

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна
Навчально-науковий інститут комп'ютерних наук та штучного інтелекту

Рекомендовано до захисту:

протокол засідання кафедри

№ ____ від ____ . ____ . 2025 р.

Завідувач кафедри _____

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи бакалавра

на тему розробка програми підбору кольорів у вишивці

Захищено на засіданні ЕК № _____

протокол № ____ від ____ . ____ . 2019 р.

Оцінка ____ / _____

Голова ЕК

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Виконав:

студент 4 курсу, групи КС- 43

Спеціальності:

122 Комп'ютерні науки _____

(шифр і назва спеціальності підготовки)

Колянда Анастасія Дмитрівна 

(прізвище, ім'я та по батькові, підпис)

Керівник к.т.н. Малахова Марина

Олегівна, 

(ступень, звання, прізвище та ініціали, підпис)

Рецензент _____

(ступень, звання, прізвище та ініціали, підпис)

Харків – 2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Навчально-науковий інститут комп'ютерних наук та штучного інтелекту
Кафедра інтелектуальних програмних систем і технологій
Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень) Бакалавр
Спеціальність: 122 Комп'ютерні науки
Освітня програма: 122 Комп'ютерні науки

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ПСіТ
Олешко О.І.
«___» _____ 20__ року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЕКТ)

Колянда Анастасія Дмитрівна
(прізвище, ім'я, по батькові студента)

1. Тема роботи: розробка програми підбору кольорів у вишивці
керівник роботи Малахова Марина Олегівна, кандидат технічних наук
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від “16”квітня 2025року №4101-5/962

2. Строк подання студентом роботи 2 червня

3. Перелік питань, які потрібно розробити)

Розробити програму, яка буде здатна зчитувати кольори із наданого зображення. Зробити можливість пошуку зображення з інтернету або завантажувати з папки з комп'ютера. Також для полегшення пошуку буде надана змога обирати назви кольорів за компаніями і кількість клітинок самого вишиваного виробу.

4. План роботи

№ з/п	Назви етапів роботи	Термін виконання етапів роботи
1.	Аналіз та постановка задачі	13.01.-18.01
2.	Визначити цілі, вимоги до додатку	19.01-22.01
3.	Планування та розробка архітектури проекту	23.01-27.01
4.	Вибір платформи та інструментів розробки	28.01-31.01
5.	Розробка інтерфейсу – дизайн додатку	02.02-3.03
6.	Кодування – розробка для функціонування додатку	04.03-10.05
7.	Тестування	10.05-13.05
8.	Ретроспектива – аналіз проекту та його подальших перспектив	13.05-15.05
9.	Підготовка пояснювальної записки, доповіді та презентації кваліфікаційної роботи бакалавра	15.05-23.05
10.	Підготовка пакету документів до захисту кваліфікаційної роботи бакалавра	24.05

5. Дата видачі завдання _____

Студент

Колянда А.Д.

ініціали, прізвище

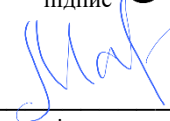


підпис

Керівник роботи

Малахова М.О.

ініціали, прізвище



підпис

АНОТАЦІЯ

Пояснювальна записка до проекту бакалавра містить 48 сторінок 3 розділи, 1 таблиця, 4 рисунки, 15 посилань на джерела.

Мета роботи полягає в спрощенні створення схем для вишивки за рахунок розробки програмного забезпечення, який надає змогу створювати схеми вишивки на основі растрових зображень. Застосунок дозволяє аналізувати кольори та розділяти їх за виробниками.

Методами дослідження та програмно-апаратні засоби є методи комп'ютерного зору, обробка зображень, конвертація кольорів у простір CIE Lab; застосовано мову програмування Java, бібліотеку Swing та алгоритми для знаходження найближчих кольорів.

В процесі роботи розроблено стабільно працюючий застосунок, що дозволяє значно спростити процес створення схем, автоматизувати підбір кольорів та надати користувачеві зручний інтерфейс для підготовки вишивальних виробів; новизна полягає у поєднанні зчитування кольорів з гнучким експортом схем і підбором кольорів від різних виробників ниток.

Програму рекомендовано застосовувати для дизайнерів схем вишивки, майстрів рукоділля, викладачів гуртків, а також для автоматизації підготовки схем у студіях декоративного мистецтва, із перспективою подальшого вдосконалення та розширення функціоналу.

Ключові слова: ВИШИВКА, СХЕМА, ПАЛІТРА, АВТОМАТИЗАЦІЯ, НИТКИ, ЦИФРОВІЗАЦІЯ.

ABSTRACT

The explanatory note to the bachelor's project consists of 48 pages, 3 sections, 1 table, 4 figures, and 15 references.

The aim of the work is to simplify the process of creating embroidery patterns by developing software that enables the generation of embroidery designs based on raster images. The application allows for color analysis and categorization by thread manufacturers.

The research methods and tools include computer vision techniques, image processing, color conversion to the CIE Lab space; Java programming language, Swing library, and algorithms for finding the nearest colors were used.

As a result, a stable application was developed that significantly simplifies the pattern creation process, automates color selection, and provides a user-friendly interface for preparing embroidery products. The novelty lies in the combination of color recognition with flexible pattern export and thread color matching across different manufacturers.

The program is recommended for use by embroidery pattern designers, craft enthusiasts, hobby group instructors, and for automating pattern preparation in decorative arts studios, with the potential for further improvement and functionality expansion.

Keywords: EMBROIDERY, PATTERN, PALETTE, AUTOMATION, THREADS, DIGITALIZATION.

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ.....	3
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	6
ВСТУП.....	8
1 АНАЛІЗ ЦИФРОВІЗАЦІЇ ТРАДИЦІЙНИХ РЕМЕСЕЛ	13
1.1 Аналіз цифрових технологій для розробки схем для вишивки	13
1.2 Огляд досліджень на тему	15
1.3 Аналіз існуючих теорій і технологій обробки схем вишивки	16
1.3.1 Класифікація зображень і візерунків	17
1.3.2 Реконструкція структури орнаменту	20
1.4 Огляд прикладних розробок	22
1.5 Аналіз цільової аудиторії	27
2 РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА ЗАГАЛЬНИЙ ОПИС ПРОЦЕСУ РОЗРОБКИ	29
2.1 Створення архітектурної моделі програмного забезпечення	29
2.1.1 Основні компоненти архітектури	30
2.2 Програмна реалізація застосунку	31
2.2.1 EmbroideryGrid (головний клас).....	31
2.2.2 DMCColor (внутрішній клас)	32
2.2.3 ManufacturerColor (внутрішній клас)	32
2.2.4 GridPanel (внутрішній клас)	33
2.2.5 ImagePanel (внутрішній клас).....	33
2.3 Методи та алгоритми, покладені в основу розробки програми	34
2.4 Опис роботи програми.....	36
3 ТЕСТУВАННЯ ТА РЕЗУЛЬТАТИ	38
3.1 Результати реалізації програмного забезпечення	38
3.2 Визначення практичної цінності розробки.....	42
ВИСНОВКИ	44
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ	46

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

RGB (скорочено від англ. Red, Green, Blue - червоний, зелений, синій) - адитивна колірна модель, що описує спосіб синтезу кольору, за якою червоне, зелене та синє світло накладаються разом, змішуючись у різноманітні кольори.

CMYK (скорочено від англ. Cyan, Magenta, Yellow, Key color) - субтрактивна колірна модель, використовується у поліграфії, перш за все при багатофарбовому (повноколірному) друці.

Lab(L - світлість (Lightness), a - зелено-червона вісь, b - синьо-жовта вісь) - система задання кольорів, що використовує як параметри світлосилу, відношення зеленого до червоного та відношення синього до жовтого

DST (Data Stitch Tajima) - один з найстаріших та найпоширеніших форматів для вишивальних машин Tajima.

PES (Packed Embroidery Stitch) - використовується машинами Brother, Babylock, Bernina тощо.

CNN (Convolutional Neural Networks або Згорткова Нейронна Мережа) - це клас глибоких штучних нейронних мереж прямого поширення, який успішно застосовувався до аналізу візуальних зображень.

U-Net - це спеціальний тип згорткової нейронної мережі, призначений для сегментації зображень, тобто для виділення кожного пікселя, який належить до певного об'єкта або класу.

