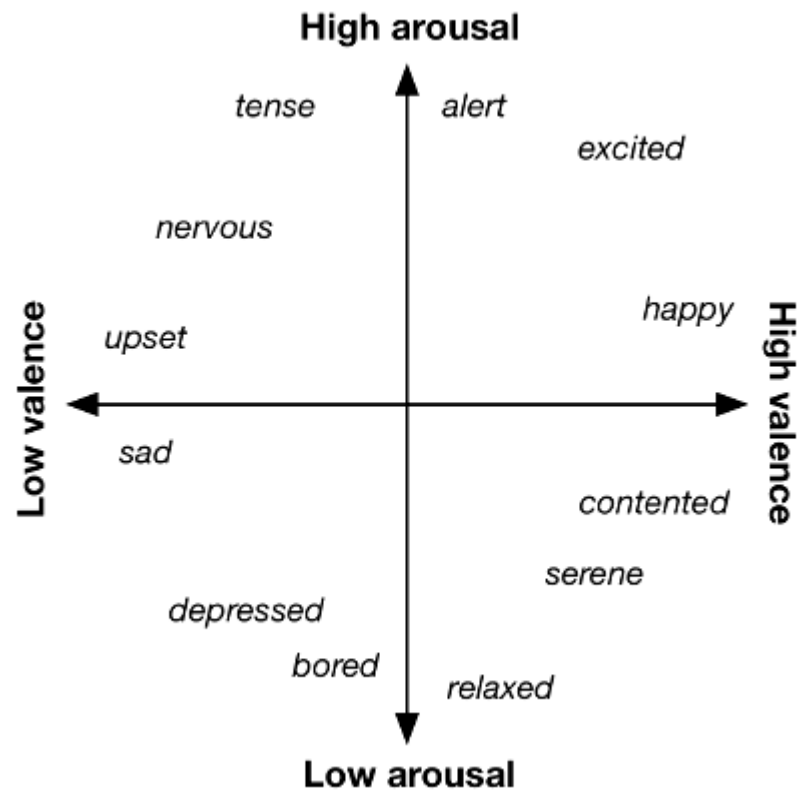


Рисунок 2.14 – Двомірне уявлення PAD моделі

У дослідженні Мачаждік і Хенбурі (2010 р.) було встановлено взаємозв'язок між емоційним відгуком людини і низькорівневих характеристик зображення, в тому числі і колірна складова [37]. Предметом дослідження служили як абстрактні зображення, так і художня фотографія. Було встановлено, що абстрактні зображення гірше піддаються аналізу, запропонованого в даній роботі, найбільш точні результати були отримані при роботі з художньою фотографією. Так само зображення, які викликали у людей почуття злості, показали нижчий рівень кореляції з запропонованим алгоритмом. Як, розширення досліджень авторами був запропонований перехід від загального до конкретного, тобто засновувати видається алгоритмом емоцію нема на загальних характеристиках зображення, а виходити з переваги людей. У роботі не враховується вплив нестатичних елементів на зображення, такі як мерехтіння лам, миготливі вивіски та інше.

У своїй роботі (Tsonos and Kouroupetroglou, 2011 р.) досліджували вплив оформлення тексту на емоційний стан людини, використовуючи PAD

модель [38]. В результаті авторами був підтверджено, що зовнішні чинники впливають на емоційний стан читача, і що емоційний відгук можна співвіднести з показниками моделі емоційного стану PAD.

Перевагою використання таких методів є те, що при цьому нівелюється така проблема, як відсутність сильних мімічних реакцій у деяких людей. Такі методи дозволяють розвивати напрямок визначення емоційного фону зображення не тільки як засобу визначення емоційного стану конкретної людини, а як можливість використовувати такі методи для визначення ставлення до зображення в цілому.

### 2.3 Огляд існуючих програмних засобів формування колірної схеми

Неважливо, працюєте ви над створенням суворого корпоративного сайту або ж над невеликою і яскравою персональною сторінкою, колірне рішення буде одним з ключових факторів сприйняття відвідувачами дизайну вашого ресурсу.

Відомо, що перше враження про веб-сайт формується у відвідувача в перші вісім, десять секунд перегляду веб сторінки. Саме ці короткі миті визначають, затримається відвідувач на сайті або просто закrije його. Причому, в більшості випадків, основним фактором впливу на перше враження відвідувача є колірна гамма сторінки.

Таким чином, при створенні сайту особливу увагу слід приділити колірній схемі дизайну, так як продумані поєднання кольорів, дозволять зробити Інтернет ресурс гармонійним і приємним для ока відвідувача.

При формуванні колірної схеми веб сайту основним завданням є пошук гармонійних колірних поєднань. Це обумовлено тим, що далеко не всі кольори однаково добре виглядають разом. Тож, маємо задачу: Як визначити які кольори будуть ефектно доповнювати один одного, а яких поєднань слід уникати?

У теперішній час на ринку стали з'являтися програми, здатні на основі візуального зображення, автоматично формувати колірні схеми. Тож, розглянемо деякі з них [39].

### 2.3.1 Огляд сервісу Photocora

Одним з таких рішень є програма Photocora, розроблена Colorlovers. Photocora – дозволяє створити кольорову палітру, що генерується з зображення (рис. 2.15).

Основні переваги:

- сервіс є безкоштовним, для повноцінного використання досить пройти просту процедуру реєстрації на сайті розробника;
- простий і інтуїтивно зрозумілий інтерфейс користувача;
- можливість маніпулювати насиченістю зразків кольору отриманих з зображення;
- можливість зберігати вибрані зразки у вигляді файлів;
- легкість моделювання кінцевого результату.

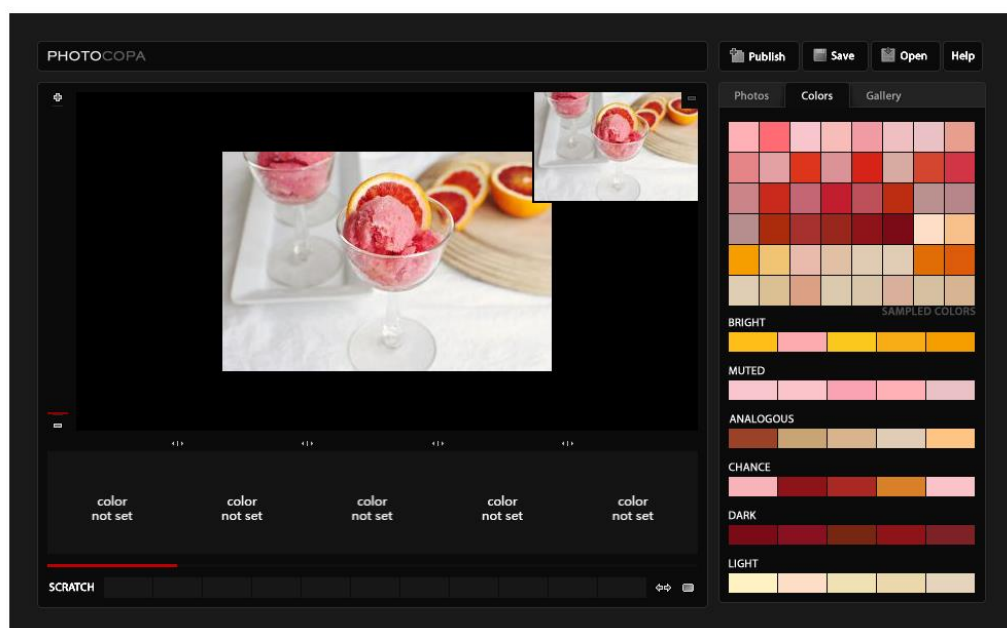


Рисунок 2.15 – Приклад роботи програми Photocora

### 2.3.2 Огляд онлайн-сервісу ColorHunter

Наступним технологічним рішенням створення палітри кольорів зображення є ColorHunter (рис. 2.16).

ColorHunter – це онлайн-ресурс, де ви можете знайти колірні палітри, створені із зображень. Також, він дозволяє шукати колірні палітри за тегом, за шістнадцятиричним кольоровим кодом або за URL-адресою зображення. Сервіс дозволяє завантажити зображення і створити власну колірну палітру.

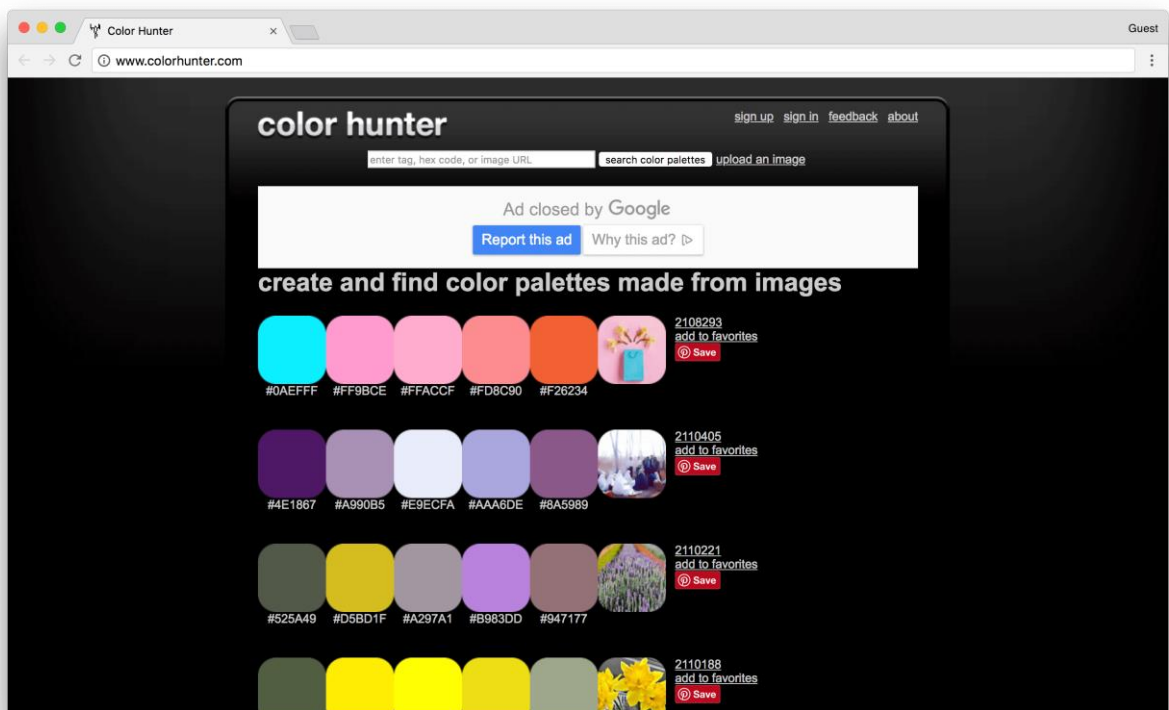


Рисунок 2.16 – Приклад роботи онлайн-сервісу ColorHunter

### 2.3.3 Огляд сервісу Adobe Kuler

Adobe Kuler – це колірний мікшер з розширеними можливостями. Це Flash-сервіс, що дозволяє створювати, редагувати і зберігати колірні схеми (рис. 2.17).

Розглянемо переваги Adobe Kuler:

Kuler – це збірник готових колірних схем, які створюються і обговорюються в реальному часі відвідувачами [kuler.adobe.com](http://kuler.adobe.com). Тобто сервіс працює за принципом «одна голова добре, а співтовариство – краще». На сайті ведеться рейтинг готових колірних рішень.

Kuler сумісний з багатьма програмними зособами з Creative Suite. Наприклад, підтримується експорт палітри до формату \*.ASE (Adobe Swatch Exchange), що дає можливість завантажити створені кольору в Photoshop через палітру SWATCHES.

Файли .ASE служать для обміну кольорами між програмами пакету Creative Suite. Наприклад, якщо Ви працюєте одночасно в Adobe Illustrator і в Adobe Photoshop, Ви можете легко переміщати свої палітри між застосунками, таким чином гарантуючи колірну цілісність проекту.

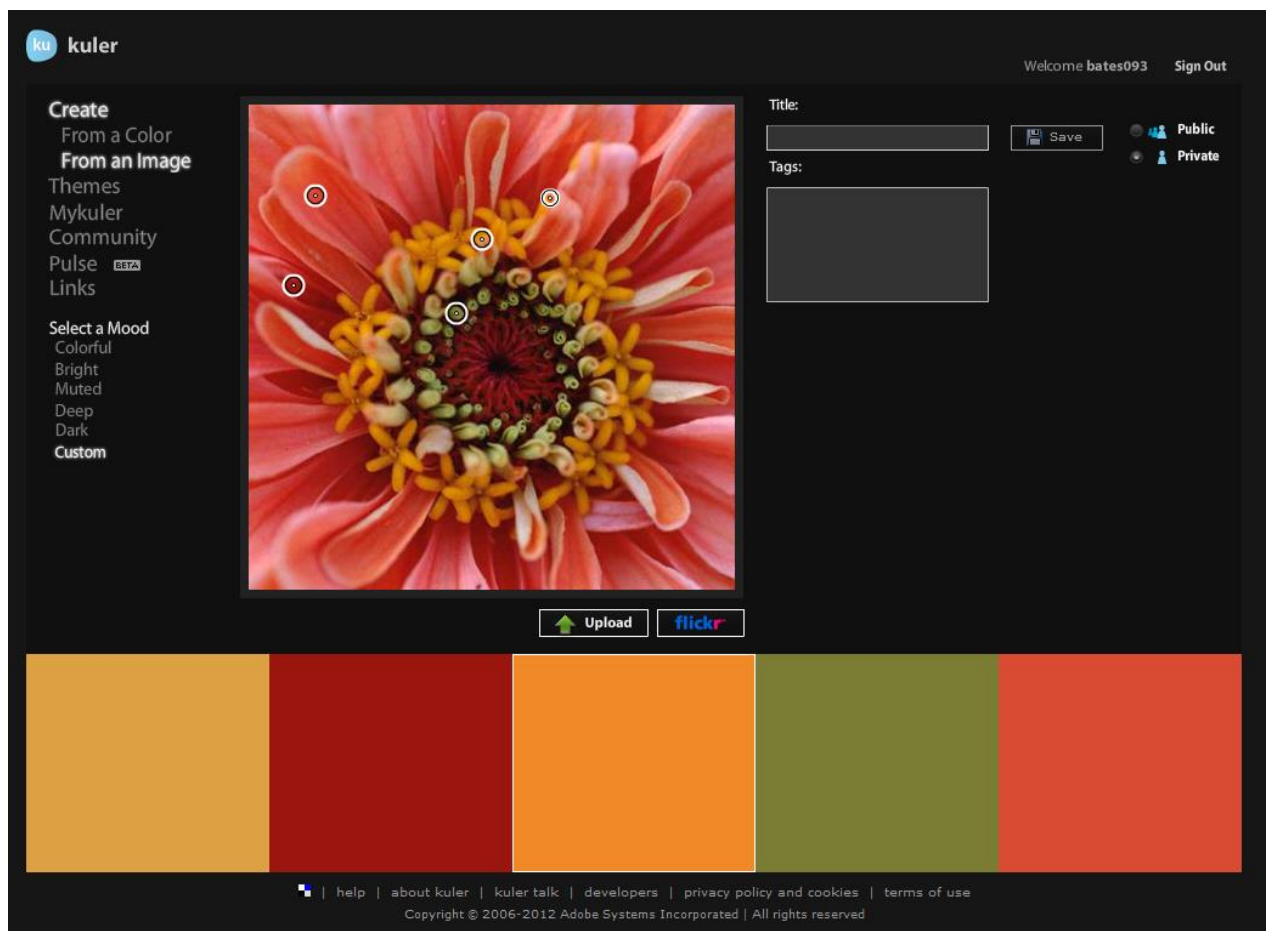


Рисунок 2.17 – Приклад роботи програми Adobe Kuler

### 2.3.4 Огляд інструменту Pictaculous

Pictaculous – це онлайн-інструмент для вилучення кольору зображення, який дозволяє вам отримувати палітру кольорів з будь-якого зображення (рис. 2.18).

