

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Комп'ютерних наук
(повна назва)

Кафедра Системотехніки
(повна назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Пояснювальна записка

рівень вищої освіти другий (магістерський)
Розробка програмного комплексу для підтримки бізнес-процесів у тату-індустрії з використанням технологій AI
(тема)

Виконав:
здобувач 2 року навчання,
групи ІТПМ-24-2
Денис Афонькін
(власне ім'я, прізвище)

Спеціальність 122 Комп'ютерні науки
(код і повна назва спеціальності)
Тип програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)
Освітня програма Інформаційні технології
проскутвання
(повна назва освітньої програми)

Керівник доц. каф. СТ. Петрова Р.В.
(посада, власне ім'я, прізвище)

Допускається до захисту

Завідувач кафедри _____

(підпис)

Ігор ГРЕБЕННИК
(власне ім'я, прізвище)

2025 р.

Я, як студент ХНУРЕ, розумію і підтримую політику закладу із академічної доброчесності. Я не надавала і не одержувала недозволену допомогу під час підготовки кваліфікаційної роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.



«14» грудня 2025 р.

Афонькін Д.Д.

Кваліфікаційна робота не містить відомостей заборонених до відкритого опублікування.

Кваліфікаційна робота виконана у відповідності до стандартів, що діють в Україні.

Попередній захист проведено «15» грудня 2025 р.

Керівник кваліфікаційної роботи



доц. Петрова Р.В

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет _____ Комп'ютерних наук _____
 Кафедра _____ Системотехніки _____
 Рівень вищої освіти _____ другий (магістерський) _____
 Спеціальність _____ 122 Комп'ютерні науки _____
 (код і повна назва)
 Тип програми _____ освітньо-професійна _____
 (освітньо-професійна або освітньо-наукова)
 Освітня програма _____ Інформаційні технології проєктування _____
 (повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____
 (підпис)
 «____» _____ 20 ____ р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Здобувачеві _____ Афонькіну Денису Денісовичу _____
 (прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи: Розробка програмного комплексу для підтримки бізнес-процесів у тату-індустрії з використанням технологій AI

затверджена наказом університету від 24 листопада 2025 р. № 1058Ст

2. Термін подання здобувачем роботи до екзаменаційної комісії 16 грудня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи: дані клієнтів та сеансів тату-салону (події, записи, нагадування, часові зони, категорії тату); вимоги до автоматизованого підбору ескізів та стилів; приклади сучасних систем для роботи з графічними зображеннями та плануванням креативного контенту (Notion, Trello, спеціалізовані художні генератори); інструменти розробки вебсистем та AI-модулів (Java, Spring Framework, React, PostgreSQL, PyTorch, TensorFlow); методи генерації та класифікації тату-ескізів (CNN, дифузійні моделі, трансферне навчання, класифікаційні алгоритми); метрики ефективності (якість згенерованого ескізу, точність підбору стилю, швидкість генерації, час відгуку системи); засоби тестування та візуалізації результатів

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі: аналіз предметної області тату-індустрії та бізнес-процесів салону; огляд сучасних інформаційних систем для підтримки творчої діяльності та AI-генерації зображень; порівняння існуючих програмних продуктів для автоматизації підбору та генерації ескізів; визначення ключових бізнес-функцій для автоматизації (планування сеансів, підбір стилів, рекомендації ескізів); формування системних і функціональних вимог; розробка моделі даних та структури бази ескізів і клієнтів; проєктування архітектури вебзастосунку та AI-компонентів; розробка алгоритмів генерації ескізів, планування сеансів та нагадувань; тестування ефективності генерації та продуктивності системи

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій: загальна архітектура вебсистеми та AI-модулів для генерації та підбору тату-ескізів; схема алгоритму генерації ескізів та підбору стилів; діаграма послідовності дій користувача при замовленні ескізу; графік продуктивності генерації при різних параметрах моделей; прототип інтерфейсу користувача вебзастосунку; порівняння якості та швидкості різних алгоритмів генерації

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

№	Назва етапів роботи	Строк / термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Отримання завдання та постановка мети роботи	24.11.2025	Виконано
2.	Аналіз предметної області тату-індустрії	25.11.2025 – 27.11.2025	Виконано
3.	Опрацювання літератури та аналіз сучасних систем AI-генерації зображень	28.11.2025 – 29.11.2025	Виконано
4.	Порівняння функціональних можливостей існуючих вебсистем та AI-інструментів	30.11.2025 – 01.12.2025	Виконано
5.	Огляд технологій розробки вебзастосунків та AI-модулів	02.12.2025 – 02.12.2025	Виконано
6.	Проектування архітектури програмного комплексу та моделі даних	04.12.2025 – 05.12.2025	Виконано
7.	Розробка структури бази даних та сервісів управління ескізами	06.12.2025 – 08.12.2025	Виконано
8.	Розробка та реалізація алгоритмів AI-генерації ескізів і підбору стилів	08.12.2025 – 09.12.2025	Виконано
9.	Розробка інтерфейсу користувача та основних функціональних модулів системи	10.12.2025 – 11.12.2025	Виконано
10.	Тестування програмного комплексу та оцінка ефективності AI-модулів	12.12.2025 – 14.12.2025	Виконано
11.	Представлення на рецензування	15.12.2025	Виконано
12.	Представлення кваліфікаційної роботи до ЕК	16.12.2025	Виконано

Дата видачі завдання 24 листопада 2025 р.