Mask R-CNN (Mask Region-based Convolutional Neural Network) - це розширення моделі Faster R-CNN, яка виконує: класифікацію об'єктів, локалізацію (рамка), піксельну сегментацію (маска)

Faster R-CNN (Faster Region-based Convolutional Neural Network) - це глибока нейронна мережа для виявлення об'єктів на зображеннях.

GNN (Graph Neural Networks) -це клас нейронних мереж, які працюють з графами замість звичайних векторів чи зображень.

XSD (XML Schema Definition) це формат файлу, який описує структуру XML-документів.

XML (eXtensible Markup Language) - це розширювана мова розмітки для зберігання і передачі даних у текстовому вигляді.

5W - це класична модель аналізу інформації, яка включає п'ять запитань, що починаються з англійської літери W (Who, What, When, Where, Why)

.bmp (Bitmap Image File) - це растровий формат зображень, створений компанією Microsoft.

.svg (Scalable Vector Graphics) - це векторний формат, заснований на XML.

ВСТУП

Наразі, в світі більш ніж достатньо причин для неспокою і люди намагаються знайти різні способи, щоб уникнути стресу або знизити його вплив на життя. Деякі надають перевагу фізичним навантаженням, хтось витрачає час на навчання, читання або навіть письмо. Також багато людей обирають рукоділля — це не лише творчий процес, а й своєрідна терапія. Це дуже гарний спосіб для того, щоб відволіктися від проблем, знайти внутрішню гармонію, зосередитись на деталях і, можливо, навіть перетворити хобі на джерело заробітку.

Одним з таких занять є вишивка. Вишивка — це мистецтво створення зображень і орнаментів на тканині за допомогою ниток, яке має дуже давнє походження. Вона з'явилася тисячі років тому і вже в античні часи була популярною в багатьох культурах. Найстарші археологічні знахідки свідчать про вишивку в Китаї та Месопотамії [14], а також на території сучасної України, де вишивка стала важливою частиною народної культури. Вона використовувалася для прикрашання одягу, створення ритуальних предметів, оздоблення побутових речей, а також у декоративному мистецтві. З часом вишивка перетворилася на символ ідентичності, що відображає культуру, традиції та духовність народу.

На перший погляд, це не така складна робота, але сам процес вишивки потребує концентрації уваги, витримки та терпіння, для того щоб зі звичайних хрестиків почала з'являтися картина або цікавий орнамент. Це не лише механічна робота — це творчий процес, що вимагає певного естетичного чуття та навичок.

Проблеми можуть виникнути ще на початкових етапах, а саме:

- підбір тканини – канви, які різняться за щільністю, кольором та навіть розміром клітинок, виготовляються з різних матеріалів: льон, бавовна або ж пластик;
- підбір кольорів ниток – муліне. Різні компанії по-різному іменують кольори для виробів, відрізняються якістю самих ниток або ж і барвниками.

Якщо з вибором тканини зазвичай не так багато проблем – інтуїтивно зрозуміло, для якого виробу який тип краще взяти, то з муліне інколи виникають справжні труднощі. Дуже часто схему для вишивки можна знайти в інтернеті, але не завжди вона гарної якості, або ж без позначень для ниток, неточної кольорової палітри тощо.

Підбір кольорів – це **актуальна** проблема, з якою стикаються багато людей, навіть ті, хто давно працює зі схемами. Вирішенням може стати створення спеціальної програми, яка аналізує зображення, розпізнає кольори та надає список різних компаній, які мають у наявності потрібну палітру. Це значно полегшить життя вишивальникам, зекономить час і зменшить ймовірність помилок.

Розбиття зображення на клітинки спрощує схему вишивки для користувача, а різні позначки на кольорах допомагають орієнтуватися в них, особливо якщо необхідно розібратися в схожих відтінках. Також проблемою є різні найменування продукції серед компаній. Один і той же колір може мати абсолютно іншу назву або номер залежно від бренду, тому набагато простіше буде, якщо на додачу до двох попередніх рішень додалася ще одна функція – вибірка кольорів за компаніями. Це полегшить пошук необхідних матеріалів, оскільки одразу буде видно, яка палітра краще пасує до схеми.

Об'єктом дослідження є процес автоматизованого зчитування кольорових даних із графічних зображень (а саме схем вишивки). Цей процес має широке застосування в сучасних інформаційних технологіях, зокрема у сферах дизайну, виробництва текстилю, друку, створення цифрових схем та багатьох інших. У нашій роботі об'єкт розглядається у контексті створення схем для вишиваних виробів, де важливе значення має точність передання кольорів і їхнє відповідність певним стандартам (наприклад, палітрам кольорів різних виробників ниток).

Розпізнавання кольорів із зображень є складним процесом, що включає обробку графічних даних, виділення кольорових компонентів і приведення їх до певної системи координат або палітри. В умовах масового виготовлення вишиваних виробів або в разі створення індивідуальних проектів така автоматизація дозволяє значно спростити підготовку схем, зменшити вплив людського фактору та підвищити якість кінцевого результату. Проблемна ситуація виникає тоді, коли користувачам необхідно швидко та точно визначити складові кольори зображення і підібрати їх відповідники у визначених палітрах – цей процес є трудомістким і потребує спеціалізованих засобів автоматизації.

Таким чином, об'єкт дослідження являє собою не лише технічний аспект обробки кольорової інформації, а й прикладну складову у вигляді її використання для формування готових схем вишивки. Це дозволяє наблизити роботу до практичного використання в галузі народних художніх промислів та сучасних цифрових технологій.

Предметом дослідження є конкретні аспекти та методи обробки кольорових зображень, що дозволяють виділяти, аналізувати та класифікувати кольори. Окрім технічної реалізації алгоритмів зчитування кольорів, важливе місце займає також інтеграція цих алгоритмів у програмний продукт із зручним користувацьким інтерфейсом. У даній

роботі розглядаються питання побудови інтерфейсу, що дає змогу користувачеві завантажувати зображення, переглядати отримані результати аналізу кольорів, обирати палітру ниток від різних виробників (таких як DMC, Anchor, Madeira тощо) і встановлювати кількість клітинок виробу.

Особливе місце займає задача адаптації кольорових даних до специфічних потреб користувача. Наприклад, одні й ті самі кольори можуть виглядати по-різному залежно від умов освітлення, формату файлу або пристрою для перегляду. Тому важливим є питання стандартизації результатів, приведення їх до єдиної палітри, яка буде максимально наближена до реального результату. Це також передбачає використання колірних моделей (RGB, CMYK, Lab) та методів порівняння відтінків.

Крім того, предмет дослідження охоплює питання структури схеми для вишивки, зокрема визначення кількості клітинок і масштабування зображення з урахуванням цієї кількості. Це дозволяє отримати чітку схему, придатну для безпосереднього використання у процесі виготовлення вишиваного виробу.

Метою даної роботи є спрощення процесу створення схем для вишивки шляхом розробки програмного застосунку, який зчитує кольори з растрових зображень, класифікує їх відповідно до палітр відомих виробників ниток (наприклад, Sulky) та генерує схему вишивки з можливістю налаштування кількості клітинок. Програма має забезпечити зручний і інтуїтивно зрозумілий інтерфейс для кінцевого користувача.

Для досягнення цієї мети ставляться такі завдання:

- проведення аналізу існуючих підходів до зчитування кольорів із зображень та підбору кольорових палітр;

- розробка алгоритмів для зчитування кольорів та приведення їх до потрібних стандартів;
- реалізація завантаження зображень із файлової системи користувача;
- створення функціоналу вибору палітр за назвами компаній;
- розробка можливості задавати кількість клітинок для підготовки схеми виробу;
- тестування та вдосконалення програми на підставі отриманих результатів.

У результаті виконання дослідження очікується отримати програмний продукт, який полегшить та автоматизує процес підготовки схем для вишивки, сприятиме підвищенню точності та якості підбору кольорів, а також зробить цей процес доступним для широкого кола користувачів – як аматорів, так і професіоналів.

1 АНАЛІЗ ЦИФРОВІЗАЦІЇ ТРАДИЦІЙНИХ РЕМЕСЕЛ

1.1 Аналіз цифрових технологій для розробки схем для вишивки

На сьогоднішній день в світі спостерігається зростаючий інтерес до цифровізації традиційних ремесел, в том числі і вишивки. Зумовлено це кількома факторами:

- Зацікавленість у збереженні культурної спадщини

Наразі, це особливо актуально в Україні, де за роки СРСР було намагання знищити\забути багато аспектів нашої культури[15].