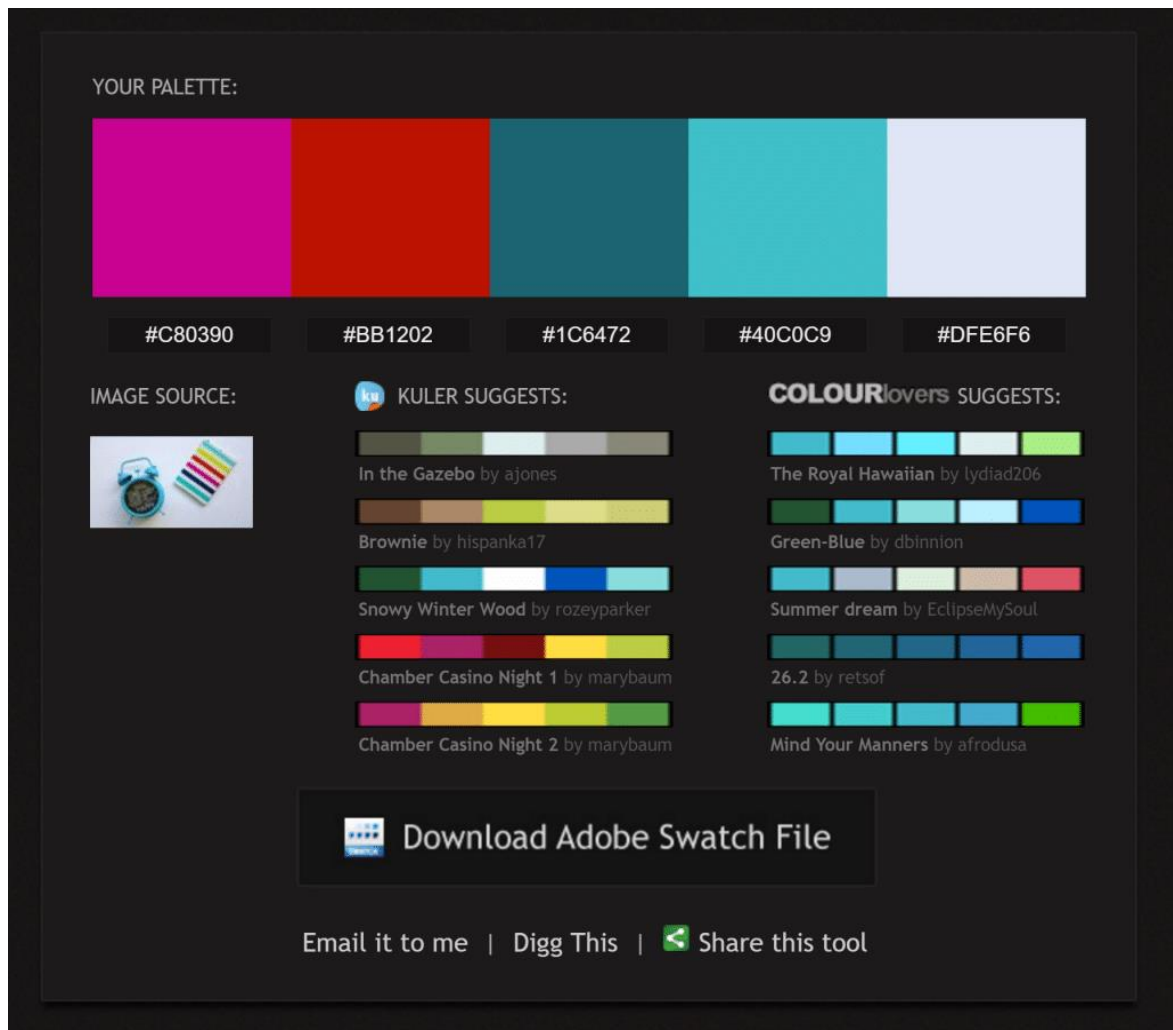


Рисунок 2.18 – Приклад роботи програми Pictaculous

Основні функції Pictaculous:

- надає змогу створити колірну палітру з зображення;
- підтримує формати зображень PNG (Portable Network Graphics), GIF (Graphics Interchange Format), JPG (Joint Photographic Experts Group);
- розмір завантаження обмежений 500 КБ;

- надає змогу завантажити витягнуті кольори у вигляді файлу Adobe Swatch (.aco) або надіслати результати на електронною поштою;
- доступна версія для iPhone;
- сервіс безкоштовний.

#### 2.4 Опис алгоритму медіанного розрізу у визначенні палітри зображення

Першим етапом є виділення палітри кольорів на зображенні, як основи для подальшого аналізу. Кольорова палітра (палітра кольору) – фіксований набір (діапазон) кольорів і відтінків, що має фізичну або цифрову реалізацію в тому чи іншому вигляді [40].

Для виділення палітри кольорів зображення використовується алгоритм медіанного розрізу, який виділяє всі кольори на зображення. Так само існує можливість отримати кількість пікселів кожного з кольорів.

Медіанний розріз – це алгоритм для сортування даних довільного числа вимірів у серію множин шляхом рекурсивної висічки кожного набору даних у середній точці уздовж найдовшого розрізу. Середній розріз, як правило, використовується для квантування кольорів. Наприклад, щоб зменшити зображення кольорів у 64 кольори до 256 кольорів, середній розріз використовується для пошуку 256 кольорів, які добре відповідають оригінальним даним [41].

Метод квантування кольорів за допомогою медіанного перетину застосовується при виборі 256 кольорів, щоб представити повнокольорове зображення, що містить кілька тисяч кольорів. Щоб зрозуміти як працює метод медіанного перетину, представимо колірний простір як куб. Кожна вісь відповідає одному з трьох основних кольорів і ділення на осі нумеруються від 0 до 255 (рис. 2.19).

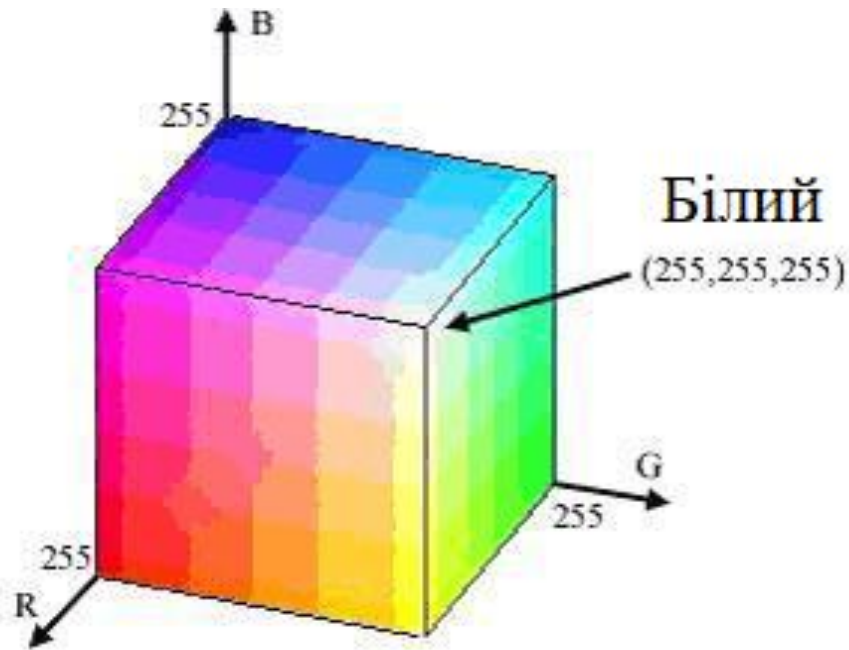


Рисунок 2.19 – Колірний куб

Перший крок полягає в відсіканні «країв» куба, які не містять пікселів. Наприклад, якщо у всіх пікселів значення червоної компоненти не менше, ніж 8 і не більше, ніж 250, то відкидаються частини куба від  $K = 0$  до  $K = 7$  і від  $K = 251$  до  $K = 255$ .

Другий крок полягає в розрізі отриманого паралелепіпеда на два в серединній точці (медіані) найдовшої сторони. Якщо найдовша сторона паралельна осі  $C$ , то комп'ютер вибирає серединне синє значення з усіх синіх значень представлених в паралелепіпеді і розрізає в цій точці. Тепер паралелепіпед розділений на два паралелепіпеда меншого розміру, що містять однакову кількість пікселів.

Весь попередній процес – відсікання порожніх «країв» і розрізання найдовшої сторони в серединній точці – повторюється для двох менших паралелепіпедів. Тепер вихідний куб розділений на чотири паралелепіпеда, що містять приблизно однакову кількість пікселів.

Медіанний перетин повторно застосовується для того, щоб розділити куб на 8, 16, 32, 64, 128 і 256 паралелепіпедів. Вони містять приблизно одне і те ж кількість пікселів і їх обсяги обернено пропорційні щільності пікселів.

Маючи простір, розділений таким чином, легко визначити палітру. Кожен з 256 паралелепіпедів містить пікселі приблизно однакового кольору і центр кожного паралелепіпеда представляє оптимальне значення кольору для палітри. Маючи координати вершин, дуже просто обчислити координати центральної точки. Деякі графічні програми замість того, щоб обчислювати центральну точку, усереднюють значення всіх пікселів, що знаходяться всередині паралелепіпеда; в такому випадку на обчислення піде більше часу, але отримана палітра буде якіснішою. Отримавши  $K$ ,  $Z$  і  $C$  координати для всіх 256 центральних точок в паралелепіпедах, отримуємо 256 кольорів, які і будуть складати палітру (рис. 2.20).

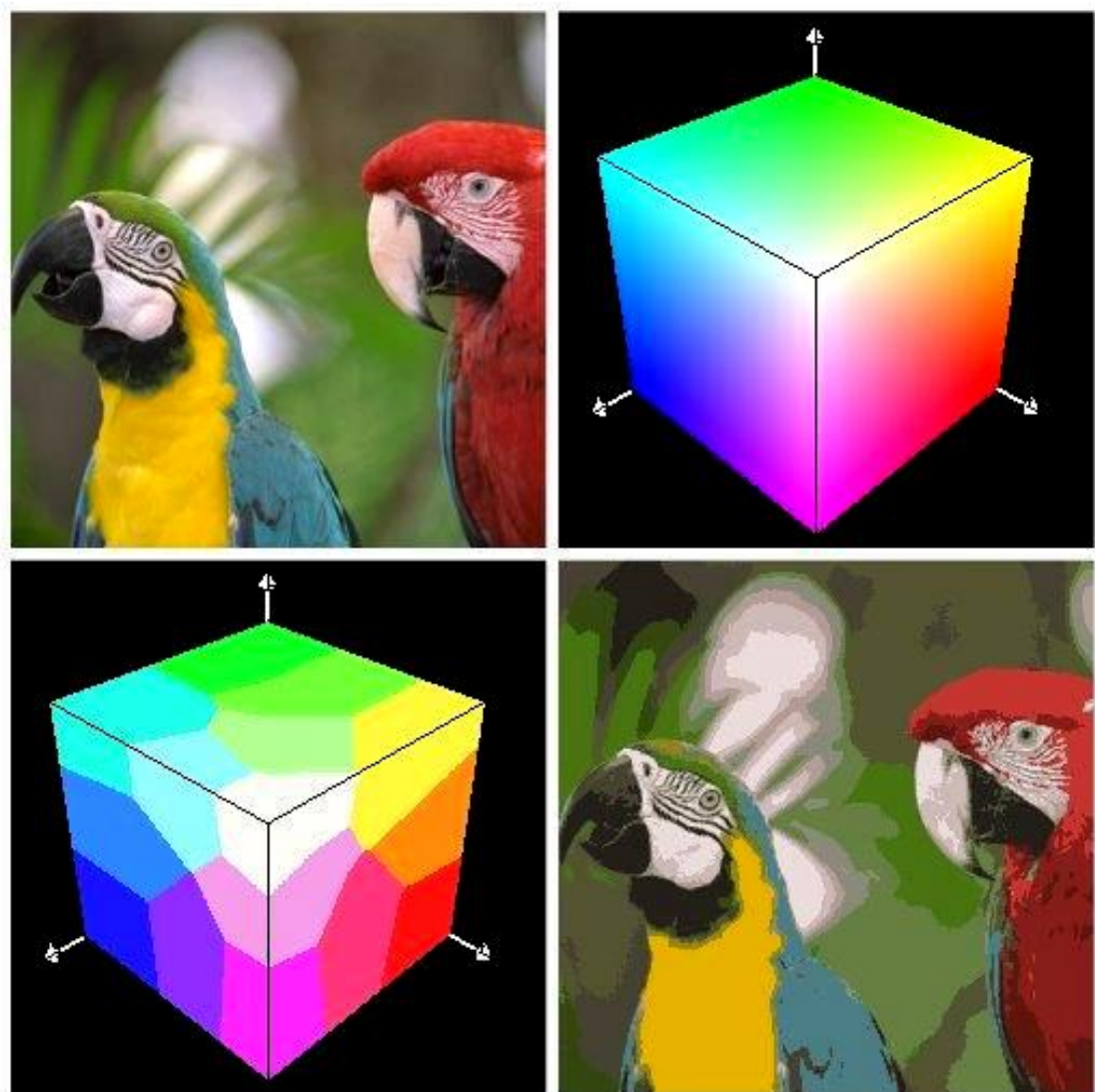


Рисунок 2.20 – Приклад визначення палітри зображення за допомогою методу квантування

Для палітри важливими є не тільки кольори, що входять до неї, але і їх процентне співвідношення.

Кольори з дуже низьким коефіцієнтом присутності в палітрі не будуть мати істотний вплив на емоційне забарвлення зображення і на емоції людини відповідно [42].

$$Z = \{z_i\}, i = 1..n, \quad (2.4)$$

де  $n$  – кількість кольорів в утвореній палітрі;

$Z$  – вектор відсотків.

$$z_i = \frac{a_i}{area} * 100\%, \quad (2.5)$$

де  $area$  – кількість пікселів в зображенні;

$a_i$  – кількість пікселів кольору.

Палітру кольорів можна представити у вигляді множини  $P$  (Palette), яка має вигляд:

$$P = \{(rgb_i, z_i)\}, i = 1..n, \quad (2.6)$$

де  $n$  – кількість кольорів в утвореній палітрі.

$$SummaryPartPercentage = \sum_{i=1}^n z_i. \quad (2.7)$$

Уявімо SPP (Summary Part Percentage) як 100% і розрахуємо нові значення  $z_i$  щодо значення SPP.

$$Y = \{y_i\}, i = 0..n, \quad (2.8)$$

де  $n$  – кількість кольорів в утвореній палітрі;

$Y$  – вектор відносних відсотків.

$$y_i = \frac{z_i}{SPP} * 100\%. \quad (2.9)$$

Далі палітра була обмежена за допомогою показника  $\alpha$ .

$$\sum_{i=0}^k y_i < \alpha. \quad (2.10)$$

Тоді показник  $k$  буде розмірністю нової обмеженої палітри.