Здобувач 
(підпис)

Керівник роботи 
(підпис)

доц. каф. СТ. Петрова Р.В.
(посада, власне ім'я, прізвище)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи магістра містить: 88 ст., 14 рис., 2 табл., 2 дод., 36 джерел інформації.

АІ-ПІДТРИМКА БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ, ТАТУ-ІНДУСТРІЯ,
АВТОМАТИЗАЦІЯ, ГЛИБИННЕ НАВЧАННЯ, ГЕНЕРАЦІЯ ЕСКІЗІВ,
КЛАСИФІКАЦІЯ СТИЛІВ, УПРАВЛІННЯ КЛІЄНТАМИ

Об'єкт дослідження – процес автоматизованої підтримки та оптимізації бізнес-процесів у тату-салоні за допомогою веб-системи.

Предмет дослідження – методи і алгоритми управління клієнтською базою, організації роботи майстрів, генерації та класифікації тату-ескізів, а також оптимізації розкладу сеансів з урахуванням пріоритетів та індивідуальних потреб клієнтів.

Мета дослідження – підвищення ефективності роботи тату-салону шляхом розробки веб-системи, яка інтегрує АІ-модулі для автоматичного підбору та генерації ескізів, класифікації стилів, планування сеансів майстрів та управління взаємодією з клієнтами, зменшуючи адміністративне навантаження та підвищуючи якість обслуговування.

Методи дослідження – системний та структурний аналіз предметної області; моделювання бізнес-процесів і бази даних клієнтів та сеансів; застосування алгоритмів машинного та глибинного навчання для класифікації та генерації ескізів; алгоритми оптимізації розкладу та управління пріоритетами.

Наукова новизна роботи полягає у створенні інтегрованої веб-системи для тату-салону, яка поєднує управління клієнтами та майстрами, автоматизовану генерацію та класифікацію ескізів за допомогою АІ, а також алгоритми планування і оптимізації сеансів.

ABSTRACT

Explanatory Note to the Qualification Thesis: 88 pages, 14 figures, 2 tables, 2 appendices, 36 references.

AI SUPPORT OF BUSINESS PROCESSES, TATTOO INDUSTRY, AUTOMATION, DEEP LEARNING, SKETCH GENERATION, STYLE CLASSIFICATION, CLIENT MANAGEMENT

Object of the study – the process of automated support and optimization of business processes in a tattoo studio through a web-based system.

Subject of the study – methods and algorithms for managing the client database, organizing the work of artists, generating and classifying tattoo sketches, as well as optimizing the schedule of sessions considering priorities and individual client needs.

Research aim – to improve the efficiency of a tattoo studio by developing a web-based system that integrates AI modules for automatic selection and generation of sketches, style classification, scheduling of artists' sessions, and client interaction management, thereby reducing administrative workload and enhancing service quality.

Research methods – systemic and structural analysis of the subject area; modeling of business processes and client/session databases; application of machine learning and deep learning algorithms for sketch generation and classification; algorithms for schedule optimization and priority management.

Scientific novelty – the creation of an integrated web-based system for a tattoo studio that combines client and artist management, automated generation and classification of sketches using AI, as well as algorithms for planning and optimizing sessions.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВИХ ПОЗНАЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ..	8
ОДИНИЦЬ І ТЕРМІНІВ.....	8
ВСТУП.....	9
1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ПІДТРИМКИ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ ТАТУ-САЛОНУ	11
1.1 Огляд сучасної тату-індустрії та ключових бізнес-процесів тату-салону	11
1.2 Аналіз методів управління клієнтами та робочими процесами у тату-салонах	12
1.3 Огляд інформаційних систем у сфері б'юті- та тату-індустрії.....	14
1.4 Постановка задачі дослідження.....	17
2 РОЗРОБКА МОДЕЛІ АІ-ПІДТРИМКИ ТА АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ ТАТУ-САЛОНУ	19
2.1 Методи машинного навчання для автоматизації роботи тату-салону.....	19
2.1.1 Моделі рекомендацій для підбору ескізів і стилів.....	19
2.1.2 Алгоритми класифікації стилів, жанрів та розмірів тату	21
2.2 Аналіз архітектур моделей машинного навчання для створення та обробки тату-ескізів.....	23
2.2.1 CNN і дифузійні моделі для створення художніх зображень.....	23
2.2.2 Оптимізація параметрів моделей для підвищення якості ескізів ...	25
2.2.3 Порівняння результатів базових моделей для генерації тату-ескізів	27
2.3 Використання трансферного навчання для генерації зображень у різних стилях тату	30
2.4 Розробка інтегрованої АІ-моделі для підтримки роботи тату-майстра та адміністратора.....	31
2.5 Вибір та підготовка датасету ескізів і фото-референсів.....	33
3 РОЗРОБКА КОМПОНЕНТІВ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ	35
3.1 Визначення функціональних вимог до системи підтримки бізнес-процесів.....	35
3.2 Опис вихідних даних для роботи АІ-модулю	39
4 РЕАЛІЗАЦІЯ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ	41
4.1 Вибір інструментарію для реалізації системи та АІ-модулів	41
4.2 Розробка та навчання АІ-модулів.....	44
4.3 Експериментальне дослідження та оцінка ефективності АІ-компонентів	46
4.4 Створення прототипу програмного комплексу для підтримки бізнес-процесів тату-салону	52
ВИСНОВКИ.....	54
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	56

ПЕРЕЛІК УМОВИХ ПОЗНАЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ,
ОДИНИЦЬ І ТЕРМІНІВ

AI – Artificial Intelligence;

API – Application Programming Interface;

CNN – Convolutional Neural Network;

CRM – Customer Relationship Management;

CUDA – Compute Unified Device Architecture;

DB – Database;

ER – Entity-Relationship;

FID – Fréchet Inception Distance;

GAN – Generative Adversarial Network;

GPU – Graphics Processing Unit;

IDEF0 – Integration Definition for Function Modeling;

JWT – JSON Web Token;

ML – Machine Learning;

NLP – Natural Language Processing;

ORM – Object-Relational Mapping;

PSNR – Peak Signal-to-Noise Ratio;

REST – Representational State Transfer;

RMSE – Root Mean Squared Error;

SSIM – Structural Similarity Index Measure;

UI – User Interface;

UX – User Experience.