Цифровізація вишивки дає змогу не тільки зберегти у пам'яті традиційні візерунки, але й адаптувати їх у сучасності.

Гарним прикладом є метод AI-асистованого дизайну для вишивки "HuaYao" використовує семантичну сегментацію та алгоритми машинного навчання для створення нових візерунків. При роботі виходить нова схема, але при цьому зберігається традиційний стиль

- Автоматизація процесів

Таким чином є можливість пришвидшити роботу не тільки для хоббістів, але й для майстрів і цілих виробництв, для яких особливо важливе підвищення ефективності і зменшення кількості ручної роботи

- Інтерактивні системи дизайну

Одним із яскравих прикладів інтерактивної системи є - Sketch&Stitch [11].

Sketch&Stitch — це технологія або функціональність, яка поєднує малювання з вишивкою.

Найчастіше цей термін використовується в контексті машинної вишивки, де:

"Sketch" означає створення ескізу або малюнка вручну чи в графічному редакторі;

"Stitch" — це перетворення цього малюнка у вишивальний файл, придатний для використання на вишивальній машині.

Принцип роботи полягає в наступному: користувач малює зображення або надає готовий ескіз (у форматі JPG, PNG тощо). Спеціалізоване ПЗ конвертує малюнок у шаблон для вишивки (формат DST, PES тощо), який потім надсилається на вишивальну машину, яка «вишиває» малюнок нитками по тканині

Зацікавленість щодо автоматизування інструментів в дизайні схем та підбору кольорів зростає через:

По-перше, потреба в швидкому та точному створенні візерунків. Автоматизовані системи значно пришвидшують процес розробки схем, дозволяючи з високою точністю генерувати як прості, так і складні візерунки на основі заданих параметрів. Це особливо важливо для масового виробництва, де цінується не лише якість, а й швидкість виконання. Завдяки алгоритмам генерації та обробки зображень, створення візерунків відбувається в лічені хвилини, що дає змогу значно скоротити виробничі цикли.

По-друге, Зменшення залежності від ручної праці. За рахунок автоматизації зменшується потреба у висококваліфікованих спеціалістах, яких у багатьох регіонах бракує. Програмне забезпечення бере на себе рутинні та технічно складні завдання, звільняючи час дизайнерів для творчої роботи. Це також знижує ризик людських помилок, підвищує стабільність процесів та дозволяє підприємствам оптимізувати витрати.

Третім фактором є - можливість персоналізації. Сучасні автоматизовані платформи підтримують індивідуальне налаштування схем — користувачі можуть завантажувати власні зображення, змінювати колірні палітри, стилі та масштабування. Це відкриває широкі можливості

для створення унікальних продуктів під конкретні запити клієнтів.

Персоналізація, у свою чергу, є одним із ключових трендів ринку, оскільки споживачі дедалі більше цінують індивідуальний підхід.

Інтеграція з сучасними технологіями також є важливим фактором. Автоматизовані рішення дедалі частіше поєднуються з технологіями машинного навчання, комп'ютерного зору та доповненої реальності. Це дозволяє не лише автоматично підібрати кольори відповідно до гармонійних схем, а й попередньо візуалізувати готовий виріб, наприклад, на екрані мобільного пристрою або за допомогою AR-окулярів. Така інтеграція покращує взаємодію користувача з продуктом та розширює функціональні можливості систем.

Для виробництва або різних компаній підвищення конкурентоспроможності є чи не найголовнішою причиною автоматизації. Підприємства, які впроваджують автоматизовані інструменти, отримують конкурентні переваги — від зменшення витрат до підвищення якості продукції та пришвидшення виходу на ринок. Це особливо важливо в умовах глобалізації та високої конкуренції у творчих галузях.

1.2 Огляд досліджень на тему

Деякі дослідження підтверджують активне впровадження цифрових технологій та штучного інтелекту в процеси дизайну й автоматизації вишивки.

До прикладу у роботі *An AI-Assisted Design Method for “Huayao Cross-stitch” Patterns Based on Semantics [1]* описано як можна застосовувати штучний інтелект для створення нових візерунків, які базуються на традиційних мотивах, з використанням семантичного аналізу. Це свідчить про потенціал AI у збереженні та водночас осучасненні культурної спадщини

Інше дослідження, *Automatic Pattern Recognition and Color Separation of Embroidery Fabrics* [2], зосереджується на задачах автоматичного розпізнавання візерунків та кольорів у вишивці. Тут використовуються генетичні алгоритми й методи кластеризації, що забезпечує ефективне відокремлення складних кольорових структур і оптимізацію технологічних процесів обробки вишитих тканин.

У статті *Sketch&Stitch: Interactive Embroidery for E-Textiles*[11] представлено інтерактивну систему, яка дає змогу користувачам створювати власні вишивальні шаблони шляхом малювання безпосередньо на тканині. Такий підхід не лише спрощує процес проектування, а й відкриває нові можливості для індивідуалізації виробів, особливо у сфері електронного текстилю.

Нарешті, у роботі *Graphics and Visualization within Cross-Stitch* [6] розглядається значення комп'ютерної графіки та візуалізації у формуванні вишивальних схем. Акцент зроблено на важливості цифрових інструментів у візуалізації складних елементів та забезпеченні точності при перенесенні візерунків на тканину. Це підкреслює загальну тенденцію до цифровізації традиційних ручних ремесел і поєднання творчості з алгоритмічними підходами.

1.3 Аналіз існуючих теорій і технологій обробки схем вишивки

Вишивка як предмет автоматизованого аналізу потребує інтеграції комп'ютерного зору, обробки зображень, класифікації текстур і кольору.

Основними задачами для аналізу є:

- Автоматичне розпізнавання візерунків та орнаментів;
- Виділення кольорової палітри;
- Класифікація технік вишивки (хрестик, гладь, бісер тощо);

- Генерація схем на основі зображення (для машинної вишивки).

Існують спеціалізовані програми на кшталт PE-Design, Wilcom, Embird, які частково використовують алгоритми машинного навчання або фільтрації, проте більшість з них — з закритим кодом і обмеженими можливостями гнучкої кастомізації.

Головним компонентом сучасних комп'ютерних систем аналізу зображень є візуальне розпізнавання зображення. У випадку традиційної української вишивки основним завданням є розуміння структури орнаментів, симетрії, повторюваності, колористики та мотивів

Розглянемо основні напрями теоретичних підходів до аналізу таких зображень

1.3.1 Класифікація зображень і візерунків

Згорткові нейронні мережі (CNN або Convolutional Neural Networks) є основою сучасного підходу до візуального розпізнавання.

CNN — це клас глибоких штучних нейронних мереж прямого поширення, який успішно застосовувався до аналізу візуальних зображень.

ЗНМ використовують порівняно мало попередньої обробки, в порівнянні з іншими алгоритмами класифікування зображень. Це означає, що мережа навчається фільтрів, що в традиційних алгоритмах конструювали вручну. Ця незалежність у конструюванні ознак від апріорних знань та людських зусиль є великою перевагою.

Вони дозволяють виділяти текстурні особливості орнаментів, розпізнавати геометричні форми, кольорові патерни та інші візуальні ознаки. CNN навчаються шляхом проходження через кілька згорткових та підвибіркових (pooling) шарів, що дозволяє автоматично витягувати багаторівневі ознаки.

Для завдань класифікації українських орнаментів CNN можуть бути натреновані на датасетах, які містять відскановані зображення зразків вишивки, з подальшим призначенням класу: географічний регіон, техніка вишивки, тип елемента (рослинний, геометричний тощо).

- Transfer Learning

Оскільки для більшості задач, пов'язаних із вишивкою, доступні лише невеликі датасети, доцільно використовувати перенавчання моделей (Transfer Learning).

Transfer Learning - це дослідницька задача в машинному навчанні (МН), зосереджена на зберіганні знань, отриманих під час розв'язання однієї задачі, та застосуванні їх до іншої, але пов'язаної задачі. Цей напрямок досліджень має певне відношення до тривалої історії психологічної літератури з передавання навчання, хоча практичні зв'язки між цими двома напрямками є обмеженими. З практичної точки зору, повторне використання або передавання інформації з раніше навчених задач для навчання нових задач має потенціал значно покращувати ефективність вибірки агента навчання з підкріпленням.

Популярні моделі, такі як VGG16, ResNet50 або Inception, попередньо треновані на великих датасетах (наприклад, ImageNet), можуть бути донавчені на власному наборі даних.