Палітра для аналізу була представлена множиною  $PA$  (Palette for Analyze), яке має наступний вигляд:

$$PA = \{(rgb_j, y_j)\}, j = 1..k,$$

де  $k$  – кількість кольорів в обмеженою палітрі.

Слід враховувати, що множини  $P$  і  $PA$  впорядковані за спаданням за параметрами  $z_i$  і  $y_i$  відповідно [43].

## 2.5 Класифікація кольорів та обчислення середнього представника класу

Класифікація – системний розподіл об'єктів, що вивчаються, явищ, процесів за родами, видами, типами, з яких-небудь істотних ознаках для зручності їх дослідження.

Розрізняють:

а) допоміжну (штучну) класифікацію, що проводиться за зовнішніми ознаками і служить для розташування множини предметів (процесів, явищ) у потрібному порядку;

б) природну класифікацію, яка проводиться за істотними ознаками, що характеризує внутрішню схожість предметів і явищ.

Залежно від обраних ознак, їх поєднання і процедури поділу понять класифікація може бути:

а) простою – поділ родового поняття тільки за ознакою і тільки один раз до розкриття всіх видів;

б) складною – застосовується для поділу одного поняття з різних підстав і синтезу таких простих розподілів в єдине ціле. Прикладом такої класифікації є періодична система хімічних елементів [44].

У даній роботі проводиться природна складна класифікація, як ознаки, за якими буде відбуватися класифікація виступають показники кольору. Спочатку, використовується показник RGB, який показує частки червоного, зеленого і синього кольору, а так само беруться похідна від нього модель представлення кольору HSL, яка в свою чергу відображає такі складові кольору як відтінок, насиченість і яскравість [45].

Тон (Hue) – властивість зорового сприйняття, згідно з яким підсвічується область здається подібною червоному, жовтому, зеленому і синьому кольорі або комбінації з них двох.

Насиченість (Saturation) – кольоровість, барвистість підсвічується області в пропорції до її яскравості.

Яскравість (Lightness) – характеристика сприйняття яскравості одного кольору по відношенню до яскравості іншого кольору або яскравості оточення.

Для визначення кольорової групи в роботі використовувалася карта рівнів відтінку (Hue Ranges Map), відповідно до даної карти було виділено 16 колірних груп. Назва груп, їх опис і параметри наведені в таблиці нижче (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Карта рівнів відтінку

№	Назва (англійська)	Відтінок (Hue)
1	Red	355 °– 10°
2	Red – Orange	11 °– 20°
3	Orange & Brown	21 °– 40°
4	Orange – Yellow	41 °– 50°
5	Yellow	51 °– 60°
6	Yellow – Green	61 °– 80°
7	Green	81 °– 140°
8	Green – Cyan	141 °– 169°
9	Cyan	170 °– 200°
10	Cyan – Blue	201 °– 220°
11	Blue	221 °– 240°
12	Blue – Magenta	241 °– 280°
13	Magenta	281 °– 320°
14	Magenta – Pink	321 °– 330°
15	Pink	331 °– 345°
16	Pink–Red	346 °– 354°

За наведеною схемою кольорів відповідно відтінку виходить 16 класів, за якими будуть розподілятися кольори, так само до цих класів додаються ще три класи: сірий, білий і чорний (рис. 2.21).

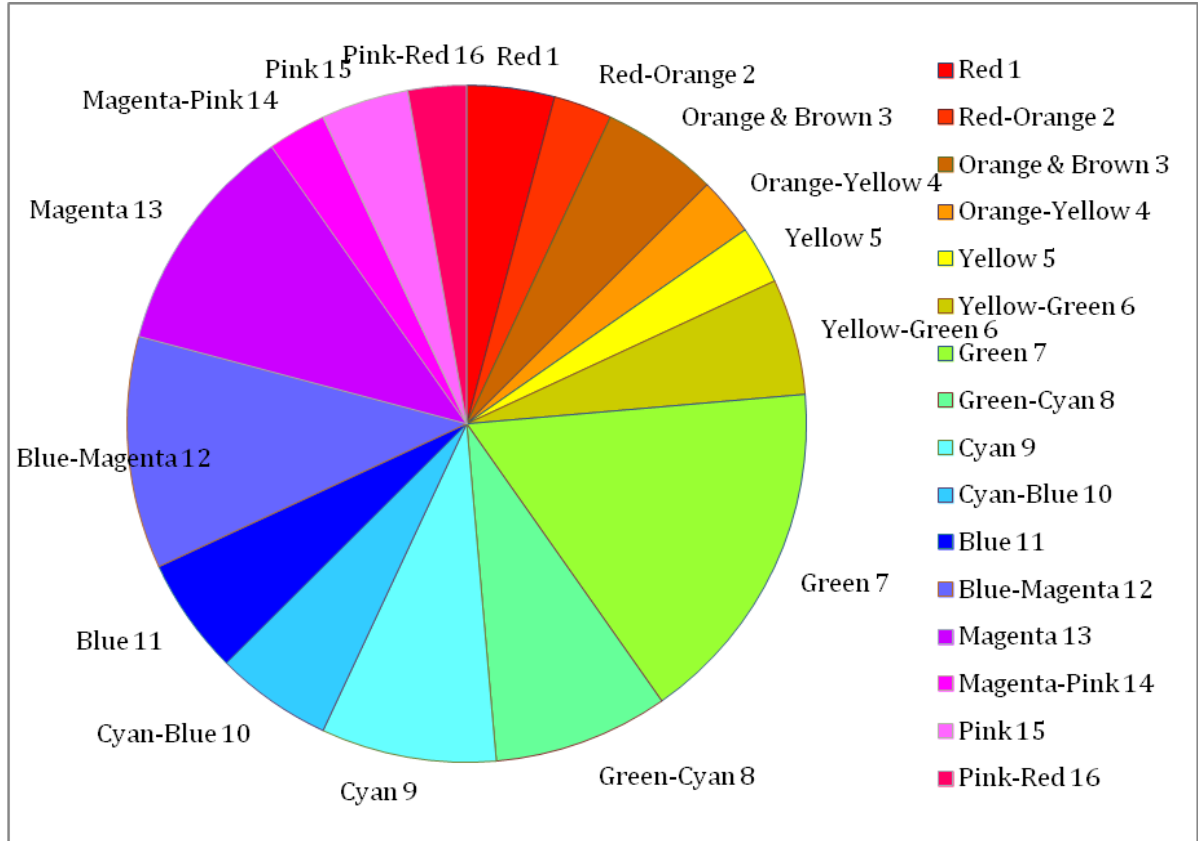


Рисунок 2.21 – Схема кольорів відповідно відтінку

Як параметр, що визначає підгрупи, використовується показник світлості. Таких підгруп для кожної з групи кольорів буде 4 з показниками світлості до 25%, 50%, 75% і 100% відповідно.

Карту рівнів відтінків зручно використовувати за рахунок її наочності, так як на такій моделі легко визначити колір і його параметри, які в подальшому будуть використовуватися при побудові дерева прийняття рішень.

## 2.6 Опис алгоритму побудови дерева прийняття рішення

Алгоритм дерева прийняття рішень є алгоритмом регресії і класифікації для використання в прогнозованому моделюванні дискретних і безперервних атрибутів (рис. 2.22).

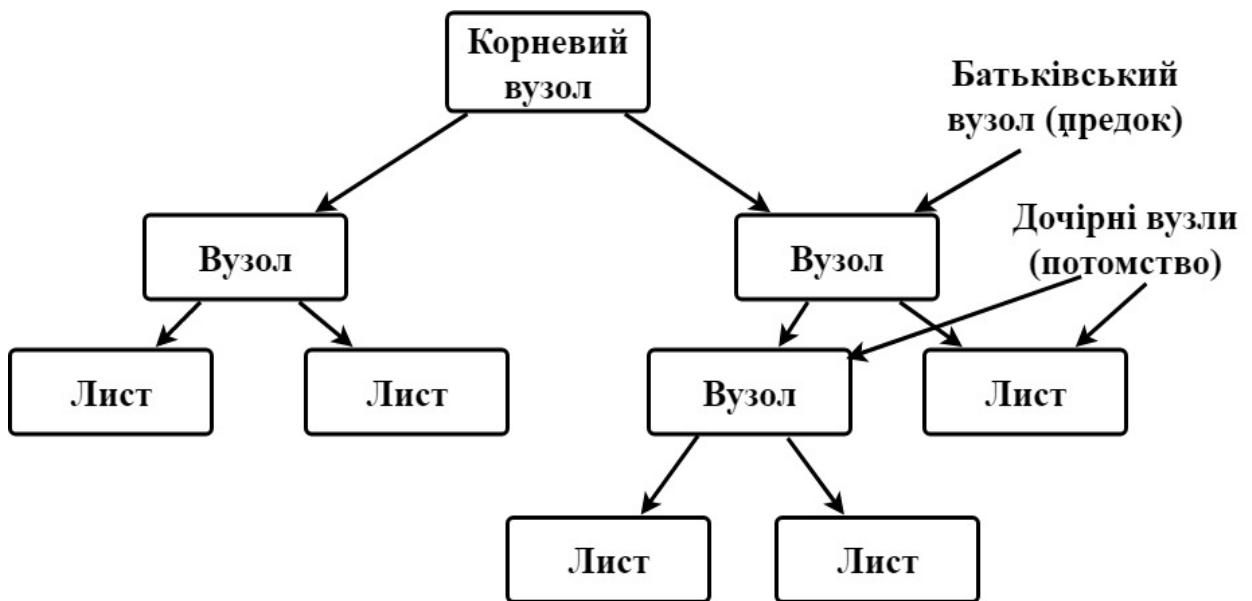


Рисунок 2.22 – Схема дерева прийняття рішень

Для дискретних атрибутів алгоритм здійснює прогнозування на основі зв'язку між вхідними стовпцями в наборі даних. Він використовує значення цих стовпців (відомі як стану) для прогнозування станів стовпчика, який позначається як прогнозований. Алгоритм ідентифікує вхідні стовпці, які корельовані з прогнозованим стовпцем. Дерево рішень здійснює прогнозування на основі цієї тенденції в напрямку конкретного результату [46].

Для безперервних атрибутів алгоритм використовує лінійну регресію для визначення місця розбиття дерева рішень.

Якщо декілька стовпців встановлені як прогнозовані або якщо вхідні дані містять вкладену таблицю, яка задана як прогнозована, то алгоритм буде окреме дерево рішень для кожного прогнозованого стовпця.

Після виділення кольорів застосовується алгоритм дерева прийняття рішень для поділу кольорів на класи (завдання класифікації). Як ознаки для дерева прийняття рішень виступають параметри кольору в колірній моделі RGB і HSL.

Такий підхід досить легко реалізується програмно, а так само дозволяє швидко і ефективно розділити кольори на класи. Листям дерева відповідають показники кольору, які можуть однозначно характеризувати колір.

При побудові дерева слід враховувати, що існує можливість появи кольору з дуже високим або дуже низьким рівнем яскравості, що наблизити колір до білого або чорного відповідно. Це слід враховувати при реалізації обходу дерева. Так само існує можливість появи сірого кольору, чий показник так само залежить від яскравості.

Після того, як кольори розподілені за класами, вибирається середній представник класу. Це робиться для того, щоб при оцінці впливу класу можна було використовувати якесь усереднене значення, яке є унікальним ідентифікатором класу. Такий підхід дозволить усунути розрив між колірними показниками учасників класу. Також, надасть більш однозначний колір для подальшого аналізу.

## 2.7 Кластерний аналіз

Кластеризація (або кластерний аналіз) – це задача розбиття множини об'єктів на групи, які називаються кластерами. У середині кожної групи повинні виявитися «схожі» об'єкти, а об'єкти різних групи повинні бути якомога більш відмінні. Головна відмінність кластеризації від класифікації полягає в тому, що перелік груп чітко не заданий і визначається в процесі роботи алгоритму [47].

Кластер має наступні математичні характеристики: центр, радіус, середньоквадратичне відхилення, розмір кластера.

Центр кластера – це середнє геометричне місце точок в просторі змінних.

Радіус кластера – максимальна відстань точок від центру кластера. Кластери можуть бути перекриваються. Така ситуація виникає, коли виявляється перекриття кластерів. У цьому випадку неможливо за допомогою математичних процедур однозначно віднести об'єкт до одного з двох кластерів. Такі об'єкти називають спірними.

Спірний об'єкт – це об'єкт, який у міру подібності може бути віднесений до кількох кластерів.

Розмір кластера може бути визначений або по радіусу кластера, або по середньоквадратичному відхиленню об'єктів для цього кластера. Об'єкт відноситься до кластеру, якщо відстань від об'єкта до центру кластера менше радіуса кластера. Якщо ця умова виконується для двох і більше кластерів, об'єкт є спірним. Неоднозначність даного завдання може бути усунена експертом або аналітиком [48].

Робота кластерного аналізу опирається на два припущення. Перше припущення – що розглядувані ознаки об'єкта, в принципі, допускають бажане розбиття пулу (сукупності) об'єктів на кластери. Друге припущення – правильність вибору масштабу або одиниць вимірювання ознак [49].

### 2.7.1 Застосування кластерного аналізу

Застосування кластерного аналізу в загальному вигляді зводиться до наступних етапів:

Відбір вибірки об'єктів для кластеризації.

Визначення множини змінних, за якими будуть оцінюватися об'єкти у вибірці. При необхідності – нормалізація значень змінних.

Обчислення значень міри схожості між об'єктами. Застосування методу кластерного аналізу для створення груп схожих об'єктів (кластерів) [50].

Представлення результатів аналізу.

Після отримання та аналізу результатів можливе корегування обраної метрики і методу кластеризації до отримання оптимального результату.

Отже, щоб визначати «схожість» об'єктів для початку потрібно скласти вектор характеристик для кожного об'єкта – як правило, це набір числових значень, наприклад, зростання-вага людини. Однак існують також алгоритми, що працюють з якісними (т.зв. категорійними) характеристиками. Після того, як ми визначили вектор характеристик, можна провести нормалізацію, щоб всі компоненти давали однаковий внесок при розрахунку «відстані» [51].

У процесі нормалізації все значення приводяться до деякого діапазону, наприклад, [1, -1] або [0, 1]. Нарешті, для кожної пари об'єктів вимірюється «відстань» між ними – ступінь схожості. Існує безліч метрик, ось лише основні з них:

Евклідова відстань. Найбільш поширена функція відстані. Це геометрична відстань в багатовимірному просторі:

$$p(x, x') = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - x'_i)^2}. \quad (2.12)$$

Квадрат евклідової відстані. Застосовується для додання більшої ваги більш віддаленим один від одного об'єктів. Це відстань обчислюється таким чином:

$$p(x, x') = \sum_{i=1}^n (x_i - x'_i)^2. \quad (2.13)$$

Відстань міських кварталів (Манхетенська відстань). Це відстань є усередненим значенням різниць по координатах. У більшості випадків ця міра відстані приводить до таких же результатів, як і для звичайної відстані

Евкліда. Однак для цієї міри вплив окремих великих різниць (викидів) зменшується (тому що вони не зводяться в квадрат). Формула для розрахунку манхетенської відстані:

$$p(x, x') = \sum_{i=1}^n (x_i - x'_i)^2. \quad (2.14)$$

Відстань Чебишева. Ця відстань може виявитися корисною, коли потрібно визначити два об'єкти як «різні», якщо вони різняться якоюсь однією координатою [52].