ВСТУП

Стрімкий розвиток цифрових технологій, систем глибинного навчання та інтелектуальних інформаційних платформ суттєво впливає на трансформацію бізнес-процесів у креативних індустріях [1]. Одним із прикладів такої трансформації є тату-індустрія, де поєднуються висока варіативність художніх стилів, необхідність індивідуального підходу до клієнта та складність операційної роботи тату-салону. Зростання конкуренції, підвищення вимог до якості сервісу, а також збільшення частки клієнтів, що очікують швидкої та персоналізованої взаємодії, формують потребу у сучасних засобах автоматизації.

Традиційні CRM-системи та інструменти керування салонами краси не враховують ключових особливостей тату-індустрії — роботи зі стилями, жанрами й параметрами тату-ескізів, творчих етапів підготовки дизайнів, значної частки ручної взаємодії та складності планування майстрів [2]. Розвиток моделей глибинного навчання, зокрема дифузійних генераторів і CNN-мереж для класифікації зображень, відкриває можливість створення інтегрованих систем, здатних підтримувати не лише організаційні, а й творчі процеси.

Актуальність теми роботи визначається потребою тату-салонів у комплексній автоматизації, що охоплює як управління клієнтськими записами та розкладом майстрів, так і обробку, класифікацію та генерацію тату-ескізів. Інтелектуальні алгоритми дозволяють підвищити точність підбору стилю, скоротити час пошуку референсів та створити інструменти для формування персоналізованих ескізів. Такі можливості не представлені у наявних програмних продуктах, що підтверджує практичну необхідність розробки нового рішення.

У сучасних умовах тату-майстри та адміністратори вимушені працювати з великою кількістю даних: історіями клієнтів, портфоліо, графіками, референсами та проміжними варіантами ескізів. Автоматизація цих процесів дозволяє зменшити навантаження, підвищити ефективність роботи та

забезпечити узгодженість між творчими та операційними етапами. Використання методів глибинного навчання для генерації ескізів створює додаткову цінність — можливість отримання унікальних, персоналізованих дизайнів у реальному часі.

Таким чином, розробка програмного комплексу з інтегрованими AI-модулями є актуальним та практично значущим завданням, оскільки забезпечує підвищення конкурентоспроможності тату-салону, оптимізацію бізнес-процесів [1] та розширення творчих можливостей майстрів. У межах дослідження розглядаються сучасні підходи до AI-генерації зображень, класифікації стилів, методів рекомендацій та їх інтеграції у структуру веб-системи, орієнтованої на реальні потреби тату-індустрії.

Також під час роботи над кваліфікаційною роботою було опубліковано тези на тему «Інтелектуальна система автоматизації бізнес-процесів тату-студії на основі методів глибинного навчання» в рамках IX Міжнародної студентської наукової конференції «Актуальні питання та перспективи проведення наукових досліджень» у м. Рівне, 28 листопада, 2025р.

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ПІДТРИМКИ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ ТАТУ-САЛОНУ

1.1 Огляд сучасної тату-індустрії та ключових бізнес-процесів тату-салону

Тату-індустрія на сучасному етапі розвитку є комплексною соціально-економічною та культурною сферою, що поєднує художню творчість, інноваційні технології та комерційну діяльність. В умовах глобалізації та стрімкого розвитку цифрових технологій попит на індивідуалізовані художні послуги у вигляді татуювань зростає, що стимулює тату-салони до впровадження системного підходу в організації своїх бізнес-процесів. Зростаюча конкуренція в індустрії та високі очікування клієнтів щодо якості обслуговування призводять до необхідності комплексної цифрової підтримки, що охоплює всі аспекти діяльності салону – від взаємодії з клієнтами до управління ресурсами та організацією творчого процесу [3].

Актуальні тенденції розвитку тату-індустрії характеризуються декількома ключовими напрямками. По-перше, спостерігається професіоналізація художників та підвищення стандартів якості надання послуг. По-друге, зростає роль цифрових технологій у підготовці та демонстрації ескізів: використання графічних редакторів, спеціалізованого програмного забезпечення для управління портфоліо та цифрових платформ для взаємодії з клієнтами дозволяє розширювати креативні можливості майстрів та підвищувати ефективність обслуговування. По-третє, активне впровадження маркетингових стратегій на основі аналізу даних і персоналізації сервісу створює конкурентні переваги, сприяє формуванню лояльної клієнтської бази та підвищенню доходності бізнесу.

Ключові бізнес-процеси тату-салону можна класифікувати за трьома основними напрямками. Перший напрям стосується взаємодії з клієнтами і включає комплексний процес обслуговування: консультування, підбір ескізів, узгодження стилю, розміру та розташування татуювання, оформлення запису,

ведення персоналізованих профілів клієнтів та історії їхніх замовлень. Цей процес критично важливий для забезпечення високого рівня клієнтського досвіду, оскільки від якості взаємодії залежить задоволеність клієнта та його готовність рекомендувати послугу іншим.