Цей підхід дозволяє:

- скоротити час тренування,
- уникнути перенавчання,
- досягти високої точності навіть при обмеженій кількості зображень.
- Сегментація візерунка

- Архітектура U-Net

U-Net вважається однією із стандартних архітектур CNN для завдань сегментації зображень, коли потрібно не тільки визначити клас зображення цілком, але й сегментувати його області за класом, тобто створити маску, яка розділятиме зображення на кілька класів [10, 13]. Архітектура складається з стягуючого шляху для захоплення контексту і симетричного шляху, що розширюється, що дозволяє здійснити точну локалізацію.

У контексті вишивки вона може бути використана для автоматичного виділення елементів візерунка з фону (тканини), або для розділення складного орнаменту на окремі складові частини.

- Mask R-CNN

Більш потужна архітектура — Mask R-CNN — поєднує розпізнавання об'єктів з їх сегментацією.

Mask R-CNN, що розшифровується як Mask Region, базується на Convolutional Neural Network, - це модель глибокого навчання, яка призначена для завдань комп'ютерного зору, таких як виявлення об'єктів і сегментація екземплярів.

Сегментація об'єктів виходить поза рамки традиційного виявлення об'єктів, як визначаючи їх у зображенні, а й точно окреслюючи кожен із новачків. Вона надає кожному виявленому об'єкту унікальну мітку та фіксує його точну форму на рівні пікселів. Такий детальний підхід дозволяє чітко розрізняти об'єкти, що перекриваються, і точно обробляти складні форми.

Mask R-CNN заснований на Faster R-CNN, який виявляє та маркує об'єкти, але не визначає їх точні форми. Mask R-CNN покращує цю функцію, визначаючи точні пікселі, з яких складається кожен об'єкт, що дозволяє проводити більш детальний і точний аналіз зображень.

У випадку вишивки це дає змогу не лише виділяти фрагменти орнаменту, а й класифікувати їх (наприклад, як частини квітки, листя або геометричної фігури).

Застосування сегментації дозволяє:

- аналізувати симетрію та ритм в орнаменті;
- витягати окремі мотиви для подальшого аналізу чи реконструкції;
- підготувати дані для стилізації, генерації або автоматизованої вишивки.

1.3.2 Реконструкція структури орнаменту

- Графові методи

Орнаменти, особливо в традиційних вишивках, часто мають складну внутрішню структуру, яку можна формалізувати у вигляді графа. У такій структурі вузли графа відповідають ключовим елементам або мотивам орнаменту (наприклад, стилізованим рослинам, геометричним фігурам, символам), а ребра описують просторові або логічні зв'язки між цими елементами — зокрема, порядок, відстань або симетрію.

Використання графових моделей дозволяє:

- аналізувати логіку побудови візерунка, зокрема встановлювати правила, за якими формуються композиції з мотивів (наприклад, чи додаються елементи лінійно, по спіралі або в шаховому порядку);
- виявляти симетрії та повторювані елементи, які можуть бути замасковані незначними варіаціями, але зберігають структуру в межах одного стилю або школи вишивки;
- реконструювати відсутні або пошкоджені частини орнаменту, використовуючи інформацію про топологію графа та типові зв'язки між елементами.

Особливо перспективним підходом є застосування графових нейронних мереж (Graph Neural Networks, GNN). GNN дозволяють:

- класифікувати мотиви за стилістичними або регіональними особливостями, беручи до уваги не лише форму самого елементу, а й контекст його оточення;
- передбачати або виводити структуру зв'язків між новими або пошкодженими елементами орнаменту, ґрунтуючись на навчанні з прикладів традиційної вишивки.
- Цей підхід є особливо корисним у цифровій обробці вишивки, зокрема для архівування, стилізації, автоматичного аналізу та реконструкції історичних зразків.
- Симетрія та геометричні правила

Вишивка — це не лише декоративне мистецтво, але й візуальна мова, побудована на геометричній строгості. Багато традиційних орнаментів базуються на таких симетричних перетвореннях, як:

- трансляція (повторення фрагмента в одному напрямку),
- обертання (наприклад, на 90° чи 180° навколо центру),
- дзеркальне відображення (симетрія відносно вертикальної чи горизонтальної осі).

Виявлення таких симетрій дозволяє:

- автоматично завершувати фрагменти орнаменту, коли частина зображення втрачена або обрізана — з використанням виявленого симетричного правила;
- генерувати нові зразки вишивки, що зберігають стилістичну відповідність традиціям, але мають нову конфігурацію;

- підвищити точність класифікації, оскільки симетричні ознаки можуть бути надійним індикатором регіонального або етнічного походження орнаменту.

Формальний аналіз симетрії може здійснюватися за допомогою:

- груп симетрії, що описують набір всіх можливих симетричних перетворень орнаменту (зокрема, 17 типів симетрій у двовимірному просторі — так звані "групи шпалер");
- алгоритмів детекції періодичних структур, які дозволяють виявляти основні осередки повторення;
- спектрального аналізу, зокрема дискретного перетворення Фур'є, яке виявляє домінантні періодичності у зображенні.

Такі методи сприяють цифровій систематизації орнаментів, створенню баз даних візерунків, автоматичній ідентифікації стилів, а також застосуванню в генеративному дизайні нових орнаментальних композицій.

1.4 Огляд прикладних розробок

Одним з найкращих аналогів є додаток - Cross Stitch Saga. Cross Stitch Saga — це популярний додаток для вишивки хрестиком, який дозволяє зручно працювати з електронними схемами на планшетах і смартфонах (здебільшого Android, хоча є способи запуску й на Windows).

Особливостями цього додатку є:

- Підтримка форматів: *.xsd [9], *.pdf, .saga та інших популярних форматів схем.
- Підрахунок вишитих хрестиків у реальному часі.
- Автоматичне збереження прогресу.
- Можливість відмічати вже вишиті стібки.
- Показ символів ниток, кольорів, брендів і їх кількості.
- Масштабування, перегляд фрагментів схеми, фільтрація кольорів.

- Працює офлайн після завантаження схеми.
- Можна вести декілька проектів одночасно.

Як будь-яка програма, Cross Stitch Saga має і переваги, і недоліки.

Перевагами цього додатку вважаються:

1. Зручність

Легке орієнтування по схемі, фільтрація за кольорами — не потрібно роздруковувати схеми.

2. Економія часу

Швидко знаходяться потрібні символи

3. Статистика (видно, скільки вже вишито і скільки залишилось.)

4. Безпека прогресу. Навіть після випадкового виходу прогрес зберігається.

5. Адаптивність (працює на різних пристроях, можна синхронізувати між ними)

Недоліки:

1. Платний додаток

Повний функціонал доступний лише у платній версії (одноразова покупка або підписка).

2. Офіційно працює тільки на Android (для iOS не доступний).

3. Початкова складність (потрібно трохи часу, щоб розібратися з інтерфейсом)

4. Проблеми з PDF

Не всі PDF-схеми добре підтримуються — залежить від якості і структури файлу.

Трохи простішим додатком є Pattern Maker. На відміну від попереднього прикладу, ця аплікація є безкоштовною, але зі своїми особливостями.

Pattern Maker — це програма для створення та перегляду схем вишивки хрестиком. Вона дозволяє перетворювати зображення на схеми,

редагувати їх та друкувати для подальшого використання. Розглянемо її основні особливості, переваги та недоліки.

Особливостями цієї програми є:

1. Імпорт зображень

Програма оснащена майстром імпорту зображень у схеми для вишивки, що має безліч налаштувань, включаючи регулювання яскравості, контрасту, насиченості та відтінку.

2. Підтримка палітр ниток

Включає палітри кольорів ниток різних виробників, таких як DMC, Caron Collection, Danish Flower Thread та інших.

3. Редагування схем

4. Роздруківка схем

Функція друку схем з розбиттям на сторінки для зручності використання.

5. Попередній перегляд

Функція попереднього перегляду майбутньої роботи перед друком або збереженням.

Переваги та недоліки Pattern Maker

Перевагами додатку є:

1. Зручний інтерфейс

Всі кнопки підписані, що спрощує навігацію та використання програми.

2. Гнучкість налаштувань

Можливість налаштовувати параметри імпорту зображень, вибирати палітри ниток та редагувати схеми відповідно до власних потреб.

3. Підтримка різних форматів

Програма дозволяє працювати з популярними форматами схем, такими як .xsd.

Недоліками ж є:

1. Відсутність офіційної підтримки

Програма не оновлюється, що може призвести до проблем з сумісністю на нових операційних системах.