Степенева відстань. Застосовується в разі, коли необхідно збільшити або зменшити вагу, що відноситься до розмірності, для якої відповідні об'єкти сильно відрізняються. Степенева відстань обчислюється по такій формулі:

$$p(x, x') = \sqrt[r]{\sum_{i=1}^n (x_i - x'_i)^p}. \quad (2.15)$$

де  $r$  і  $p$  – параметри, що визначаються користувачем.

Параметр  $p$  відповідальний за поступове зважування різниць за окремими координатами, параметр  $r$  відповідальний за прогресивне зважування великих відстаней між об'єктами. Якщо обидва параметри –  $r$  і  $p$  дорівнюють двом, то це відстань збігається з відстанню Евкліда [53].

Характерно, що вибір метрики повністю залежить від дослідника, оскільки результати кластеризації можуть істотно відрізнятись при використанні різних методів [54].

### 2.7.2 Ітеративні методи кластеризації

Неієрархічні методи мають за основу вже задану кількість кластерів ( $k$ -means, Partitioning Around Medoids (PAM) кластеризація) або

використовують складні алгоритми знаходження їх кількості (CLOPE – clustering with sLOPE, карти Кохонена) [55].

Ієрархічна кластеризація виконується за допомогою послідовного об'єднання менших кластерів до більших (агломеративна) чи навпаки – від більших до менших (дивизивна). На відміну від неієрархічних, дані алгоритми кластеризації будують розбиття для всіх можливих варіантів [56].

Серед неієрархічних методів кластеризації особливої уваги заслуговують ітеративні методи. Вони працюють за наступним алгоритмом:

- вихідні дані розбиваються на певну кількість кластерів та обчислюються центри тяжіння цих кластерів;
- кожна точка даних поміщується в кластер з найближчим центром тяжіння;
- обчислюються нові центри тяжіння кластерів; кластери не замінюються на нові доти, поки не будуть повністю переглянуті всі дані;
- кроки 2 і 3 повторюються доти, поки не перестануть змінюватись кластери [57].

Загальну схему роботи ітеративних методів подано на рис. 2.23.

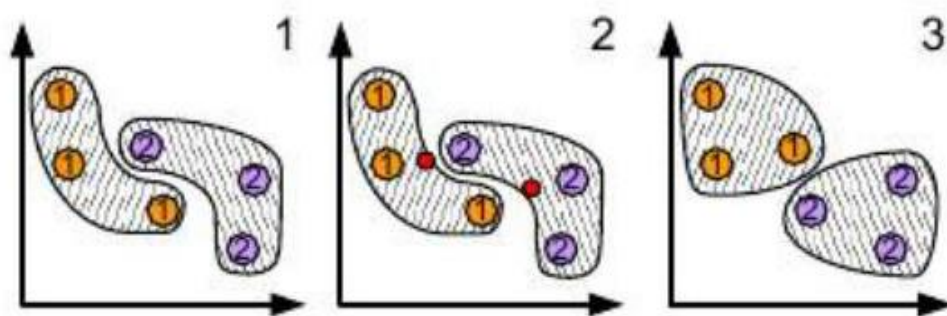


Рисунок 2.23 – Загальна схема роботи ітеративних алгоритмів

Ітеративні методи виявляють більш високу стійкість по відношенню до шумів і викидів, некоректного вибору метрики, включенню незначущих змінних в набір, який бере участь в кластеризації. Ціною, яку доводиться платити за ці переваги методу, є слово «апріорі».

Аналітик повинен заздалегідь визначити кількість кластерів, кількість ітерацій або правило зупинки, а також деякі інші параметри кластеризації. Це особливо складно початківцям фахівцям. Якщо немає припущень щодо числа кластерів, рекомендують використовувати ієрархічні алгоритми [58].

Однак якщо обсяг вибірки не дозволяє це зробити, можливий шлях – проведення ряду експериментів з різною кількістю кластерів, наприклад, почати розбиття сукупності даних з двох груп і, поступово збільшуючи їх кількість, порівнювати результати. За рахунок такого «варіювання» результатів досягається досить велика гнучкість кластеризації [59].

### 2.7.3 Алгоритм $k$ -середніх

Найбільш поширений серед ітеративних методів алгоритм  $k$ -середніх, також званий швидким кластерним аналізом. На відміну від ієрархічних методів, які не вимагають попередніх припущень щодо числа кластерів, для можливості використання цього методу необхідно мати гіпотезу про найбільш ймовірну кількість кластерів. Алгоритм  $k$ -середніх будує  $k$  кластерів, розташованих на великих відстанях один від одного. Основний тип задач, які вирішує алгоритм  $k$ -середніх, – наявність припущень (гіпотез) щодо числа кластерів, при цьому вони повинні бути різні настільки, наскільки це можливо. Вибір числа  $k$  може базуватися на результатах попередніх досліджень, теоретичних міркуваннях або інтуїції [60].

Метод базується на мінімізації суми квадратів відстаней між кожним спостереженням та центром його кластера, тобто функції [61].

$$\sum_{i=1}^k \sum_{x \in D_i} \|x_i - c_i\|^2, \quad (2.16)$$

де  $D_i$  – набір векторів що належать до  $i$ -го кластеру;

$c_i$  – середнє значення цих векторів.

$$c_i = \frac{\sum_{k=1}^{N_i} x_k}{N_i}, x_k \in D_i. \quad (2.17)$$

Основна ідея полягає в тому, що на кожній ітерації заново вираховується центр мас, для кожного кластера, потім вектори розбиваються на нові класи, відповідно до того який з отриманих центрів виявився ближчим за метрикою (рис. 2.24) [62].

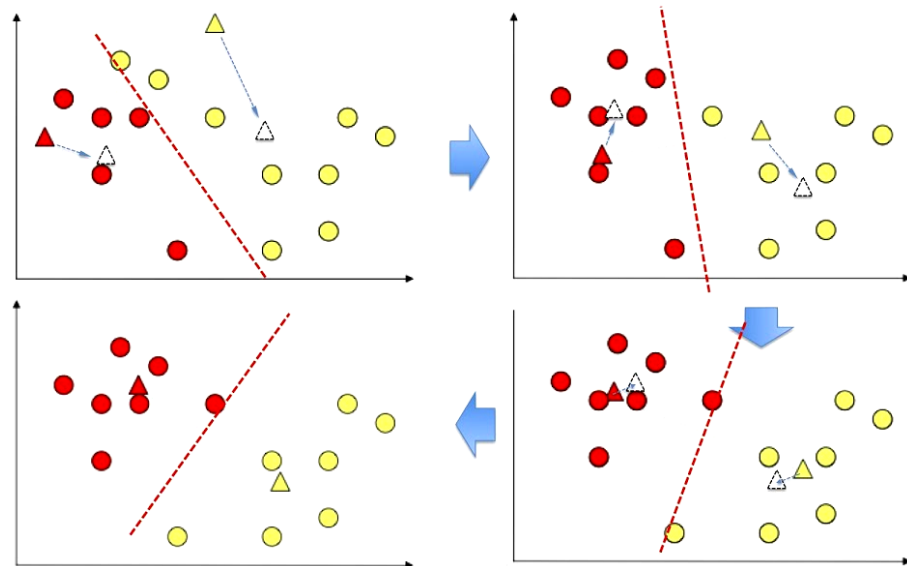


Рисунок 2.24 – Алгоритм  $k$ -means

Переваги алгоритму  $k$ -середніх:

- простота використання;
- швидкість використання;
- зрозумілість і прозорість алгоритму [63].

Недоліки алгоритму  $k$ -середніх:

- алгоритм занадто чутливий до викидів, які можуть спотворювати середнє;
- алгоритм може повільно працювати на великих базах даних.

Рішенням головних проблем алгоритму є використання модифікації алгоритму – алгоритм  $k$ -медіани [64].

#### 2.7.4 Метод $k$ -середніх у визначенні домінуючих кольорів на зображенні

Для визначення домінуючих кольорів запропоновано використання таких методів – конвертація зображення в колірний простір HSV, з подальшим аналізом параметрів пікселів і використання кластеризації методом  $k$ -середніх. Додатково запропоновано враховувати контрастність зображень, так як людське сприйняття добре вловлює яскраві або контрастні тони. Таким чином враховується сприйняття кольору людиною [65].

У першому методі спочатку відбувається конвертація зображення в кольоровий простір HSV. Далі потрібно виконати перебір всіх пікселів зображення та за їх значеннями  $H$ ,  $S$  та  $V$  методом вилучення HSV-компонентів пікселя. За допомогою функції `getPixelColorType()` визначити до якого кольору відноситься розглянутий піксель [66].

При цьому число таких пікселів підраховується. Зберігаються також RGB-складові, для подальшого усереднення, тобто відбувається накоплення даних за відповідними кольорами з RGB.

Другим методом визначення палітри домінуючих кольорів зображення є використання методу  $k$ -середніх.

Фактично, рішення задачі полягає у визначенні кластерів кольорів на зображенні.

Ідея методу  $k$ -середніх полягає в мінімізації сумарного квадратичного відхилення точок вибірки від центрів кластерів [67].

Перш за все, початкові центри кластерів вибираються випадково, потім обчислюється приналежність кожного елемента до того чи іншого центру, а

потім на кожній ітерації алгоритму виконується перерахунок центрів мас кластерів - і так до тих пір, поки центри не перестають зміщуватися.

При вирішенні задачі визначення домінуючих кольорів, кожен піксель зображення розглядається як точка в тривимірному просторі RGB, в якому обчислюється відстань до центрів мас кластерів [68].

В результаті отримуємо масив з часто повторюваними кольорами. Кожному кольору відповідає певне число входжень. Виходячи з кількості входжень того чи іншого кольору визначаються домінуючі кольори.

Таким чином, для того щоб знайти домінуючі кольори на зображенні, необхідно розглянути пікселі як точки даних, а потім застосувати метод для кластеризації цих точок. Звідси маємо палітру домінуючих кольорів зображення.

Для визначення емоційності зображення необхідно використати PAD модель, що дозволить співвіднести кожен з домінуючих кольорів до емоцій людини [69].

Отже, для визначення емоційного забарвлення зображення за кольором було запропоновано використання бібліотеки OpenCV та методу  $k$ -середніх для виділення палітри домінуючих кольорів малюнка. Для співвідношення виділених кольорів з емоціями людини запропоновано PAD модель. Потрібно зауважити, що чим меншим є число домінуючих кольорів, тим точнішим буде висновок щодо емоційної складової зображення [70].

## 2.8 Використання PAD моделі

Для того, щоб співвіднести колір та емоцію розглянемо так звану PAD модель, яка була запропонована Альбертом Мехрабіаном та Джеймсом Расселом, у якості кількісного показника емоцій та кольору [70].

PAD модель – це три показники P (Pleasure), A (Arousal) та D (Dominance). Усі показники можуть приймати як додатне, так і від’ємне значення. Кожне з них, у свою чергу, відповідає якомусь з емоціональних станів, таких як насолода, збудження та домінування.

У PAD емоція розглядається, як простір, описаний трьома вимірами: задоволення/невдоволення, збудження/не збудження, домінування/покірність.

Шкала задоволення-невдоволення оцінює, наскільки щось відчувається приємним чи неприємним. Наприклад, гнів і страх – це неприємні емоції, тож, за шкалою задоволення-невдоволення, вони будуть мати від’ємне значення. У цей час, емоція радості – приємна і буде мати додатне значення.

Шкала збудження-незбудження вимірює, наскільки сильно людина напружена. Наведемо приклад: такі негативні емоції, як горе і депресія матимуть низький рівень збудження. Тоді, як гнів та лють, які також є неприємними, матимуть вищу інтенсивність або стан вищої збудливості.

Шкала домінування-поступливості являє вказує на те, чи домінує емоція над іншими. Наприклад, страх і гнів – неприємні емоції, але гнів є домінуючим, тоді як страх – це покірна емоція.

Для того, щоб створити співвідношення між кольором та емоцією вченими було проведено серію тестувань, у яких приймали участь люди різної статі та вікової категорії. Кожному з учасників пропонувалося подивитися на серію карток, які були заповнені різними кольорами. Після цього учасник експерименту заповнював складений опитувальник щодо своїх емоційних відгуків на дані кольори. Як параметр кольору використовувалася довжина хвили, після цього дані піддавалися лінійній регресії і отримані значення переносилися на графік.

Крім довжини хвили дослідники вивчали і інші показники кольору і його впливу на емоційний стан людини. Наприклад, вдалося встановити, що яскравість впливає на показники впливу та спонукання.

Як видно з графіку (рис. 2.25), між впливом та яскравістю відстежується чітка закономірність.

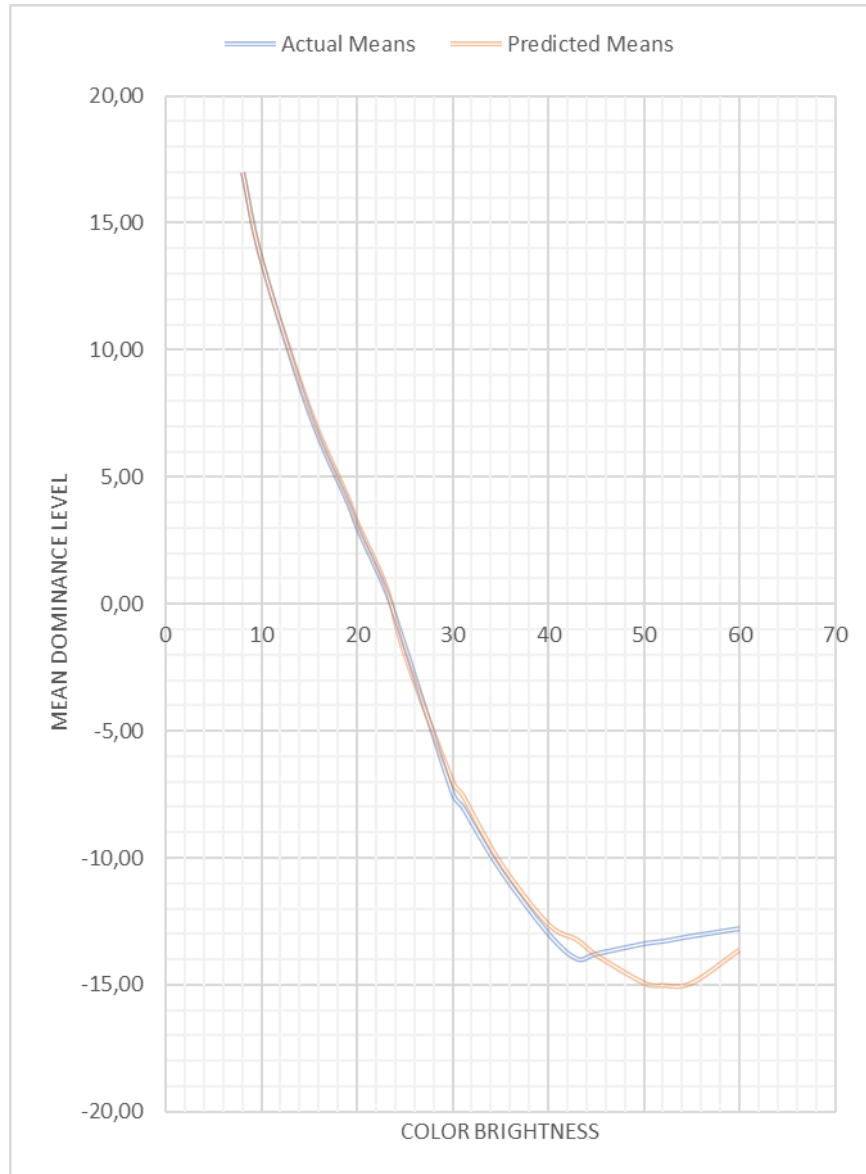


Рисунок 2.25 – Співвідношення між впливом та яскравістю

Те саме спостерігається і на наступному графіку (рис. 2.26).