Другий напрям охоплює адміністративно-організаційні процеси, що забезпечують стабільність функціонування салону. Сюди входить планування та координація графіків роботи майстрів, управління запасами витратних матеріалів і фарб, ведення фінансового обліку та звітності, контроль якості надання послуг та оптимізація використання ресурсів. Ефективність цього процесу визначає здатність салону підтримувати стабільний рівень обслуговування при зростанні кількості клієнтів та складності пропонованих послуг [4].

Третій напрям стосується творчого аспекту діяльності салону, що включає створення унікальних ескізів, підготовку фото-референсів, класифікацію стилів, жанрів та розмірів татуювань. Для підвищення ефективності цього процесу у сучасних салонах активно впроваджуються цифрові інструменти, які дозволяють автоматизувати підбір композицій, пропонувати альтернативні варіанти дизайну та забезпечувати відповідність естетичним і технічним стандартам [5].

1.2 Аналіз методів управління клієнтами та робочими процесами у тату-салонах

Управління клієнтами та робочими процесами у тату-салонах є ключовою складовою ефективної організації діяльності підприємства, що працює у сфері креативних та косметичних послуг. На відміну від традиційних сервісних галузей, робота тату-салону включає підвищені вимоги до індивідуалізації роботи з клієнтами, точності планування, узгодження параметрів майбутнього татуювання та забезпечення високих стандартів гігієни та безпеки. У зв'язку з цим методи управління в цій індустрії формуються на основі інтеграції

класичних підходів до менеджменту, цифрових технологій та специфічних професійних практик тату-майстрів.

Система управління клієнтами у сучасних тату-салонах ґрунтується на персоналізації взаємодії та побудові довгострокових відносин з клієнтською аудиторією. Первинним етапом цього процесу є формування клієнтського профілю, що включає персональні дані, уподобання у стилях, історію виконаних робіт, попередні консультації та рекомендації щодо догляду. Такий підхід дозволяє майстрам точно адаптувати дизайн до індивідуальних уподобань клієнта та формувати персоналізовані пропозиції. Застосування систем управління взаємовідносинами із клієнтами (CRM) забезпечує структурування інформації про клієнтів, автоматизацію нагадувань про консультації, контроль виконання записів та формування статистичних звітів.

Методи управління робочими процесами ґрунтуються на оптимізації робочого часу майстрів, контролі ресурсного забезпечення та забезпеченні узгодженості всіх етапів виконання татуювання [6]. Одним з ключових аспектів є формування графіка роботи з урахуванням індивідуальної тривалості сеансів, складності ескізів, необхідності підготовчих та постпроцедурних заходів. Використання цифрових систем для онлайн-запису суттєво спрощує розподіл навантаження між майстрами, зменшує кількість помилок, пов'язаних із людським фактором, і забезпечує прозорість у комунікації між клієнтом та салоном.

Важливим елементом управління є також контроль витратних матеріалів і дотримання стандартів стерильності та гігієни. З цією метою застосовуються методи кількісного та часово орієнтованого обліку, які дозволяють оптимізувати закупівлі, запобігати дефіциту ресурсів та забезпечувати постійний доступ до необхідних матеріалів [7]. Інформаційні системи дають змогу здійснювати моніторинг залишків, автоматично формувати замовлення та прогнозувати потреби на основі статистичних даних.

Значну роль у підвищенні ефективності управління робочими процесами відіграють інструменти візуального планування та цифрової підтримки

художнього процесу. Вони дозволяють структурувати етапи підготовки ескізів, створювати альтернативні варіанти дизайну, проводити попередній візуальний перегляд композиції на тілі клієнта та узгоджувати параметри майбутнього татуювання на докладному рівні. Такі інструменти сприяють скороченню часу на художню підготовку та підвищенню якості комунікації між майстром і клієнтом.

1.3 Огляд інформаційних систем у сфері б'юті- та тату-індустрії

Розвиток цифрових технологій призвів до появи широкого спектра інформаційних систем, орієнтованих на підтримку бізнес-процесів у сфері б'юті та тату-індустрії. Ці системи різняться функціональними можливостями, технічними характеристиками, моделями інтеграції та рівнем адаптивності до потреб конкретних салонів. Їхнє застосування дозволяє автоматизувати рутинні процеси, оптимізувати роботу персоналу, забезпечувати високу якість обслуговування клієнтів та підтримувати конкурентоздатність бізнесу. Проте, незважаючи на наявність великої кількості готових рішень, жодне з них не враховує повною мірою специфіку роботи тату-салонів, особливо у частині художнього процесу, генерації ескізів та інтелектуальної підтримки роботи майстра [8].

У сфері б'юті-послуг найбільш поширеними є такі групи інформаційних систем:

- CRM-системи для керування клієнтськими записами, що забезпечують автоматизацію календаря, ведення профілів клієнтів, планування прийомів, нагадування та аналітику (Fresha, GlossGenius);

- системи для комплексного управління салоном, які охоплюють фінансовий облік, контроль запасів, управління персоналом та маркетингові інструменти (Mindbody, SalonIQ);

– галузеві додатки для творчих професій, орієнтовані на роботу з портфоліо, цифровими ескізами, стилізаціями та обробкою зображень (Procreate, Adobe Illustrator).