2. Обмежена підтримка форматів

Не всі формати схем можуть бути відкриті або збережені, що може обмежувати використання програми з іншими інструментами.

Схожим до другого прикладу є PCStitch [11] [12]. PCStitch — це популярна програма для створення схем вишивки хрестиком. Вона дозволяє перетворювати фотографії або зображення у детальні схеми, а також створювати власні дизайни з нуля. Додаток підходить як для початківців, так і для досвідчених рукодільниць.

Особливості:

1. Перетворення фотографій у схеми вишивки.
2. Велика бібліотека готових схем і шаблонів.
3. Підтримка різних палітр ниток (DMC, Anchor тощо).
4. Інструменти для редагування схем (заливка, малювання, текст тощо).
5. Можливість експортувати схеми у друкованому або цифровому форматі.
6. Підтримка створення схем з кольоровими блоками та символами.
7. Функція підрахунку ниток і матеріалів.

Переваги:

1. Інтуїтивний інтерфейс, легкий у використанні.
2. Гнучкість у налаштуванні кольорів і розмірів сітки.
3. Регулярні оновлення та технічна підтримка.
4. Підходить як для аматорів, так і для професіоналів.
5. Можливість працювати з дуже великими проектами.

Недоліки:

1. Програма платна (є демо-версія з обмеженнями).
2. Деякі функції можуть бути складними для новачків.
3. Інтерфейс доступний лише англійською мовою (немає української локалізації).
4. Потребує встановлення на ПК (немає мобільної версії).

Також, схожими аналогами є Stitch Art Easy, Embrobox та ін

Для легшого порівняння краще буде навести таблицю з функціями, недоліками та перевагами

Таблиця 1.1 Порівняння додатків

Назва програми	Основні функції	Переваги	Недоліки
Cross Stitch Saga	Завантаження схем (.xsd, .saga), підрахунок хрестиків, фільтрація кольорів	✓Зручний інтерфейс ✓Статистика ✓Автозбереження ✓Працює офлайн	✗Платна версія ✗Початкова складність ✗Обмеження підтримки PDF
Pattern Maker	Імпорт зображень, редагування схем, підтримка палітр ниток, друк	✓Безкоштовна ✓Гнучке налаштування ✓Попередній перегляд	✗Відсутність підтримки ✗Сумісність із сучасними ОС обмежена
PCStitch	Створення схем з фото, велика бібліотека палітр, експорт у PDF	✓ Розширений функціонал ✓ Потужний редактор	✗ Платна ✗ Складність для новачків
Pattern Keeper	Перегляд .pdf схем, підсвічування стібків, трекінг прогресу	✓ Сучасний інтерфейс ✓ Проста навігація ✓ Працює з планшетами	✗ Працює лише з деякими PDF ✗ Підтримка Android

Продовження таблиці 1.1

Pic2Pat	Онлайн-генерація схем з фото, автоматичний підбір кольорів (DMC)	✓ Швидке створення ✓ Онлайн-доступність	✗ Мінімальна кастомізація ✗ Немає підтримки редагування
---------	--	--	--

1.5 Аналіз цільової аудиторії

Для реалізації програмного продукту треба розуміти актуальність теми та цільову аудиторію. Програмне забезпечення для аналізу та створення схем вишивки хрестиком може бути корисним для декількох категорій користувачів.

Основними групами є:

- Початківці. Люди, які тільки почали цікавитися та займатися цим ремеслом. Для них є важливим простий та зрозумілий інтерфейс
- Професійні майстри. Особи, які добре розуміються в цій сфері, мають багаторічний досвід та можуть працювати на замовлення. Для них важлива точність, підтримка складних схем, фільтрація кольорів, статистика вишитих хрестиків, можливість роботи з кількома проєктами.
- Покупці. Користувачі, які зацікавлені в покупці вже готового виробу. Для них важливим буде бачити як в майбутньому може виглядати виріб, а також вони можуть пропонувати майстру свій макет або ж корегувати запропонований
- Дизайнери схем. Створюють унікальні шаблони. Для них важлива можливість перетворення зображення у схему, редагування палітри, масштабування та попередній перегляд.

- Викладачі та студенти. Учасники курсів або гуртків з рукоділля. Вони потребують навчального режиму, прикладів, спрощених шаблонів, можливості демонстрації прогресу.

Для додаткового обґрунтування доцільності розробки було використано модель **5W**, яка дозволяє оцінити ключові аспекти використання програмного продукту:

- What (Що?) — інструмент для цифрового аналізу схем вишивки, включно з автоматичним визначенням кольорів, клітинок, підбором аналогів ниток від різних виробників, візуалізацією схеми та прогресу.
- Who (Хто?) — користувачі різного рівня: початківці, досвідчені майстри, дизайнери схем, а також кінцеві споживачі (замовники).
- When (Коли?) — на етапах підготовки до вишивки (генерація схеми з фото, вибір кольорів), під час процесу (підрахунок хрестиків, відмітка виконаного), після завершення (оцінка, повторне використання).
- Where (Де?) — на мобільних пристроях (Android/iOS), планшетах або веб-інтерфейсі. Передбачається використання вдома, на гуртках, під час поїздок тощо.
- Why (Чому?) — з метою полегшення процесу вишивки, економії часу, зменшення помилок, спрощення роботи з кольорами, підвищення задоволення від хобі або професійної діяльності.

2 РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА ЗАГАЛЬНИЙ ОПИС ПРОЦЕСУ РОЗРОБКИ

2.1 Створення архітектурної моделі програмного забезпечення

Метою даної роботи була допомога у зчитуванні кольорів для вишиваного виробу. Додаток має мати можливість завантажувати схеми формату .jpg, ввід кількості клітинок (бажано, щоб користувач ввів точну кількість клітинок), після чого користувач отримує результат у вигляді зображення, де кожен колір виділений окремим значком. В легенді з правої сторони знаходиться список кольорів, а також їх аналоги з трьох найпопулярніших виробників муліне, а саме Sulky, Anchora і Madeira. За бажанням схему можна зберегти у форматі .png, а список з кольорами - .txt, або обрати іншу схему для аналізу.

Програма буде реалізована за принципи модульного проектування, де кожний модуль відповідає за свою функцію:

- Вхідні дані (завантаження зображення)
- Аналіз пікселів і перетворення в кольори палітри DMC
- Побудова сітки
- Створення графічної та текстової легенди

Збереження результату

Хоча шаблон MVC не реалізований явно, код неявно відповідає цій структурі.

Model - обробка даних (палітра, сітка)

View - візуалізація схеми

Controller - логіка генерації сітки, взаємодія з користувачем

Програма побудована за принципом модульності, з використанням об'єктно-орієнтованого підходу та бібліотеки Java Swing для інтерфейсу.

2.1.1 Основні компоненти архітектури

- Графічний інтерфейс (GUI)
 - Swing використовується для створення панелей, кнопок і легенд(списків).
 - JFrame відображає початковий екран, панель з сіткою вишивки, оригіналом зображення і списками кольорів і їх аналогам у компаній-виробників ниток.
 - Масштабування коліщатком миші, кнопки для збереження і виборі іншого зображення відносяться до інтерактивних елементів
- Обробка зображень
 - бібліотека ImageIO була використана для завантаження та зберігання зображень формату PNG
 - Зображення маштабується до заданої сітки, покращується контраст і конвертується в палітру DMC.
 - Обробка кольорів
 - Кольори зображення зіставляються з палітрою DMC у колірному просторі CIE Lab для точного порівняння.
 - Підтримуються еквіваленти кольорів від інших виробників (Anchor, Madeira, Sulky).
- Збереження результатів
 - Схема вишивки зберігається у вигляді текстового файлу (з символами та легендою) та PNG-зображення.