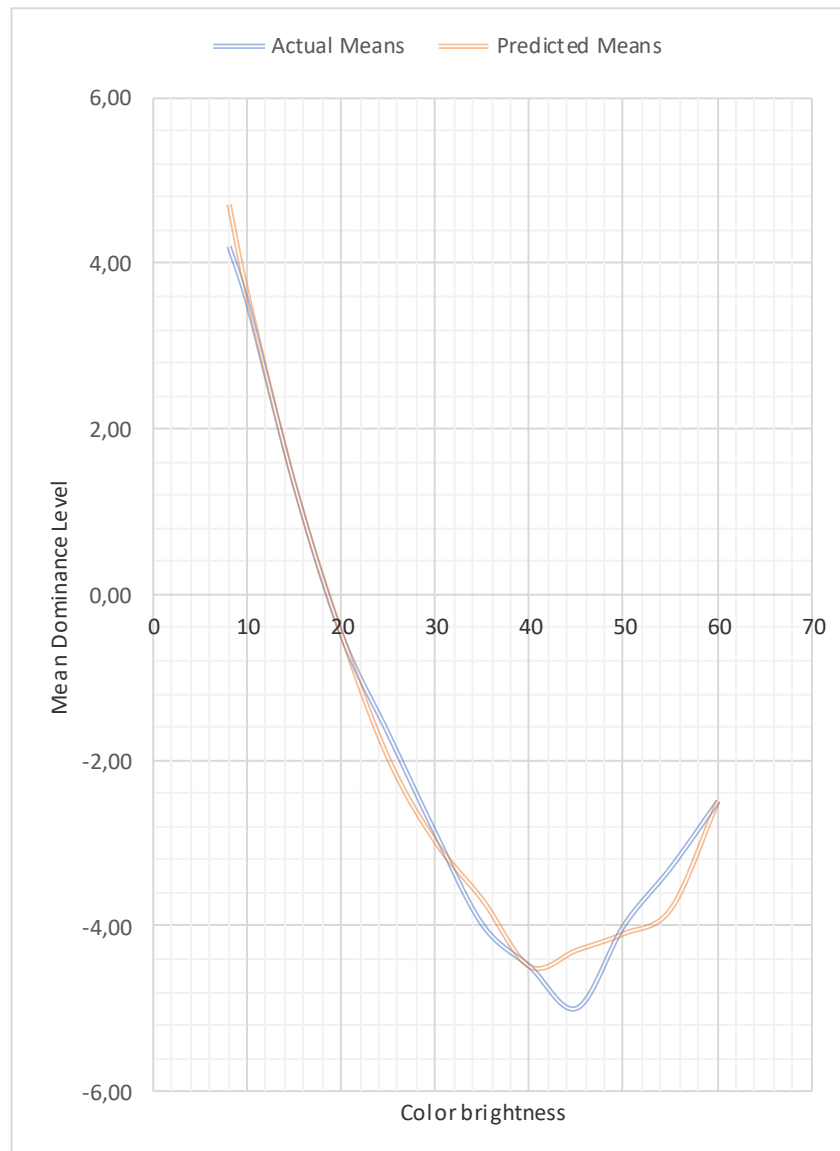


Рисунок 2.26 – Співвідношення між спонуканням та яскравістю

Було зроблено висновок, що, чим меншою є яскравість, тим більше вплив такого кольору на людину. Такий підхід дозволяє використовувати різні моделі представлення кольору, такі як HSB і HSL.

Отже, для яскравості автори вивели наступні рівності:

$$Arousal = 8.724 - 0.6_2(Brightness) + 0.00717_3(Brightness)^2, \quad (2.18)$$

$$Do\ min\ ance = 28.156 - 1.6_6(Brightness) + 0.01_6(Brightness)^2. \quad (2.19)$$

Для того, щоб отримати коефіцієнти для рівностей використовується система Манселла. Колірна система Манселла включає три координати, колірне тіло можна уявити як циліндр в тривимірному просторі. Тон вимірюється в градусах по горизонтальному колу, хрому (насиченість, chroma) вимірюється радіально від нейтральної осі циліндра до більш насиченої в краях, значення (світлинності, value) вимірюється вертикально по осі циліндра від 0 (чорний) до 10 (білий). Розташування кольорів визначалося експериментально вивченням колірного відчуття випробовуваних. Манселл намагався розташувати кольори візуально однаково, що призвело до утворення колірного тіла неправильної форми (рис. 2.27).

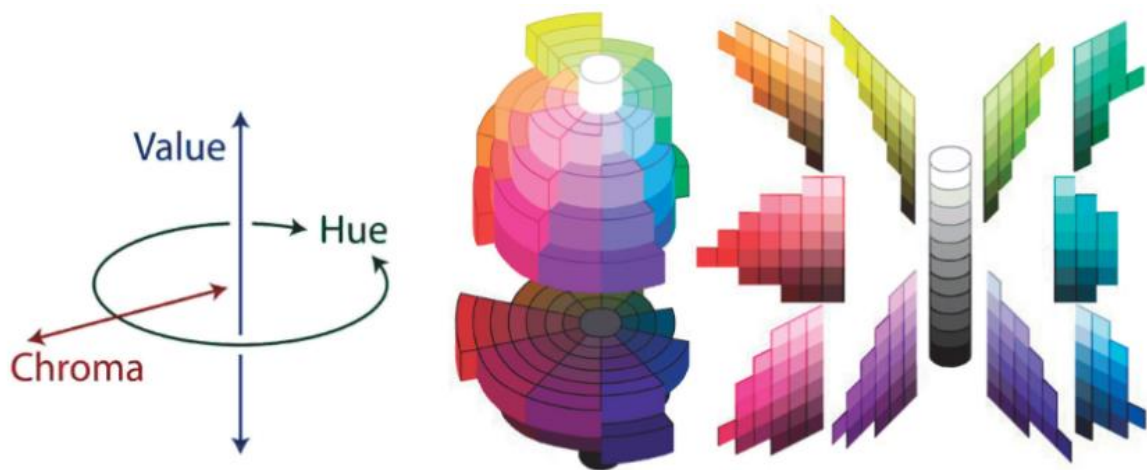


Рисунок 2.27 – Колірне тіло Манселла

При використанні нелінійного регресійного аналізу були отримані наступні співвідношення:

$$Pleasure = 0.71(Brightness), \quad (2.20)$$

$$Arousal = 8 - 0.691_5(Brightness) + 0.007_3(Brightness)^2, \quad (2.21)$$

$$Dominance = 25 - 1.267_5(Brightness) + 0.008_8(Brightness)^2. \quad (2.22)$$

Хоча отримані коефіцієнти близькі за значеннями до тих, що були отримані при використанні лінійного регресійного аналізу, однак суттєвою відмінністю є те, що при лінійному аналізі не був встановлений взаємозв'язок між яскравістю і показником насолоди, при нелінійному – такий зв'язок було встановлено, а так само було отримано відповідний коефіцієнт.

Група емоцій і відповідна їй PAD модель має наступний вигляд:

- а)  $+ P + A + D$ : захоплений, сміливий, креативний, потужний, енергійний;
- б)  $+ P + A - D$ : вражений, захоплений, захоплений, вражений, втілений;
- в)  $+ P - A + D$ : зручний, неквапливий, спокійний, задоволений, незбурений;
- г)  $+ P - A - D$ : слухняний, захищений, сонний, спокійний;
- д)  $P + A + D$ : антагоністичний, войовничий, жорсткий, ненависний, ворожий;
- е)  $P + A - D$ : здивований, обурений, принижений, з болем, засмучений;
- ж)  $P - A + D$ : зневажливий, байдужий, егоїстично-незацікавлений, розумний, нехтуючий;
- з)  $P - A - D$ : нудьгуючий, пригнічений, тупий, самотній, сумний.

Наведена на рисунку 2.28 модель є узагальненням. Для того, щоб визначити емоцію більш конкретно потрібно обчислити коефіцієнти показників моделі. Зразок середніх оцінок задоволення, збудження та панування (зазначені від -1 до +1) відповідно були наступні для деяких емоцій у попередніх групах: вражений (0.41, 0.30, -0.32), затишний (0.85, -0.19, 0.13), захищений (0.60, -0.22, -0.42), ворожий (-0.42, -0.53, 0.30), стурбований (-0.61, -0.28, -0.36), нерозумний (-0.32, -0.12, 0.28), нудний (-0.65, -0.62, -0.33).

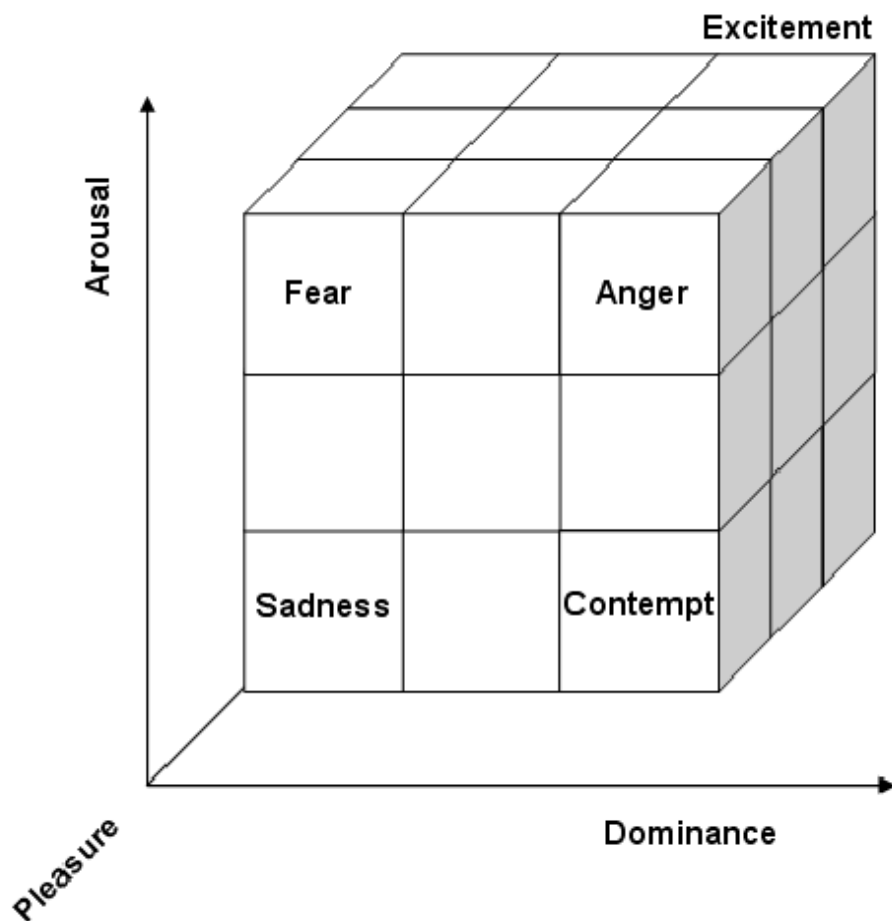


Рисунок 2.28 – Вид PAD моделі в тривимірному просторі

PAD модель не встановлює чіткий взаємозв'язок між довжиною хвилі і показниками моделі. Однак, отримані показники можна використовувати для початкових коефіцієнтів показників, які далі можуть бути модифіковані за рахунок лінійного або нелінійного регресійного аналізу.

### 3 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАСОБУ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ

#### 3.1 Розробка архітектури програмного засобу

Для того, щоб визначити емоційне забарвлення зображення було розроблено програмний засіб, що дозволяє користувачеві завантажити необхідне йому зображення в систему та виконати аналіз. Після виконання робіт по визначенню емоційного забарвлення користувач отримує інформацію про зображення, а також висновок про емоційну складову. Крім цього може бути отриманий файл з усіма характеристиками і аналітичним висновком. Розглянемо Use Case діаграму (рис. 3.1, табл. 3.1).

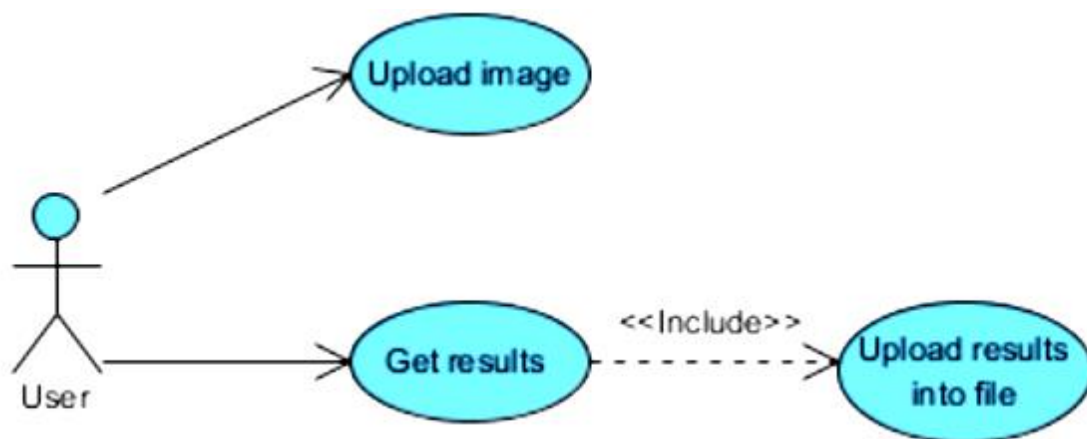


Рисунок 3.1 – Use Case діаграма користувача

Для проведення аналізу зображення потрібно виконати наступні кроки:

- виділення палітри зображення;
- класифікація кольорів за групами;
- визначення середнього представника групи;
- примінення PAD моделі до представників групи;
- генерація результату.

Таблиця 3.1 – Опис Use Case діаграми користувача

Сутність	Опис
User (Користувач)	Користувач має можливість завантажити файл в систему, побачити палітру кольорів завантаженого зображення, середніх представників кольору, опис емоційного забарвлення зображення в графічному, та текстовому вигляді.
Upload image (Завантажити зображення)	Внести зображення в систему для подальшого аналізу.
Get results (Отримати результати)	Включає себе графічний і текстовий результат. Графічний результат – палітра кольорів, графік емоційних складових. Текстовий результат – опис кольору в одній з колірних моделей, висновок щодо емоційного забарвлення зображення.
Upload results into file (Завантажити результати до файлу)	Перенесення графічних і текстових результатів у текстовий файл.

Алгоритм обробки зображення представлено на рисунку 3.2.



Рисунок 3.2 – Загальна послідовність дій

### 3.2 Обґрунтування вибору середовища програмної реалізації

Оскільки розроблюваний програмний засіб має бути використаним широким колом користувачів, то вимоги до технічного забезпечення мають бути на загальному рівні.