У тату-індустрії використовуються системи, адаптовані до художнього процесу, однак їх функціональність здебільшого обмежена роботою з ескізами та записами, без застосування алгоритмів штучного інтелекту для аналізу стилів, генерації дизайнів або рекомендаційних рішень. Типові системи для тату-салонів включають InkBook, TatStat, ReTattoo – платформи, що автоматизують бронювання, ведення клієнтів, фінансовий облік та зберігання портфоліо (табл. 1.1). Проте вони не підтримують інтелектуального аналізу даних, автоматизованої класифікації стилів, автогенерації ескізів або адаптивного підбору дизайнів під індивідуальні характеристики клієнта [9].

Таблиця 1.1 – Порівняння сучасних інформаційних систем у сфері б'юті-та тату-індустрії

Система	Основний функціонал	Переваги	Недоліки	Відповідність потребам тату-салону
Fresha	Запис клієнтів, календар, CRM	Зручний інтерфейс, глобальна платформа, безкоштовна базова версія	Немає інструментів для роботи з ескізами; відсутній AI; орієнтована на б'юті	Часткова
Mindbody	Комплексне управління салоном, фінанси, персонал	Потужний функціонал, автоматизація бізнесу	Висока вартість, перевантажений функціонал, неадаптована під тату	Низька
InkBook	Запис, облік клієнтів, портфоліо	Орієнтація на тату-салони, зручність роботи	Відсутність AI-модулів, немає генерації ескізів, слабка аналітика	Середня

Кінець таблиці 1.1

Система	Основний функціонал	Переваги	Недоліки	Відповідність потребам тату-салону
TatStat	Запис, управління клієнтами та майстрами	Функціонал для тату-салонів	Немає автоматизації творчого процесу; малий спектр аналітичних інструментів	Середня
Procreate / Adobe Illustrator	Створення ескізів	Висока якість графіки, професійні інструменти	Не є системами управління салоном; немає CRM; відсутність AI-рекомендацій	Низька
ReTattoo	Календар, клієнти, портфоліо	Простота використання	Обмежені можливості, відсутній AI, немає глибинної обробки зображень	Низька

Аналіз наявних платформ демонструє, що попри різноманітність інструментів для автоматизації б'юті-індустрії, вони мають низку суттєвих обмежень щодо підтримки діяльності тату-салонів [10]:

- відсутність інтегрованої роботи з художніми матеріалами (більшість систем не передбачає автоматизованого підбору ескізів, класифікації за стилями чи жанрами, а також генерації нових дизайнів на основі нейронних мереж);

- недостатній рівень персоналізації клієнтського досвіду (існуючі CRM-системи не використовують машинне навчання для рекомендацій дизайнів, стилів чи орієнтації на особисті вподобання клієнта);

- фрагментарність інструментів (замість комплексної системи салони вимушені комбінувати кілька продуктів: CRM, графічні редактори, інструменти планування, що ускладнює роботу);

- відсутність AI-компонентів для аналізу та оптимізації процесів (сучасні системи не забезпечують прогнозування навантаження, оптимізації графіків майстрів чи аналітики щодо популярних стилів);

– неадаптованість до творчих особливостей тату-індустрії (Жодна з типових платформ не підтримує дифузійні моделі, генеративні нейронні мережі або технології трансферного навчання для стилізації зображень).

У зв'язку з виявленими недоліками існуючих інформаційних систем виникає потреба у створенні комплексного програмного продукту, здатного інтегрувати можливості сучасного бізнес-менеджменту та інструменти глибинного навчання.

Розробка нової системи є обґрунтованою з таких причин:

- потреба в єдиній платформі для бізнес-процесів та творчої роботи, що дозволить уникнути фрагментації інструментів;
- необхідність автоматизації художнього процесу через застосування генеративних моделей, класифікації стилів тату та рекомендаційних алгоритмів;
- підвищення ефективності управління салоном за рахунок використання інтелектуальних методів аналізу операційних даних;
- підтримка зростаючої потреби у персоналізованих рішеннях, що можуть бути забезпечені лише через інструменти штучного інтелекту;
- відсутність аналогів, що поєднують CRM, планування, генерацію ескізів, AI-аналітику та адаптивне управління персоналом в одному продукті.

1.4 Постановка задачі дослідження

Метою даного дослідження є розробка інтелектуальної інформаційної системи підтримки бізнес-процесів тату-салону, яка забезпечує інтеграцію управління клієнтами, автоматизацію операційної діяльності та застосування модулів машинного та глибинного навчання для аналізу, класифікації та генерації тату-ескізів. Такий підхід дозволяє підвищити продуктивність роботи майстрів, зменшити адміністративне навантаження та забезпечити високий рівень персоналізації творчого процесу.

Для досягнення зазначеної мети визначено наступні науково-дослідні завдання:

– провести системний аналіз предметної області тату-індустрії та її бізнес-процесів, визначити сучасні підходи до управління клієнтами та організації роботи майстрів, а також оцінити існуючі методи автоматизації творчих і адміністративних процесів;

– сформулювати функціональні та нефункціональні вимоги до інформаційної системи, що включають управління клієнтськими даними, планування сеансів, ведення портфолію, обробку зображень, генерацію ескізів, аналітичну підтримку прийняття рішень і забезпечення інформаційної безпеки;

– розробити архітектурну модель системи з інтеграцією модулів машинного та глибинного навчання, що передбачає використання CNN-моделей для класифікації стилів тату, генеративних моделей GAN, StyleGAN та дифузійних моделей для створення унікальних ескізів, а також моделей векторизації та рекомендаційних алгоритмів для підбору стилів на основі індивідуальних уподобань клієнтів;

– реалізувати модулі автоматизованої обробки творчих матеріалів, включно з класифікацією стилів, аналізом референсних зображень, генерацією альтернативних варіантів ескізів та рекомендаціями щодо композиційних і стилістичних рішень;

– забезпечити підтримку операційних процесів тату-салону шляхом автоматизації формування розкладу майстрів, оцінки тривалості сеансів, управління депозитами та матеріалами, ведення історії клієнтів і координації комунікацій;

– розробити інтегровану AI-модель для підтримки роботи майстра та адміністратора, яка оптимізує планування сеансів, підвищує узгодженість діяльності персоналу та покращує якість взаємодії з клієнтами, враховуючи індивідуальні потреби та стилістичні переваги;

– провести експериментальне дослідження розробленої системи, оцінити точність і продуктивність AI-модулів у класифікації та генерації ескізів.