2.2 Програмна реалізація застосунку

2.2.1 EmbroideryGrid (головний клас)

Містить основні функції програми, а саме створення інтерфейсу, обробка зображення та палітру кольорів з легендою компаній

Статистичні масиви:

- `dmcPalette` – масив об'єктів `DMCColor`, що представляє собою палітру DMC, яка складається з 42 кольорів та RGB-значеннями
- `manufacturerColors` - Масив об'єктів `ManufacturerColor`, який містить кольори муліне компаній Anchor, Madeira, Sulky. Кожен колір палітри DMC має еквівалентний до заданих у масиві

Методи:

- `findClosestDMC` - Знаходить найближчий колір DMC до заданого кольору в просторі CIE Lab з урахуванням порогу об'єднання.
- `getContrastingColor` - визначає контрастний колір (чорний або білий) для позначок кольорів на схемі
- `rgbToLab` - конвертує RGB-значення в CIE Lab для точного порівняння кольорів.
- `enhanceContrast` - покращує контраст зображення за допомогою `RescaleOp`.
- `saveGridImage` - зберігає сітку вишивки як PNG-зображення.
- `saveEmbroideryScheme` - зберігає схему у текстовий файл із легендою та сіткою символів.
- `processImage` - Обробляє вхідне зображення, створює сітку вишивки та оновлює інтерфейс.
- `createStartScreen` - Створює початковий екран із кнопками для завантаження зображення.
- `main` - Точка входу, ініціалізує головне вікно.

2.2.2 DMCColor (внутрішній клас)

Представляє собою колір DMC, де записані назви кольорів і їх RGB-значення, також присутні значення в просторі CIE Lab для порівняння кольорів.

Поля:

- name – назва кольорів
- r, g, b – компоненти RGB
- L, a, bLab: Компоненти в колірному просторі CIE Lab.

Методи:

- Конструктор - ініціалізує колір і конвертує RGB у CIE Lab.
- distanceTo - обчислює відстань між кольорами в просторі CIE Lab.
- toString, equals, hashCode - для виведення назви та порівняння об'єктів.

2.2.3 ManufacturerColor (внутрішній клас)

Містить масиви кольорів палітри DMC і виробників Anchor, Madeira, Sulky з кодом, назвою та еквівалентним кольором DMC

Поля:

- manufacturer – назва виробника
- code – код кольору
- name – назва
- dmcEquivalent – Посилання на об'єкт DMCColor, який еквівалентний до цього

2.2.4 GridPanel (внутрішній клас)

Панель Swing для відображення сітки вишивки з кольорами та символами.

Поля:

- `cellSize` - розмір клітинки (20 пікселів).
- `Grid` - двовимірний масив `DMCColor`, що представляє сітку.
- `Symbols` - мапа, що зіставляє кольори DMC із символами.
- `Scale` - масштаб для масштабування відображення.

Методи:

- Конструктор - ініціалізує сітку та символи, додає підтримку масштабування коліщатком миші.
- `paintComponent` - малює сітку з кольорами, рамками та символами.
- `getPreferredSize` - повертає розміри панелі з урахуванням масштабу.

2.2.5 ImagePanel (внутрішній клас)

Панель Swing для відображення оригінального зображення.

Поля:

- `image` - Зображення (`BufferedImage`).
- `scale` - Масштаб для масштабування.

Методи:

- Конструктор - ініціалізує зображення та додає масштабування коліщатком миші.
- `paintComponent` - створює зображення з урахуванням масштабу.
- `getPreferredSize` - Повертає розміри панелі з урахуванням масштабу.

2.3 Методи та алгоритми, покладені в основу розробки програми

- Конвертація кольорів у CIE Lab

Для точного зіставлення кольорів зображення з палітрою DMC використовується колірний простір CIE Lab [3], який краще відображає сприйняття кольорів людським оком.

Кроки:

- Нормалізація RGB-значень (ділення на 255).
- Перетворення RGB у XYZ за допомогою лінійних коефіцієнтів [7].
- Конвертація XYZ у CIE Lab [4] із використанням нелінійних перетворень.
- Повернення значень L, a, bLab.
- Пошук найближчого кольору DMC (findClosestDMC)

Знаходить найближчий колір DMC до пікселя зображення в просторі CIE Lab.

Кроки:

- Перевіряє, чи є піксель у межах порогу (threshold) від уже використаних кольорів DMC.
- Якщо ні, обчислює відстань до всіх кольорів DMC у палітрі та повертає найближчий [5].
- Покращення контрасту (enhanceContrast)

Збільшує контраст зображення перед обробкою для кращого розрізнення кольорів.

Кроки:

- Використовує RescaleOp із коефіцієнтом контрасту 1.05.
- Повертає оброблене зображення.

- Створення сітки вишивки

Перетворює зображення у сітку заданого розміру, зіставляючи кожен піксель із кольором DMC.

Кроки:

- Запитує у користувача розміри сітки (ширина та висота).
- Масштабує зображення до заданих розмірів.
- Покращує контраст зображення.
- Для кожного пікселя обчислює найближчий колір DMC і заповнює сітку (colorGrid).
- Підраховує кількість пікселів для кожного кольору (colorCount).
- Відображення сітки (GridPanel.paintComponent)

Створює сітку вишивки з кольорами, рамками та символами.

Кроки:

- Застосовує масштабування (scale).
- Для кожної клітинки:
 - Заповнює прямокутник кольором DMC.
 - Малює чорну рамку.
 - Додає символ із контрастним кольором тексту.
- Збереження схеми

Зберігає сітку як текстову схему та PNG-зображення.

Текстове збереження (saveEmbroideryScheme):

- Записує розміри сітки.
- Записує легенду кольорів із символами та кількістю пікселів.
- Записує сітку символів.

Зображення (saveGridImage):

- Створює BufferedImage із розмірами сітки.
- Малює сітку аналогічно до GridPanel.
- Зберігає зображення у форматі PNG.

2.4 Опис роботи програми

Програма стартує з початкового екрана (createStartScreen), де користувач може завантажити зображення або обрати зі збережених (хоча функціонал для TXT-файлів не реалізований).

- Обробка зображення

Після вибору JPG-файлу програма запитує розміри сітки (ширину та висоту).

Зображення масштабується, покращується контраст, і кожен піксель зіставляється з кольором DMC у просторі CIE Lab.

Створюється сітка (colorGrid), підраховуються використані кольори (colorCount), і кожному кольору призначається унікальний символ.

- Відображення

Інтерфейс поділено на три частини:

- Ліва частина: Показує оригінальне зображення (ImagePanel) та сітку вишивки (GridPanel).
- Права частина: Відображає легенди для DMC, Anchor, Madeira, Sulky.
- Нижня частина: Містить кнопки для збереження схеми та завантаження нового зображення.

Підтримується масштабування коліщатком миші.

- Збереження

Користувач може зберегти схему у вигляді текстового файлу (.txt) із символами та легендою, а також PNG-зображення сітки.

3 ТЕСТУВАННЯ ТА РЕЗУЛЬТАТИ

3.1 Результати реалізації програмного забезпечення

Поставлена мета була досягнута частково. В ході роботи було реалізовано більшість поставлених функцій однак окремі компоненти залишаються у стані доопрацювання або реалізовані не в повному обсязі.

У поточній версії програми вдалося реалізувати:

- Завантаження зображення схеми
- Введення кількості клітинок
- Генерація схеми з умовними позначеннями
- Створення легенди кольорів та компаній
- Збереження результатів

Можливість повторного завантаження іншого зображення без перезапуску застосунку.

Втім, є аспекти, які не містять бажаного функціоналу:

- Введення кількості клітинок потребує точності з боку користувача, і відсутня система підказок або автоматичного визначення сітки.

Аналіз кольорів

- Збереження

У результаті розробки було отримано стабільно працюючу аплікацію, яка виконує основні функції відповідно до поставлених задач. Програма пройшла тестування на низці схем у форматі .jpg, де було показано зчитування кольорів, побудова сітки та формування легенд.