Для забезпечення необхідного рівня підтримки усіма комп'ютерами слід використовувати комп'ютер з тактовою частотою процесора не менше 2ГГц і обсягом оперативної пам'яті не менше 2 Гб, наприклад. При даних значеннях основних характеристик процесора робота системи буде на задовільному рівні, а також у роботі не будуть виникати збої.

Робота програмного засобу може бути виконана як за допомогою веб-засобу, так і у оффлайновому режимі, однак наявність веб-браузера є необхідною умовою для роботи системи. Так як результати роботи генеруються у вигляді HTML (HyperText Markup Language) файлу. Всі сучасні браузери (від IE9 включно) підтримують роботи системи.

### 3.3 Проектування програмного засобу

Програмний засіб розроблено за допомогою паттерна MVC (Model, View, Controller) (рис. 3.3). У паттерні «Модель – уявлення – контролер» модель являє дані програмні засоби і пов'язану з ними бізнес-логіку.

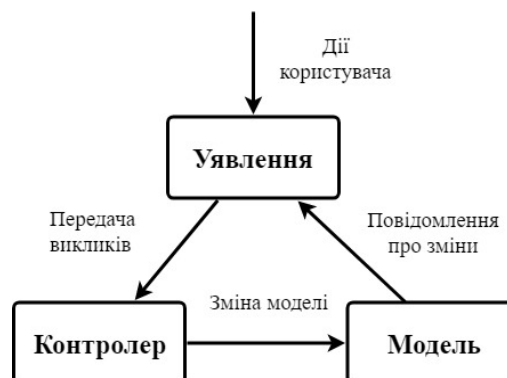


Рисунок 3.3 – Паттерн MVC

Модель може бути представлена одним об'єктом або складним графом пов'язаних об'єктів. У програмному засобі для платформи Java EE (Enterprise Edition) дані інкапсулюються в об'єктах предметної області, часто розгортаються в EJB-модулі (Enterprise JavaBeans). Дані передаються в БД(бази даних) і з неї в об'єктах передачі даних, і до них звертаються за допомогою об'єктів доступу до даних.

Уявлення – це наочне відображення містяться в моделі даних. Підмножина моделі міститься в окремому поданні, таким чином, уявлення діє як фільтр для даних моделі. Користувач взаємодіє з даними моделі за допомогою пропонованого поданням наочного відображення і звертається до бізнес логіці, яка, в свою чергу, впливає на дані моделі.

Контролер пов'язує уявлення з моделлю і управляє потоками даних програми. Він вибирає, яке уявлення візуалізувати для користувача у відповідь на що вводяться їм дані і відповідно до виконуваної бізнес-логікою. Контролер отримує повідомлення від уявлення і пересилає його моделі. Модель, в свою чергу, готує відповідь і відправляє його назад контролеру, де відбувається вибір уявлення і відправка його користувачеві.

На рисунку 3.4 представлено структуру пакетів.

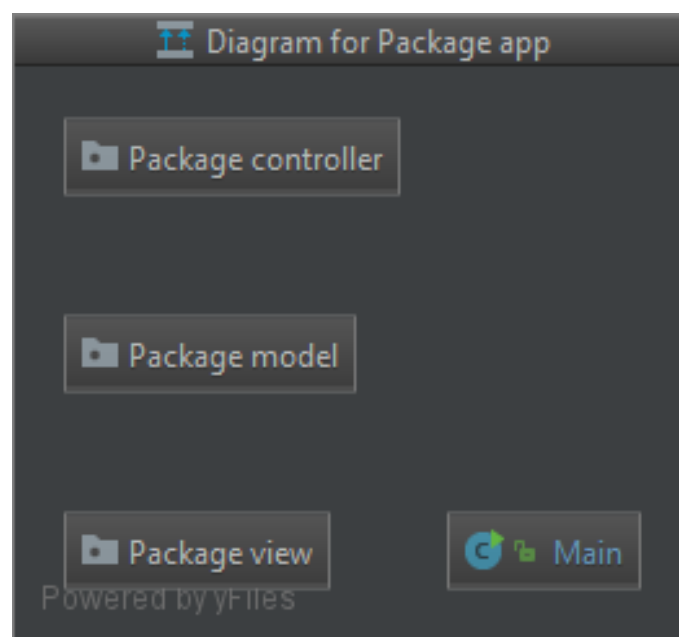


Рисунок 3.4 – Структура пакетів

Патерн MVC логічно охоплює клієнта і проміжний рівень багаторівневої архітектури. У середовищі Java модель розташовується в бізнес-шарі, зазвичай у вигляді EJB-модуля.

Контролер і уявлення розташовані на веб-рівні. Подання створено з JavaServer Faces (JSF) або JavaServer Pages (JSP) за допомогою мови виразів (EL). Контролер – це сервлет, який одержує HTTP-запити (HyperText Transfer Protocol) від користувача (рис. 3.5).

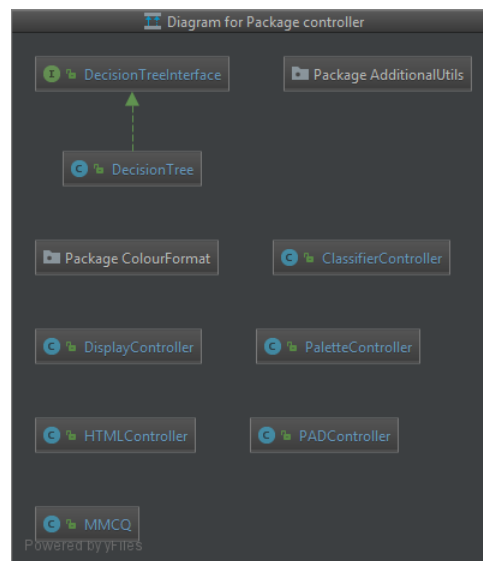


Рисунок 3.5 – Структура пакета controller

Як моделі в програмному засобі представлені дві сутності Colour і PAD (рис. 3.6 та рис. 3.7). Которі є відображенням кольору з його характеристиками і моделі PAD.

```
public class PAD {
    double pleasure;
    double arousal;
    double dominance;

    public PAD() {}

    public PAD(double pleasure, double arousal, double dominance){
        this.pleasure = pleasure;
        this.arousal = arousal;
        this.dominance = dominance;
    }
}
```

Рисунок 3.6 – Сутність PAD

```

public class Colour {
    private int r;
    private int g;
    private int b;
    private int count;
    private int volume;

    public Colour() {}

    public Colour(int r, int g, int b) {
        this.r = r;
        this.g = g;
        this.b = b;
    }
}

```

Рисунок 3.7 – Сутність Colour

### 3.4 Розробка програмного засобу

Програмний засіб розроблено за допомогою паттерна MVC. У паттерні «Модель – уявлення – контролер» модель – це дані програмного засобу і пов’язану з ними бізнес-логіку.

Модель – центральний компонент шаблону MVC. Вона відображає поведінку застосунку, незалежну від інтерфейсу користувача. Модель може бути представлена одним об’єктом або складним графом пов’язаних об’єктів. У програмному засобі для платформи Java EE дані інкапсулюються в об’єктах предметної області, часто розгортаються в EJB-модулі.

Уявлення – будь-яке представлення інформації, одержуване на виході, наприклад графік чи діаграма. Підмножина моделі міститься в окремому поданні, таким чином, уявлення діє як фільтр для даних моделі. Користувач взаємодіє з даними моделі за допомогою пропонованого уявленням наочного відображення і звертається до бізнес логіки, яка, в свою чергу, впливає на дані моделі.

Контролер одержує вхідні дані й перетворює їх на команди для моделі чи уявлення. Він вибирає, яке уявлення візуалізувати для користувача у відповідь на що вводяться їм дані і відповідно до виконуваної бізнес-логікою. Контролер отримує повідомлення від уявлення і пересилає його моделі. Модель, в свою чергу, готує відповідь і відправляє його назад контролеру, де відбувається вибір уявлення і відправка його користувачеві.

Патерн MVC охоплює клієнта і проміжний рівень багаторівневої архітектури. У середовищі Java модель розташовується в бізнес-шарі, зазвичай у вигляді EJB-модуля.

Контролер і уявлення розташовані на веб-рівні. Подання, найімовірніше, буде створено з JavaServer Faces (JSF) або JavaServer Pages (JSP) за допомогою мови виразів (EL). Контролер зазвичай – це сервлет, який одержує HTTP-запити від користувача.

### 3.5 Програмна реалізація

Першим етапом роботи системи є завантаження зображення, так само можна завантажити декілька зображень, які послідовно будуть піддаватися аналізу. Результати роботи над цими зображеннями система видасть в порядку додавання. Число додаються зображення обмежена числом 5. Після отримання результатів користувач може оновити систему і заново продовжити працювати з нею.

Всі етапи роботи можуть бути відображені як в графічному, так і в текстовому вигляді. Крім етапів завантаження зображення і видачі результатів, всі інші етапи не є обов'язковими і можуть бути пропущені за бажанням користувача.

При початковій генерації палітри кольору потрапляють в неї в випадковому порядку. Єдиним критерієм потрапляння кольору в палітру є те, що процентне співвідношення його присутності на зображення повинно

перевищувати задане значення (тобто не менше 5 відсотків). Крім графічного представлення кольору поруч з ним розташовується колірний код зображення, що дозволяє описати колір при недостатніх можливостях середовища виконання (рис. 3.8).

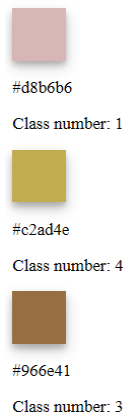


Рисунок 3.8 – Приклад палітри зображення

Після утворення палітри починається процес класифікації кольорів, для цього застосовується дерево прийняття рішень, яке дозволяє зменшити кількість ітерацій при обробці палітри і дозволяє швидко видати результат користувачеві. При бажанні користувач може подивитися освічені класи (групи), кольору, які в них входять (рис. 3.9).

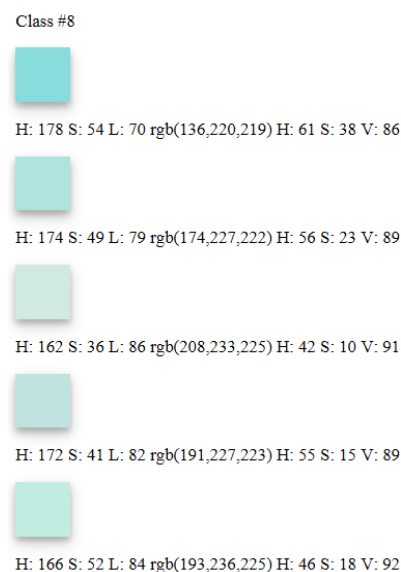


Рисунок 3.9 – Група кольорів

Після формування класів, кольору розподіляються за групами і обчислюється середній представник класу, щодо якого буде здійснюватися подальший аналіз. Поруч з середнім представником крім опису кольору в текстовому вигляді, так присутній показник PAD моделі (рис. 3.10).

Average representative:



H: 170 S: 45 L: 80 rgb(182,228,221) H: 52 S: 20 V: 89 Pleasure: 0.658101 Arousal: -0.1559 Dominance: -0.612401

Рисунок 3.10 – Середній представник класу (групи)

Аналіз зображення проводиться після обчислення всіх середніх представників. Інформація подається в графічному і текстовому вигляді. Текстовий формат – це висновок по кожному з представників (рис. 3.11). Це зроблено для того, щоб споживач міг бачити які саме емоції який колір викликає.

consoled, docile, protected, sleepy, tranquilized  
 amazed, awed, fascinated, impressed, infatuated  
 amazed, awed, fascinated, impressed, infatuated  
 consoled, docile, protected, sleepy, tranquilized  
 consoled, docile, protected, sleepy, tranquilized  
 consoled, docile, protected, sleepy, tranquilized  
 consoled, docile, protected, sleepy, tranquilized  
 consoled, docile, protected, sleepy, tranquilized  
 consoled, docile, protected, sleepy, tranquilized  
 amazed, awed, fascinated, impressed, infatuated  
 amazed, awed, fascinated, impressed, infatuated  
 consoled, docile, protected, sleepy, tranquilized  
 consoled, docile, protected, sleepy, tranquilized  
 consoled, docile, protected, sleepy, tranquilized

Рисунок 3.11 – Аналіз кольорів

На рисунку 3.12 представлено інтерфейс програмного засобу.

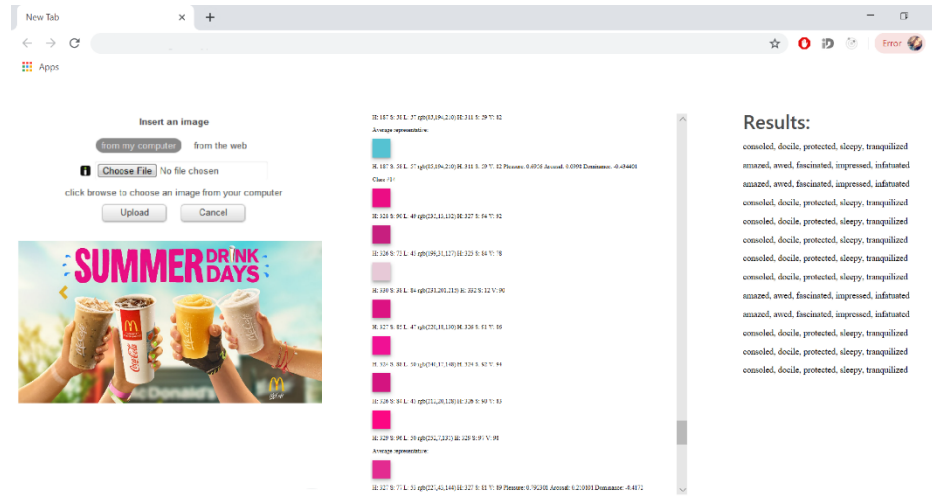


Рисунок 3.12 – Інтерфейс програмного засобу

### 3.6 Аналіз якості реалізації за допомогою експертних оцінок

Для того, щоб оцінити якість роботи програмного засобу провели опитування з метою визначення емоцій користувачів щодо представлених рекламних зображень.





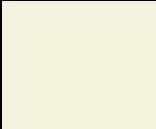







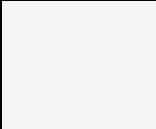
Характеристика експертної групи, що приймала участь в опитуванні:

- кількість експертів: 31;
- вік: від 20 до 24;
- місце проживання: Україна;
- фах: робітники сфери ІТ (інформаційні технології).

Експертам було запропоновано обрати, які саме відчуття виникають при розгляданні представлених тестових зображень.

Використовуючи розроблений програмний засіб було проведено дослідження 3 рекламних зображень (дод. А). Було визначено емоційну характеристику кожного зображення та представлено порівняння отриманої характеристики з експертною оцінкою. Результати аналізу палітри кольорів тестового зображення А.1 відображені в таблиці 3.2.