2 РОЗРОБКА МОДЕЛІ AI-ПІДТРИМКИ ТА АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ ТАТУ-САЛОНУ

2.1 Методи машинного навчання для автоматизації роботи тату-салону

2.1.1 Моделі рекомендацій для підбору ескізів і стилів

Сучасна тату-індустрія характеризується високим рівнем індивідуалізації послуг та значним різноманіттям стилів, технік і художніх підходів. Кожен клієнт має власні вподобання щодо стилю, кольорової гами, композиційної структури та рівня деталізації тату-ескізу, що ускладнює процес вибору оптимального варіанту. В умовах великої клієнтської бази та широкого асортименту ескізів виникає потреба у застосуванні систем підтримки прийняття рішень, здатних автоматично аналізувати вподобання клієнта, історію його замовлень, актуальні тренди та художні характеристики зображень, щоб надавати персоналізовані рекомендації. Використання таких систем дозволяє підвищити ефективність роботи майстрів, скоротити час вибору ескізу клієнтом та забезпечити високу якість обслуговування [11].

Для реалізації зазначених функцій застосовуються моделі рекомендацій, які умовно поділяються на дві основні категорії: колаборативна фільтрація та контентно-орієнтовані системи. Кожен підхід має власну методологію формування рекомендацій та специфіку використання, що впливає на точність і релевантність пропозицій.

Колаборативна фільтрація формує рекомендації на основі схожості між користувачами або між об'єктами, тобто ескізами. Для цього використовуються матриці взаємодії клієнтів із попередніми замовленнями або оцінками, що дозволяє виявляти приховані патерни поведінки та уподобань. Метод користувач-до-користувача визначає схожих клієнтів і пропонує ескізи, які вони раніше обирали, тоді як метод об'єкт-до-об'єкта оцінює подібність між ескізами,

щоб рекомендувати клієнту зображення, близькі до тих, що він раніше переглядав або оцінював [12]. Основним обмеженням цього підходу є «холодний старт», коли новий користувач або новий ескіз не мають історії взаємодії, що знижує точність рекомендацій.

Контентно-орієнтовані моделі формують рекомендації на основі властивостей самих ескізів, таких як стиль (реалістичний, графічний, олдскул, японський), жанр, колірна палітра, рівень деталізації та композиційні особливості [13]. Для обробки цих характеристик ефективно застосовуються методи машинного та глибинного навчання, зокрема векторизація зображень за допомогою згорткових нейронних мереж (CNN). Така векторизація дозволяє перетворювати зображення на числові представлення, за якими обчислюється подібність між новими ескізами та історично успішними замовленнями. Контентно-орієнтовані системи особливо корисні для нових клієнтів або ескізів, оскільки вони не залежать від історії взаємодій, проте їхня ефективність значною мірою залежить від якості визначених ознак та здатності мереж правильно класифікувати художні характеристики. Відмінності між розглянутими моделями представлено на рис. 2.1.