На рисунках 3.2.1 та 3.2.2 будуть показані результати таких функцій: створення сітки, відображення оригінального зображення та схеми, створення легенди кольорів та виробників

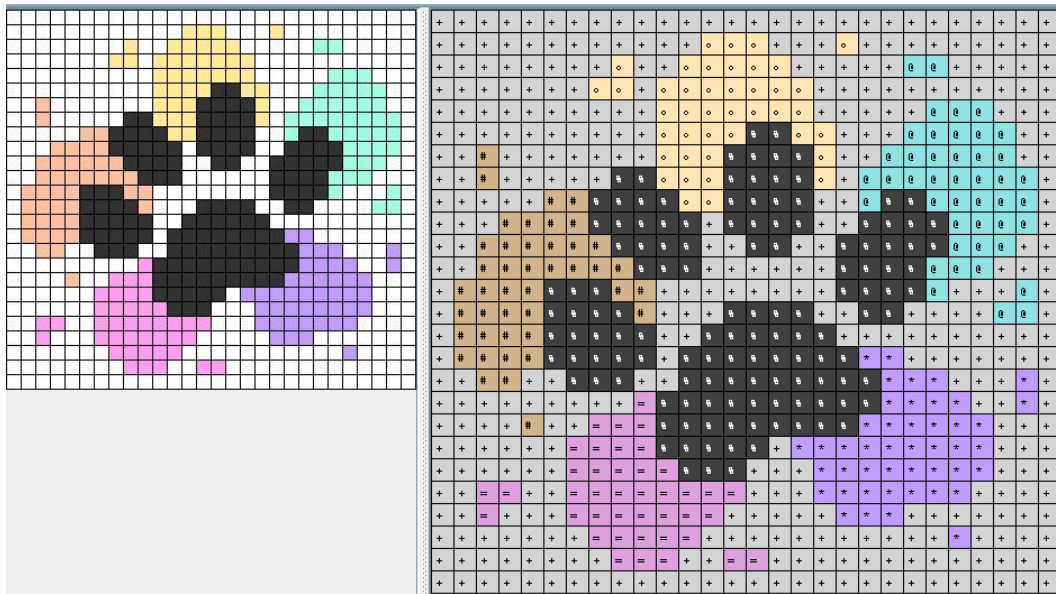


Рисунок 3.2.1 - вихідне зображення та схема з умовними позначеннями

DMC Легенда	
+	- Pastel Grey (380 пікс.)
%	- Dark Grey (133 пікс.)
*	- Pale purple (45 пікс.)
@	- Pastel Teal (44 пікс.)
#	- Light Brown (43 пікс.)
o	- Pastel Peach (42 пікс.)
=	- Pastel Lavender (41 пікс.)
Anchor Легенда	
+	- 401 Pastel Grey
%	- 402 Dark Grey
*	- 1003 Pink
@	- 1093 Pastel Teal
#	- 398 Grey
o	- 1016 Pastel Peach
=	- 1088 Pastel Lavender
Madeira Легенда	
+	- 1104 Pastel Grey
%	- 1103 Dark Grey
*	- 0301 Pink
@	- 1212 Pastel Teal
#	- 1101 Grey
o	- 0305 Pastel Peach
=	- 1002 Pastel Lavender
Sulky Легенда	
+	- 1009 Pastel Grey
%	- 1008 Dark Grey
*	- 1032 Pink
@	- 1192 Pastel Teal
#	- 1006 Grey
o	- 1036 Pastel Peach
=	- 1056 Pastel Lavender

Рисунок 3.2.2 - легенда кольорів зі значення позначок і легенди з виробниками муліне

У підсумку маємо:

Формування легенди та умовних символів для кожного кольору відбувається без помилок, а результат представлений у візуально зручному вигляді для користувача.

Відповідність кольорів палітрам трьох основних виробників (Sulky, Anchor, Madeira) дозволяє швидко підібрати потрібні нитки без додаткових таблиць або ручного порівняння

Можливість зберігати схему у форматі .png і легенди у .txt

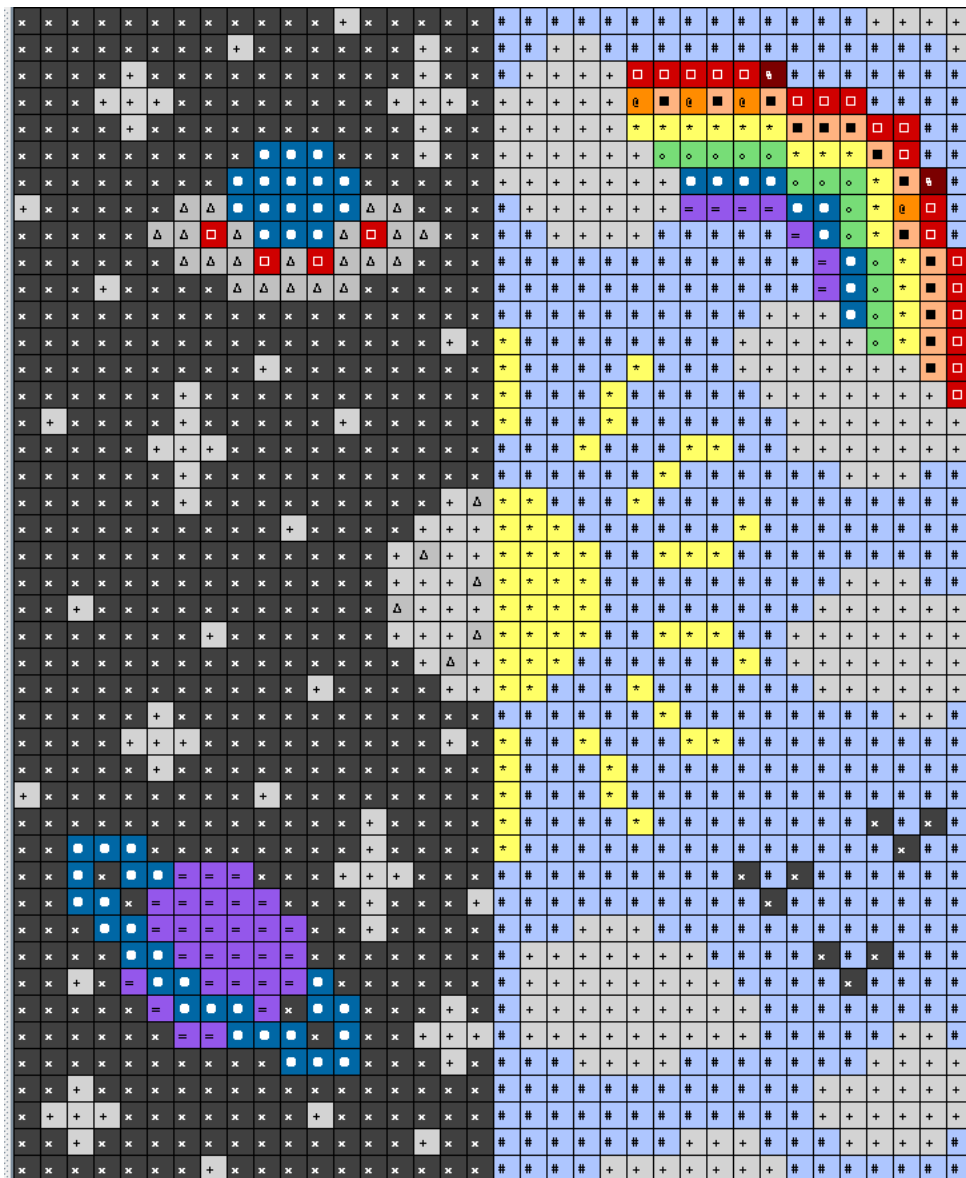


Рисунок 3.2.3 – негативні аспекти

На рисунку 3.2.3 показано декілька проблем, які наразі існують в програмі:

По-перше - некоректне відображення кольорів. На прикладі веселки можна побачити, що програма в ході аналізу зображує додаткові кольори, яких немає в оригінальному зображенні.

По-друге - проблеми з відображенням білого кольору. Це стається через `scaleFactor` - коефіцієнт контрасту, а також через `threshold` - поріг для об'єднання кольорів у CIE Lab. Ці дві змінні регулюють "чутливість", тобто чим більший `threshold` та `scaleFactor` тим менше відтінків кольорів розпізнає програма.