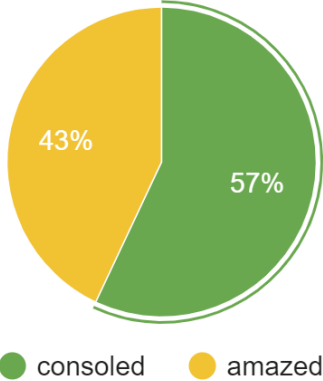
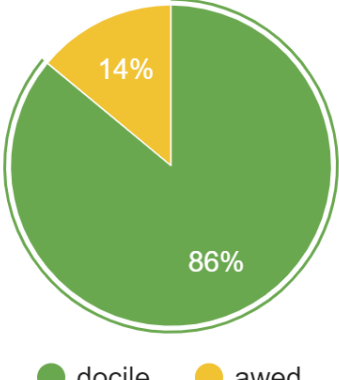
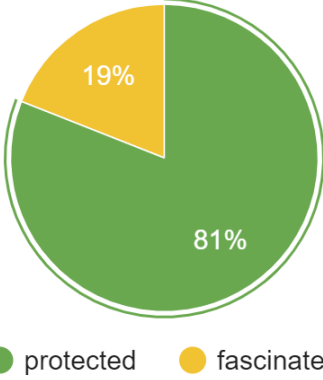
Таблиця 3.2 – Аналіз палітри кольорів тестового зображення А.1

Колір	Pleasure	Arousal	Dominance	Емоційне забарвлення
	0,6126	-0,1704	-0,5904	consoled, docile, protected, sleepy, tranquilized
	0,550401	0,186	-0,2576	amazed, awed, fascinated, impressed, infatuated
	0,6162	0,0586	-0,408801	amazed, awed, fascinated, impressed, infatuated
	0,64	-0,008001	-0,480001	consoled, docile, protected, sleepy, tranquilized
	0,6662	-0,243401	-0,6888	consoled, docile, protected, sleepy, tranquilized
	0,4505	-0,0207	-0,35	consoled, docile, protected, sleepy, tranquilized
	0,4655	-0,1113	-0,434	consoled, docile, protected, sleepy, tranquilized
	0,658101	-0,1559	-0,612401	consoled, docile, protected, sleepy, tranquilized
	0,6956	0,0998	-0,434401	amazed, awed, fascinated, impressed, infatuated
	0,792301	0,210101	-0,4172	amazed, awed, fascinated, impressed, infatuated
	0,6224	-0,056	-0,505601	consoled, docile, protected, sleepy, tranquilized
	0,542301	-0,2087	-0,569201	consoled, docile, protected, sleepy, tranquilized
	0,6624	-0,2976	-0,729601	consoled, docile, protected, sleepy, tranquilized

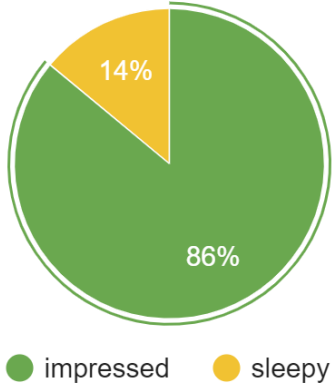
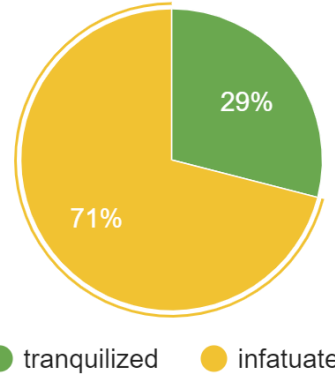
Звідси, характеристика емоційного забарвлення тестового зображення А.1, отримана програмно: consoled; docile; protected; sleepy; tranquilized.

Розглянемо результати опитування експертної групи щодо тестового зображення (табл. 3.3).

Таблиця 3.3 – Результати опитування щодо зображення А.1

Домінуюча емоція	Результати опитування						
consoled	 <p>A pie chart with two segments: a green segment representing 57% and a yellow segment representing 43%. A legend below the chart shows a green circle for 'consoled' and a yellow circle for 'amazed'.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Емоція</th> <th>Відсоток</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>consoled</td> <td>57%</td> </tr> <tr> <td>amazed</td> <td>43%</td> </tr> </tbody> </table>	Емоція	Відсоток	consoled	57%	amazed	43%
Емоція	Відсоток						
consoled	57%						
amazed	43%						
docile	 <p>A pie chart with two segments: a green segment representing 86% and a yellow segment representing 14%. A legend below the chart shows a green circle for 'docile' and a yellow circle for 'awed'.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Емоція</th> <th>Відсоток</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>docile</td> <td>86%</td> </tr> <tr> <td>awed</td> <td>14%</td> </tr> </tbody> </table>	Емоція	Відсоток	docile	86%	awed	14%
Емоція	Відсоток						
docile	86%						
awed	14%						
protected	 <p>A pie chart with two segments: a green segment representing 81% and a yellow segment representing 19%. A legend below the chart shows a green circle for 'protected' and a yellow circle for 'fascinated'.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Емоція</th> <th>Відсоток</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>protected</td> <td>81%</td> </tr> <tr> <td>fascinated</td> <td>19%</td> </tr> </tbody> </table>	Емоція	Відсоток	protected	81%	fascinated	19%
Емоція	Відсоток						
protected	81%						
fascinated	19%						


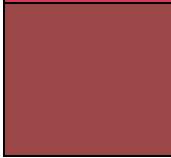
## Продовження таблиці 3.3

Домінуюча емоція	Результати опитування
impressed	 <p>86% 14%</p> <p>● impressed ● sleepy</p>
infatuated	 <p>71% 29%</p> <p>● tranquilized ● infatuated</p>

В результаті узагальнення всіх даних опитування отримуємо 60% співпадіння з роботою програми.

Далі розглянемо палітру кольорів тестового зображення А.2 та її аналіз (табл. 3.4).

Таблиця 3.4 – Аналіз палітри кольорів зображення А.2

Колір	Pleasure	Arousal	Dominance	Емоційне забарвлення
	0,7311	0,174701	-0,400401	amazed, awed, fascinated, impressed, infatuated
	0,5328	0,138001	-0,2832	amazed, awed, fascinated, impressed, infatuated

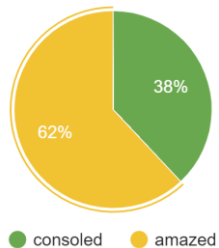
Продовження таблиці 3.4

Колір	Pleasure	Arousal	Dominance	Емоційне забарвлення
	0,3011	-0,121301	-0,3204	consoled, docile, protected, sleepy, tranquilized
	0,4935	0,008901	-0,358	amazed, awed, fascinated, impressed, infatuated
	0,1281	0,1521	0,0276	admired, bold, creative, powerful, vigorous
	0,6668	-0,2856	-0,723201	consoled, docile, protected, sleepy, tranquilized
	0,3573	-0,0557	-0,3092	consoled, docile, protected, sleepy, tranquilized
	0,574	-0,188001	-0,576001	consoled, docile, protected, sleepy, tranquilized
	0,464401	0,1268	-0,241601	amazed, awed, fascinated, impressed, infatuated
	0,3352	0,2128	-0,0768	amazed, awed, fascinated, impressed, infatuated

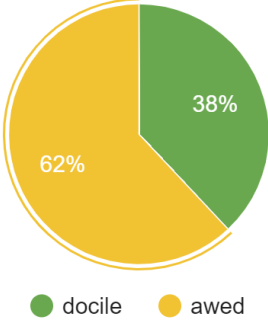
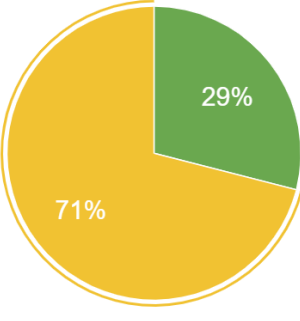
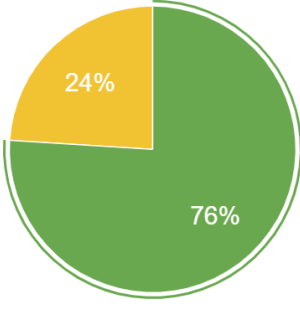
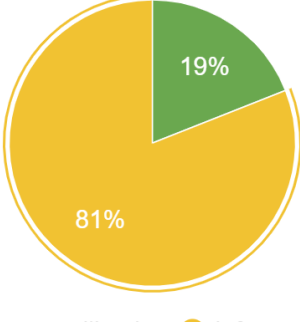
Характеристика емоційного забарвлення зображення А.2, отримана програмно: amazed; awed; fascinated; impressed; infatuated.

Звернемо увагу на дані опитування у таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Результати опитування щодо зображення А.2

Домінуюча емоція	Результати опитування
amazed	 <p>62% 38%</p> <p>● consoled ● amazed</p>



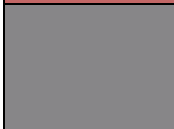


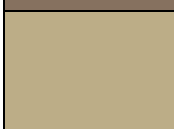
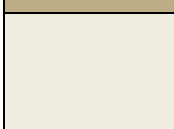


Продовження таблиці 3.5

Домінуюча емоція	Результати опитування						
awed	 <p>A pie chart showing the distribution of responses for the 'awed' category. The chart is divided into two segments: a green segment representing 'docile' at 38% and a yellow segment representing 'awed' at 62%. A legend below the chart identifies the colors: a green dot for 'docile' and a yellow dot for 'awed'.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Emotion</th> <th>Percentage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>docile</td> <td>38%</td> </tr> <tr> <td>awed</td> <td>62%</td> </tr> </tbody> </table>	Emotion	Percentage	docile	38%	awed	62%
Emotion	Percentage						
docile	38%						
awed	62%						
fascinated	 <p>A pie chart showing the distribution of responses for the 'fascinated' category. The chart is divided into two segments: a green segment representing 'protected' at 29% and a yellow segment representing 'fascinated' at 71%. A legend below the chart identifies the colors: a green dot for 'protected' and a yellow dot for 'fascinated'.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Emotion</th> <th>Percentage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>protected</td> <td>29%</td> </tr> <tr> <td>fascinated</td> <td>71%</td> </tr> </tbody> </table>	Emotion	Percentage	protected	29%	fascinated	71%
Emotion	Percentage						
protected	29%						
fascinated	71%						
impressed	 <p>A pie chart showing the distribution of responses for the 'impressed' category. The chart is divided into two segments: a green segment representing 'impressed' at 76% and a yellow segment representing 'sleepy' at 24%. A legend below the chart identifies the colors: a green dot for 'impressed' and a yellow dot for 'sleepy'.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Emotion</th> <th>Percentage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>impressed</td> <td>76%</td> </tr> <tr> <td>sleepy</td> <td>24%</td> </tr> </tbody> </table>	Emotion	Percentage	impressed	76%	sleepy	24%
Emotion	Percentage						
impressed	76%						
sleepy	24%						
infatuated	 <p>A pie chart showing the distribution of responses for the 'infatuated' category. The chart is divided into two segments: a green segment representing 'tranquilized' at 19% and a yellow segment representing 'infatuated' at 81%. A legend below the chart identifies the colors: a green dot for 'tranquilized' and a yellow dot for 'infatuated'.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Emotion</th> <th>Percentage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>tranquilized</td> <td>19%</td> </tr> <tr> <td>infatuated</td> <td>81%</td> </tr> </tbody> </table>	Emotion	Percentage	tranquilized	19%	infatuated	81%
Emotion	Percentage						
tranquilized	19%						
infatuated	81%						

Отримуємо 100% співпадіння з роботою програми.

Виконаємо аналіз третього тестового рекламного зображення А.3 (табл. 3.6).

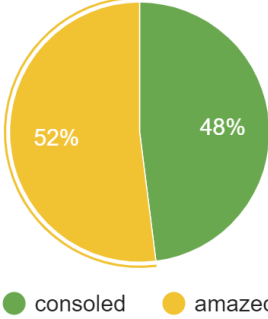
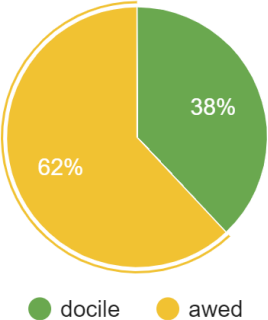
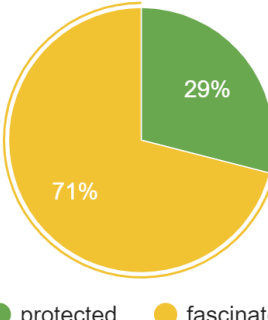
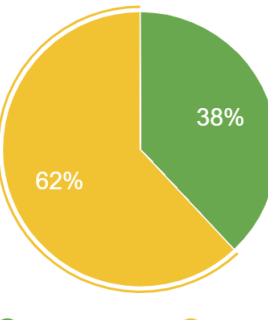
Таблиця 3.6 – Аналіз палітри кольорів зображення А.3

Колір	Pleasure	Arousal	Dominance	Емоційне забарвлення
	0,6275	0,067501	-0,410001	amazed, awed, fascinated, impressed, infatuated
	0,6278	0,0464	-0,427201	amazed, awed, fascinated, impressed, infatuated
	0,3679	-0,1583	-0,399601	consoled, docile, protected, sleepy, tranquilized
	0,5035	-0,051501	-0,414001	consoled, docile, protected, sleepy, tranquilized
	0,4226	0,0128	-0,302401	amazed, awed, fascinated, impressed, infatuated
	0,5653	-0,0583	-0,4652	consoled, docile, protected, sleepy, tranquilized
	0,6618	-0,255401	-0,6952	consoled, docile, protected, sleepy, tranquilized
	0,5116	-0,139001	-0,4904	consoled, docile, protected, sleepy, tranquilized
	0,310901	-0,006901	-0,235601	consoled, docile, protected, sleepy, tranquilized

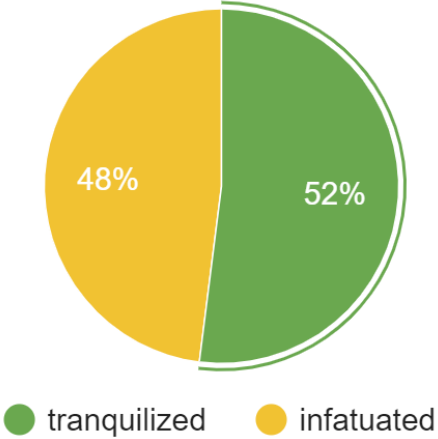
Отримаємо таку характеристика емоційного забарвлення зображення: consoled; docile; protected; sleepy; tranquilized.

Результати опитування експертної групи щодо зображення надані в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Результати опитування щодо зображення А.3

Домінуюча емоція	Результати опитування
amazed	 <p>A pie chart showing the distribution of responses for the emotion 'amazed'. The chart is divided into two segments: a green segment representing 'consoled' at 48% and a yellow segment representing 'amazed' at 52%.</p> <p>● consoled ● amazed</p>
awed	 <p>A pie chart showing the distribution of responses for the emotion 'awed'. The chart is divided into two segments: a green segment representing 'docile' at 38% and a yellow segment representing 'awed' at 62%.</p> <p>● docile ● awed</p>
fascinated	 <p>A pie chart showing the distribution of responses for the emotion 'fascinated'. The chart is divided into two segments: a green segment representing 'protected' at 29% and a yellow segment representing 'fascinated' at 71%.</p> <p>● protected ● fascinated</p>
sleepy	 <p>A pie chart showing the distribution of responses for the emotion 'sleepy'. The chart is divided into two segments: a green segment representing 'impressed' at 38% and a yellow segment representing 'sleepy' at 62%.</p> <p>● impressed ● sleepy</p>

Продовження таблиці 3.7

Домінуюча емоція	Результати опитування
tranquilized	 <p data-bbox="813 750 1252 795">● tranquilized    ● infatuated</p>

Отримуємо 40% співпадіння з роботою програми.