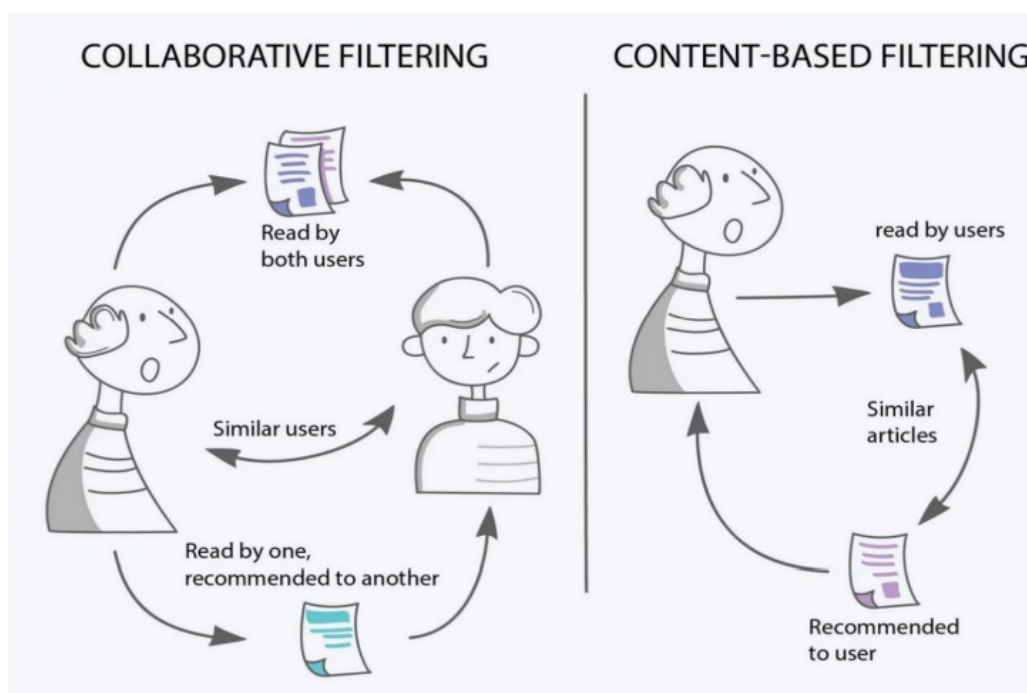


Рисунок 2.1 – Порівняння підходів до формування рекомендацій

Інтеграція моделей рекомендацій у веб-систему тату-салону забезпечує кілька важливих практичних переваг. По-перше, скорочується час, необхідний для вибору ескізу клієнтом, що підвищує продуктивність майстра. По-друге, система формує персоналізовані пропозиції, підвищуючи рівень задоволеності клієнта та стимулюючи повторні замовлення. По-третє, AI-модулі дозволяють автоматично адаптувати пропозиції до змін у трендах тату-індустрії, забезпечуючи актуальність та художню новизну рекомендацій.

2.1.2 Алгоритми класифікації стилів, жанрів та розмірів тату

Класифікація тату-ескізів за стилем, жанром та розміром є фундаментальною задачею для автоматизації процесів тату-салону, оскільки дозволяє системі точно ідентифікувати характеристики зображень та забезпечувати персоналізовані рекомендації клієнтам. В умовах великого обсягу ескізів ручна класифікація стає трудомісткою і суб'єктивною, що призводить до втрати ефективності та збільшення часу обслуговування. Використання алгоритмів машинного та глибинного навчання дозволяє систематизувати процес класифікації, автоматично виділяючи ключові ознаки зображень.

Для класифікації стилів та жанрів ескізів ефективними є згорткові нейронні мережі (CNN), здатні обробляти візуальні дані та виділяти просторові характеристики зображень, які неможливо описати простими ознаками (рис. 2.2). CNN складаються зі згорткових шарів, що застосовують ядра різного розміру для виділення локальних особливостей, шарів підвибірки (Pooling) для зменшення розмірності та уникнення перенавчання, а також повнозв'язних шарів для інтеграції ознак і класифікації [14]. Такі моделі дозволяють відрізнити стилі (реалістичний, графічний, олдскул, японський, мінімалістичний), жанри (портрети, тварини, орнаменти, абстракції) та складні композиційні структури ескізів.

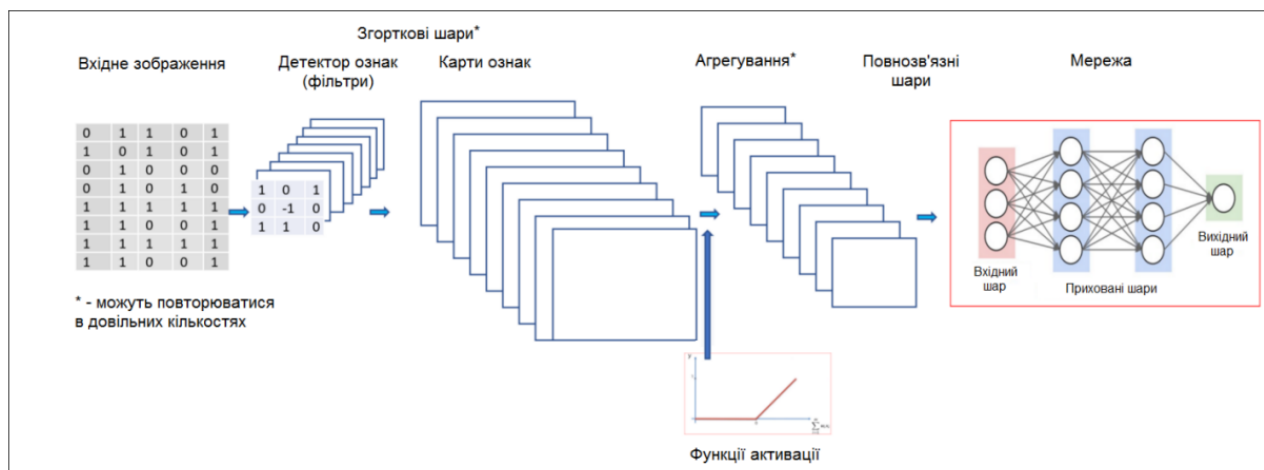


Рисунок 2.2 – Загальна структура згорткової нейронної мережі

Для підвищення точності класифікації використовується трансферне навчання, що дозволяє застосовувати попередньо навчені CNN на великих датасетах зображень (ImageNet, COCO) та адаптувати їх до специфіки тату-ескізів. Трансферне навчання значно скорочує час навчання моделі і забезпечує високу точність класифікації навіть при обмеженій кількості навчальних зразків, що є типовою ситуацією для окремих стилів чи жанрів тату [15].

Класифікація розмірів тату здійснюється за допомогою методів регресії або алгоритмів машинного навчання, які аналізують геометричні характеристики ескізів: площу композиції, співвідношення сторін, розташування елементів та масштаби деталей. Такі параметри перетворюються на числові вектори ознак, що дозволяє розподіляти ескізи на категорії: малий, середній або великий розмір. Це критично важливо для інтеграції рекомендацій у процес планування сеансів, оскільки розмір ескізу впливає на час нанесення та підбір ділянки тіла для тату.

Для підготовки даних перед навчанням моделі застосовуються методи обробки зображень: нормалізація яскравості, контрасту та колірної гами, фільтрація шумів, виділення контурів та збільшення даних (Data Augmentation) через обертання, масштабування, віддзеркалення та зміну кольору. Це дозволяє підвищити стійкість моделей до варіацій у стилях ескізів і покращити узагальнюючу здатність нейронних мереж.