По-третє, ввід клітинок вручну. Це може трохи додати складності, особливо, якщо велика вишивка. Якщо вводити кількість неточно, або невірно, схема буде деформована

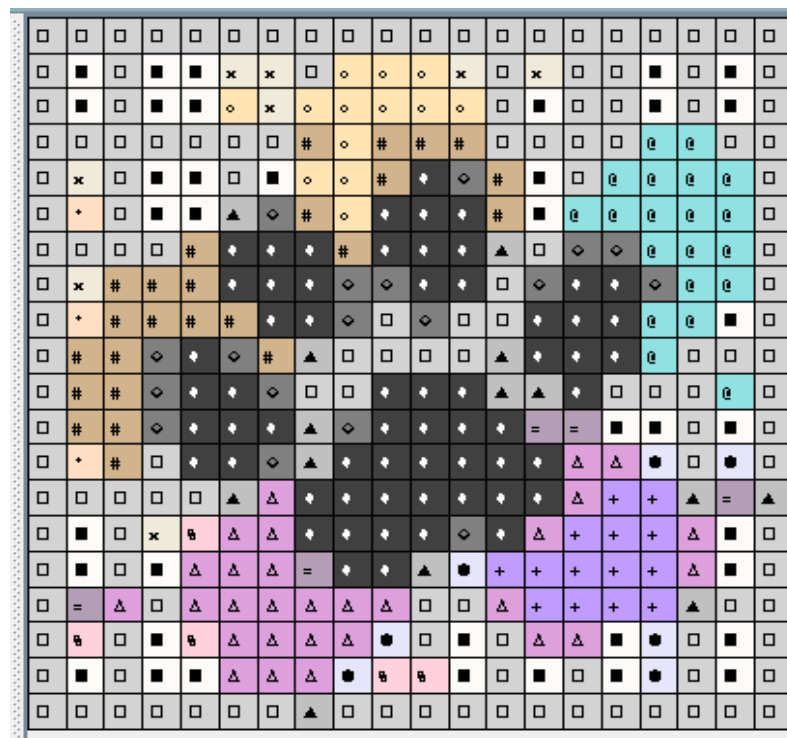


Рисунок 3.2.4 - попередня схема у форматі 20 на 20

В цілому, програма коректно відображає кольори і відображає легенду. Добре показала себе на схемах з різними відтінками одного кольору, не змішуючи їх і не плутаючи

3.2 Визначення практичної цінності розробки

Господарська значущість

Розроблена програма дозволяє значно зменшити витрати часу та зусиль, які зазвичай потрібні для створення схем вишивки вручну. Вона автоматично аналізує зображення, будує сітку відповідно до заданої кількості клітинок і створює легенду кольорів. Завдяки цьому майстри можуть швидко адаптувати будь-яке зображення до формату схеми для вишивки без тривалого ручного підбору кольорів. Це особливо корисно для творчих майстерень, студій дизайну, а також для малого бізнесу, що займається виготовленням сувенірної продукції, адже дозволяє оптимізувати процеси та скоротити витрати.

Наукова значущість

Програма є прикладом практичного використання технологій комп'ютерного зору та цифрової обробки зображень у креативній індустрії. Вона поєднує кілька важливих напрямів: автоматичне виділення структур на зображенні, аналіз кольорів, їх зіставлення з еталонними палітрами, а також візуалізацію результатів. Такий підхід демонструє, як інженерні та ІТ-рішення можуть застосовуватись у сфері дизайну, мистецтва та освіти. Програму можна також використовувати в навчальних цілях — для демонстрації алгоритмів обробки зображень, прикладного програмування та графічного моделювання.

Соціальна значущість

Застосунок сприяє популяризації вишивки як елементу української культурної спадщини. Він дозволяє легко створювати схеми навіть тим, хто не має спеціальної підготовки чи досвіду у вишиванні. Це відкриває нові можливості для людей різного віку — дітей, підлітків, дорослих і людей похилого віку. Програма може стати корисним інструментом у школах, гуртках народного мистецтва, культурних центрах та громадських ініціативах, спрямованих на розвиток і збереження традицій. Простота

використання та доступність дозволяють залучати до вишивки нових учасників, роблячи це заняття більш сучасним і цікавим.

ВИСНОВКИ

У процесі виконання роботи було створено програму, яка автоматизує процес створення схем для вишиваних виробів на основі зображень формату .jpg. Було реалізовано створення сітки, легенди з кольорами і їх аналогами у виробників муліне; окремі умовні позначки для кожного з кольорів і їхнє відображення в легенді; можливість зберегти роботу, обрати нове зображення без потреби закривати програму.

Особливо цінним у даній розробці є реалізація автоматизованого підбору кольорів з присвоєнням умовного символу, що значно спрощує процес рукоділля, адже людське око не завжди вирізняє відтінки одного кольору, бо ж може плутати і не бачити різниці, натомість програма дає змогу не тільки відмежувати ці кольори, але й кожному надає символ.

Ще важливим аспектом є надання аналогічної палітри у компаніях-виробниках і відразу показує назву і номер кольору, що допомагає не шукати відповідний колір, а одразу зрозуміти який колір необхідний

В ході розробки виникли проблеми з точністю в аналізі кольорів, що наразі вирішується лише зміненням змінних. Також проблема з ручним вводом клітинок, які доводиться рахувати самотійно, аби не виникало проблем з відображенням схеми

У разі продовження роботи над проектом було б непогано додати наступні функції та зміни:

- **Автоматичне визначення кількості клітинок** на основі розмірів зображення та виявлення меж кольорових блоків. Це дозволить уникнути ручного введення кількості клітинок.
- **Інтерфейс попереднього перегляду**, який дозволить користувачеві оцінити вигляд майбутньої схеми та за необхідності змінити параметри (розмір сітки, кількість кольорів тощо).

- **Можливість додавати нові кольори**, через те програма навряд чи може враховувати всі можливі кольори, а така функція дала змогу самому доповнити палітру потрібним кольором
- **Підтримка інших форматів зображень**, таких як .png, .bmp, .svg, або навіть сканів паперових схем.
- **Можливість ручного редагування результату** — наприклад, зміна символу певного кольору, об'єднання близьких відтінків, або видалення зайвих кольорів.
- **Збільшена кількість виробників**. Наразі програма містить лише 3 найпопулярніші виробники муліне, а саме Sulky, Anchor та Madeira. Було би доречно додати більшу кількість, можливо сортувати їх за якістю або ж за ціновим сегментом

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

1. An AI-Assisted Design Method for “Huayao Cross-stitch” Patterns Based on Semantics. In: *Computational Intelligence in Industrial Application*. Ed. by Y. Wang. Boca Raton, FL: CRC Press, 2015, pp. 24–30. URL: <https://books.google.com.ua/books?id=sNyVEAAAQBAJ>, дата звернення: 06.04.2025.
2. Automatic Pattern Recognition and Color Separation of Embroidery Fabrics. In: *Algorithms: Advances in Research and Application: 2011 Edition*. Ed. by Q. Ashton Acton. Atlanta, GA: ScholarlyEditions, 2012, pp. 415–420. URL: <https://books.google.com.ua/books?id=yhbXeE6BzysC>, дата звернення: 01.05.2025.
3. CIELAB color space. [n.d.]. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/CIELAB_color_space, дата звернення: 19.04.2025.
4. Fairchild, M. D. *Color Appearance Models*. 3rd ed. Chichester: Wiley, 2013. 409 p.
5. Find the Closest DMC Color Chart Thread. [n.d.]. URL: https://www.thread-bare.com/tools/closest-dmc-thread-color-lookup?srsId=AfmBOoomZASl3P1Tqdz210DtmWqtMV91bM6_6YHgkaMyUy45S-wu9mbz, дата звернення: 31.04.2025.
6. Graphics and Visualization within Cross-Stitch. URL: <https://kar.kent.ac.uk/21850/>, дата звернення 09.04.2025.
7. Lindbloom, B. *Color Calculations and Formulas*. [n.d.]. URL: http://www.brucelindbloom.com/index.html?Eqn_RGB_to_XYZ.html, дата звернення: 20.04.2025.
8. PCStitch. [n.d.]. URL: <https://pcstitch.software.informer.com/>, accessed: 31.05.2025.

9. Програма для вишивки у форматі XSD. [n.d.]. URL:
<https://moresxem.com/programma-dlya-vyishivki-v-formate-xsd/>, дата
звернення: 06.04.2025.
10. Ronneberger, O., Fischer, P., & Brox, T. *U-Net: Convolutional Networks
for Biomedical Image Segmentation*. Medical Image Computing and
Computer-Assisted Intervention (MICCAI), 2015, pp. 234–241. URL:
<https://arxiv.org/abs/1505.04597>, дата звернення: 25.04.2025.
11. Sketch&Stitch: Interactive Embroidery for E-Textiles. In: *Proceedings of
the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. New
York, NY: ACM, 2018, Paper No. 12. URL:
<https://dl.acm.org/doi/10.1145/3173574.3173656>, дата звернення:
15.04.2025
12. Software: PCStitch. [n.d.]. URL:
<https://www.patternsonline.com/software/pcstitch.aspx>, дата звернення:
08.04.2025.
13. U-Net. [n.d.]. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/U-Net>, дата звернення:
14.04.2025.
14. Виникнення вишивки. [n.d.]. URL:
https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B8%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F_%D0%B2%D0%B8%D1%88%D0%B8%D0%B2%D0%BA%D0%B8, дата
звернення: 31.05.2025.
15. Кара-Васильєва, Т. *Українська вишивка*. Київ: Либідь, 2008. 160 с.