У ході виконання аналізу було отримано:

- палітра кольорів зображень;
- емоційна характеристика домінуючих кольорів зображення;
- загальна емоційна характеристика зображення;
- складено емоційну характеристику зображень, спираючись на опитування;
- порівняння емоційного забарвлення зображення, що визначене програмно, з емоційною характеристикою за опитуванням;
- визначено якість роботи програми.

Отже, спираючись на дані опитувань, можемо визначити якість роботи програмного засобу лише, як 66,6% з можливих 100%.

Для того, щоб покращити якість результату необхідно:

- зменшити число домінуючих кольорів, (висновок щодо емоційної складової зображення буде точнішим);
- враховувати, що саме зображено на рисунку;
- долучити до опитуванні інші експертні групи.

## ВИСНОВКИ

У рамках атестаційної роботи був розроблений і реалізований метод визначення домінуючих кольорів на зображенні за допомогою кластерного аналізу.

Аналіз вихідних даних програмного засобу може бути використаний у різноманітних експериментах у сфері людського сприйняття.

Програмні комплекси, які здійснюють інтелектуальну обробку зображення, можуть виявитися корисними всюди, де потрібен аналіз або передбачення поведінки людини, в тому числі і її емоційної складової – в організаціях, на транспортних вузлах, у великих магазинах та інших місцях скупчення людей.

Емоційне забарвлення зображення найпростіше визначати за статичним зображенням, що дозволяє легко визначити всі кольори на зображенні. Колір – це перше, що людський мозок засвоює з зображення.

Для визначення емоційного забарвлення зображення за кольором було запропоновано використання бібліотеки OpenCV та методу  $k$ -середніх для виділення палітри домінуючих кольорів рисунка. Для співвідношення виділених кольорів з емоціями людини запропоновано PAD модель. Потрібно зауважити, що чим меншим є число домінуючих кольорів, тим точнішим буде висновок щодо емоційної складової зображення.

В роботі були використані алгоритми: медіанного квантування, дерева прийняття рішень, PAD модель та метод кластерного аналізу  $k$ -середніх.

Розроблений програмний засіб дозволяє виконувати такі задачі: виділяти палітру зображення; визначати домінуючий колір, що займає найбільшу площину на зображенні; розбивати кольори на групи та обчислювати середнього представника групи; проводити аналіз виділених кольорів та оцінку емоційного стану зображення, графічно відображає зібрану інформацію.

**ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ**

1. Урванцев, Л. П. (1981). Психология восприятия цвета. Методическое пособие. Ярославль.
2. Osgood, C. E., Suci, G. J., & Tannenbaum, P. H. (1957). The measurement of meaning (No. 47). University of Illinois press.
3. Ольшанникова, А. Е., Семенов, В. В., & Смирнов, Л. М. (1976). Оценка методик, диагностирующих эмоциональность (опыт использования статистических закономерностей распределения показателей). Вопросы психологии, 5, 103.
4. Фрілінг, Г. А., & Ауер, К. А. (1973). Людина-колір-простір: Прикладна кольоропсихологія. М: Будвид.
5. Эткинд, А. М., & Бажин, Е. Ф. (1987). Цветовой тест отношений. Общая психодиагностика. М, 221-227.
6. Берзницкас, А. И. (1980). Экспериментальное исследование некоторых характеристик интеллектуальных эмоций. Автореферат... канд. психол. наук, 19(01).
7. Вундт, В. М. (2010). Основы физиологической психологии.
8. Шварц, Л. А. (1948). Изменения цветоощущения в эмоциональных состояниях. Проблемы физиологической оптики. М, 6, 314-320.
9. Ворсобин, В. Н., & Жидкин, В. Н. (1980). Изучение выбора цвета при переживании положительных и отрицательных эмоций дошкольниками. Вопросы психологии, 3, 121-124.
10. Базыма, Б. А., & Густяков, Н. А. (1988). О цветовом выборе как индикаторе эмоциональных состояний в процессе решения малых творческих задач. Вестник ХГУ. Харьков, (320), 22-25.
11. Петренко, В. Ф., & Кучеренко, В. В. (1988). Взаимосвязь эмоций и цвета. Вестник МГУ, 1.
12. Рапай, К. (2016). Культурный код: Как мы живем, что покупаем и почему. Альпина Паблишер.

13. Бегунов, Г. В., & Клепиков, А. К. (2017). Анализ цветовой палитры изображения. In ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ: ВЗГЛЯД В БУДУЩЕЕ (pp. 17-19).

14. Использование цвета в рекламе. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-tsveta-v-reklame/> – Заголов. з экрану.

15. Эмоции человека на изображении. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/raspoznavanie-emotsiy-cheloveka-na-izobrazheniyah/>

16. Ян, С. (2013). Автоматическое распознавание эмоций пользователя для организации интеллектуального интерфейса. Молодежный научно-технический вестник, (9), 32-32.

17. Манукянц, А. Э. (2017). Методы распознавания меток при обработке анкетных листов социологических опросов. Новые информационные технологии в автоматизированных системах, (20).

18. Silva, E. S., Hassani, H., Madsen, D. Ø., & Gee, L. (2019). Googling fashion: forecasting fashion consumer behaviour using google trends. Social Sciences, 8(4), 111.

19. Cassidy, T. D. (2007). Personal colour analysis, consumer colour preferences and colour forecasting for the fashion and textile industries. Colour: Design & Creativity, 1(1), 6.

20. Гришина, Ю. С. (2016). Психология восприятия цветов. In Интеллектуальные информационные технологии (pp. 85-94).

21. Киппхан, Г. (2003). Энциклопедия по печатным средствам информации. Технологии и способы производства. М.: МГУП, 1280, 4.

22. Triedman, K. (2015). Colour: The Professional's Guide: Understanding and Mastering Colour in Art, Design and Culture. Hachette UK.

23. Домасев, М. В., & Гнатюк, С. П. (2008). Цвет, управление цветом, цветовые расчеты и измерения. «Издательский дом» «Питер».

24. Мурыгин, А. Ю. (2016). Сравнительный анализ алгоритмов распознавания эмоций на фотографиях лиц (Doctoral dissertation, Южно-Уральский государственный университет).

25. Ахметшин, Р. И., Кирпичников, А. П., & Шлеймович, М. П. (2015). Распознавание эмоций человека на изображениях. Вестник Казанского технологического университета, 18(11).

26. Tarnowski, P., Kolodziej, M., Majkowski, A., & Rak, R. J. (2017, June). Emotion recognition using facial expressions. In ICCS (pp. 1175-1184).

27. Karthigayan, M., Rizon, M., Nagarajan, R., & Yaacob, S. (2008). Genetic algorithm and neural network for face emotion recognition. Rijeka: INTECH Open Access Publisher.

28. Сорокин, М. И. (2017). Методы распознавания образов на изображениях. Аллея науки, 2(9), 895-906.

29. Mashtalir, S., Mikhnova, O., & Stolbovyi, M. (2018, August). Sequence matching for content-based video retrieval. In 2018 IEEE Second International Conference on Data Stream Mining & Processing (DSMP) (pp. 549-553). IEEE.

30. Hu, Z., Mashtalir, S. V., Tyshchenko, O. K., & Stolbovyi, M. I. (2018). Clustering matrix sequences based on the iterative dynamic time deformation procedure. International Journal of Intelligent Systems and Applications, 10(7), 66-73.

31. Mashtalir, S., & Mikhnova, O. (2017). Detecting significant changes in image sequences. In Multimedia Forensics and Security (pp. 161-191). Springer, Cham.

32. Mantula, E. V., & Mashtalir, S. V. (2013). Method of Adaptive Forecasting Based On Multidimensional Linear Extrapolation. International Journal of Research in Engineering and Science, 1(4), 31-37.

33. Богучарский, С. И., & Машталир, С. В. (2015). Модифицированный метод кластеризации X-средних в задачах сегментация изображений. Електротехнічні та комп'ютерні системи, (20), 106-110.

34. Oleg, K., Sergii, M., & Mykhailo, S. (2017, October). Video clustering via multidimensional time-series analysis. In Proceedings of the 9th International Conference on Information Management and Engineering (pp. 60-63).

35. Kinoshenko, D., Mashtalir, S., Shlyakhov, V., & Stolbovyi, M. (2018, January). Video Shots Retrieval with Use of Pivot Points. In International Conference on Computer Science, Engineering and Education Applications (pp. 102-111). Springer, Cham.

36. Егорова, Е. А., Киношенко, Д. К., Машталир, С. В., & Шляхов, Д. В. (2006). Метрическое сравнение результатов сегментации изображений. Радиоэлектроника и информатика, (2).

37. Brengman, M., & Geuens, M. (2004). The four dimensional impact of color on shopper's emotions. ACR North American Advances.

38. Machajdik, J., & Hanbury, A. (2010, October). Affective image classification using features inspired by psychology and art theory. In Proceedings of the 18th ACM international conference on Multimedia (pp. 83-92).

39. Tsonos, D., & Kouroupetroglou, G. (2011). Modeling reader's emotional state response on document's typographic elements. Advances in Human-Computer Interaction, 2011.

40. Atram, P. S., & Chawan, P. M. (2019). Finding Dominant Color in the Artistic Painting using Data Mining Technique: A Survey.

41. Горемыкин, И. В., & Бутенко, Л. Н. (2015). МЕТОДЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ЦВЕТОВОЙ ПАЛИТРЫ ИЗОБРАЖЕНИЯ. In Управление большими системами (pp. 437-448).

42. Patil, S., & Junnarkar, A. (2015). Color image segmentation using median cut and contourlet transform: a parallel segmentation approach. Int J Comput Sci Inf Technol (IJCSIT), 5(6), 7353.

43. Богучарский, С. И., & Машталир, С. В. (2014). Анализ текстур в последовательности изображений на основе векторного квантования. Радиоелектроніка, інформатика, управління, (2 (31)).

44. Сорокин, А. И., Волков, В. Н., & Сорокина, Ю. О. (2018). АДАПТИВНЫЙ АЛГОРИТМ КВАНТОВАНИЯ ЦВЕТОВОГО ПРОСТРАНСТВА НА ОСНОВЕ МЕДИАННОГО СЕЧЕНИЯ. Юго-Западного государственного университета Серия, 63.

45. Айвазян, С. А., Бухштабер, В. М., Юннюков, И. С., & Мешалкин, Л. Д. (1989). Прикладна статистика: Класифікація та зниження розмірності. М.: Фінанси і статистика, 4.

46. Patching, D. (1990). Practical soft systems analysis. Financial Times/Prentice Hall.

47. Бодянський, Є. В., & Машталір, С. В. (2012). Виявлення змін у потоці відеоданих на основі аналізу багатовимірних часових рядів. Доповіді НАН України.

48. Богучарский, С. И., Каграманян, А. Г., & Машталир, С. В. (2014). Иерархическая агломеративная кластеризация изображений в больших базах данных. Системы обработки информации, (8), 93-97.

49. Богучарский, С. И., & Машталир, С. В. (2014). Кластеризация коллекций изображений в больших базах данных на основе рекуррентной оптимизации.

50. Шимохин, А. П., & Дуриндина, К. Ю. (2019). ПРИМЕНЕНИЕ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА В ЗАДАЧАХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДОМИНАНТНОГО ЦВЕТА. In Прикладная математика XXI века: современные проблемы математики, информатики и моделирования (pp. 266-273).

51. Богучарский, С. И., & Машталир, С. В. (2014). Кластеризация коллекций изображений в больших базах данных на основе рекуррентной оптимизации.

52. Mashtalir, S., & Mikhnova, O. (2014). Key frame extraction from video: framework and advances. International Journal of Computer Vision and Image Processing (IJCVIP), 4(2), 68-79.

53. Ахметшин, Р. И., Кирпичников, А. П., & Шлеймович, М. П. (2015). Распознавание эмоций человека на изображениях. Вестник Казанского технологического университета, 18(11).

54. Богучарский, С. И., Каграманян, А. Г., & Машталир, С. В. (2015). Модификация метода J-средних в задачах фрагментной сегментации изображений.

55. Mashtalir, S. V., Stolbovoi, M. I., & Yakovlev, S. V. (2019). Hybrid Approach to Clustering Various Lengths Video. Journal of Automation and Information Sciences, 51(3).

56. Мандель, И. Д., & Черный, Л. Б. (1988). Экспериментальное сравнение алгоритмов кластерного анализа. Автоматика и телемеханика, (1), 109-119.

57. Mashtalir, S., & Mashtalir, V. (2020). Spatio-Temporal Video Segmentation. In Advances in Spatio-Temporal Segmentation of Visual Data (pp. 161-210). Springer, Cham.

58. Mashtalir, S. V., Stolbovyi, M. I., & Yakovlev, S. V. (2019). Clustering video sequences by the method of harmonic k-means. Cybernetics and Systems Analysis, 55(2), 200-206.

59. Bodyanskiy, Y. V., Tyshchenko, O. K., & Mashtalir, S. V. (2019, June). Fuzzy Clustering High-Dimensional Data Using Information Weighting. In International Conference on Artificial Intelligence and Soft Computing (pp. 385-395). Springer, Cham.

60. Огляд алгоритмів кластеризації даних. URL: <https://habr.com/ru/post/101338/>

61. Dhanachandra, N., Mangle, K., & Chanu, Y. J. (2015). Image segmentation using K-means clustering algorithm and subtractive clustering algorithm. Procedia Computer Science, 54, 764-771.

62. Кубатин, Д. В., Рябинова, К. А., Страхов, М. А., & Вишняков, Р. Ю. (2020). АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЦВЕТА АВТОМОБИЛЯ С

ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА К-СРЕДНИХ. Прикладная математика: современные проблемы математики, информатики и моделирования, (II).

63. Implements the k-medians clustering algorithm. URL: [https://codedocs.xyz/annoviko/pyclustering/classpyclustering\\_1\\_1cluster\\_1\\_1kmedians\\_1\\_1kmedians.html](https://codedocs.xyz/annoviko/pyclustering/classpyclustering_1_1cluster_1_1kmedians_1_1kmedians.html)

64. Mashtalir, S. V., & Mikhnova, O. D. (2013). Stabilization of key frame descriptions with higher order Voronoi diagram.

65. Шапошникова, Е. А. (2017). Исследование и анализ алгоритма кластеризации данных методом к-средних. Міжнародний науковий журнал Інтернаука, (18 (1)), 94-96.

66. Шмаков, М. С., & Товмасян, А. А. (2015). Анализ цветовой палитры изображений для определения преобладающих цветовых тонов. Труды БГТУ. Серия 4: Принт-и медиатехнологии, (9 (182)).

67. Тарапата Д.Р. Методи OpenCV та метод k-середніх у визначенні домінуючих кольорів на зображенні [Текст] / Матеріали XXIV-го міжнародного молодіжного форуму «Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті», Харків, 7-9 квітня 2020 р. – Харків: ХНУБА, 2020. – 38 с.

68. Крыжевич, Л. С., Придворова, О. О., & Сезонова, О. Н. (2019). Программа для проведения кластерного анализа палитры цветов в изображениях.

69. Mashtalir, S., Mashtalir, V., & Stolbovyi, M. (2018, August). Representative based clustering of long multivariate sequences with different lengths. In 2018 IEEE second international conference on Data Stream Mining & Processing (DSMP) (pp. 545-548). IEEE.

70. Тарапата Д.Р. Використання PAD моделі в аналізі зображень з метою виявлення емоційного забарвлення / Матеріали XXIII-го міжнародного молодіжного форуму «Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті», Харків, 16-18 квітня 2019 р. Харків: ХНУБА, 2019. 27 с.