Оцінка ефективності алгоритмів класифікації здійснюється через стандартні метрики: точність (Accuracy), відчутливість (Recall), специфічність (Precision) та F1-міра, що дозволяє порівнювати різні архітектури та налаштування нейронних мереж [16]. При необхідності моделі оптимізуються за допомогою гіперпараметрів, таких як глибина мережі, розмір згорткових ядер, кількість каналів, параметри регуляризації та функції активації, щоб досягти балансу між точністю класифікації та швидкістю обробки.

Впровадження алгоритмів класифікації стилів, жанрів та розмірів тату дозволяє автоматизувати категоризацію ескізів, що є критичною основою для роботи системи рекомендацій. Це забезпечує не тільки швидкий і точний підбір ескізів для клієнтів, але й можливість аналітичного обліку популярності стилів та жанрів, прогнозування попиту на певні типи тату та оптимізацію робочого часу майстрів.

2.2 Аналіз архітектур моделей машинного навчання для створення та обробки тату-ескізів

2.2.1 CNN і дифузійні моделі для створення художніх зображень

Генерація художніх зображень для тату-ескізів є складним завданням, яке потребує поєднання ефективних методів аналізу та синтезу візуальної інформації. Основними інструментами для цієї задачі є згорткові нейронні мережі (CNN) та дифузійні моделі, що дозволяють моделювати як локальні, так і глобальні ознаки зображень. CNN здатні автоматично виділяти контури, текстурні, композиційні елементи та інші важливі характеристики, які визначають художній стиль ескізу, тоді як дифузійні моделі забезпечують генерацію нових, високоякісних зображень, адаптованих під заданий стиль або жанр.

Згорткова нейронна мережа складається із чергування згорткових, підвибіркових (Pooling) та повнозв'язних шарів. Згортковий шар застосовує набір ядер (фільтрів), які послідовно сканують вхідне зображення, виділяючи

локальні ознаки. Процес згортки можна математично описати наступним чином [17]:

$$F_{ij}^k = \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} X_{i+m, j+n} \cdot W_{m,n}^k + b^k, \quad (2.1)$$

де $F_{i,j}^k$ – значення карти ознак на координатах (i, j) ;

$X_{i+m, j+n}$ – піксель вхідного зображення;

$W_{m,n}^k$ – ядро згортки;

b^k – зсув;

M, N – розміри ядра.

Ця операція дозволяє мережі формувати числові представлення локальних патернів, що є основою для аналізу стилю, композиції та текстури тату-ескізів.

Дифузійні моделі є сучасним підходом до генерації зображень і ґрунтуються на поступовому додаванні шуму до зображення та його зворотному видаленні для створення нових унікальних композицій. Цей процес дозволяє точно контролювати художні властивості ескізу, зберігаючи при цьому загальну композиційну структуру та деталі. Дифузійні моделі особливо ефективні для створення високороздільних зображень із складними текстурами та унікальними художніми стилями [18].

У практичній реалізації для тату-салону поєднання CNN і дифузійних моделей дозволяє вирішити дві основні задачі: CNN виділяє ключові ознаки та параметри існуючих ескізів, які використовуються як вхідні умови для генератора дифузійної моделі. Таким чином, система здатна створювати нові ескізи, що відповідають стилю обраних прикладів або уподобанням клієнта. Перевагою цього підходу є висока точність відтворення деталей і можливість адаптації під конкретні вимоги користувача, включно з варіаціями кольору, стилю та рівня деталізації. Схема архітектури CNN, об'єднаної з дифузійною моделлю представлено на рис. 2.3.

Архітектура CNN + Дифузійної моделі для генерації тату-ескізу

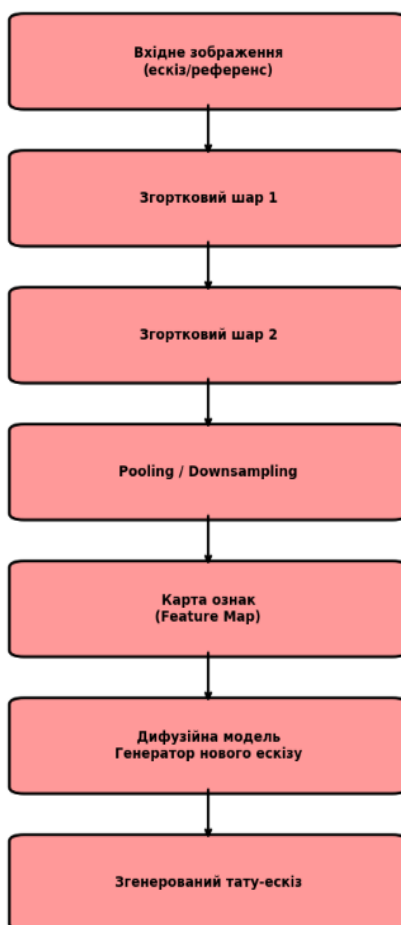


Рисунок 2.3 – Архітектура CNN + дифузійна модель

Застосування таких моделей дозволяє автоматизувати процес створення ескізів, забезпечити високу художню якість та зменшити час, необхідний майстру для підбору або ручного створення ескізів. Інтеграція CNN і дифузійних моделей у веб-систему тату-салону створює ефективну платформу для генерації персоналізованих і унікальних художніх рішень, що підвищує рівень обслуговування клієнтів і конкурентоспроможність закладу.

2.2.2 Оптимізація параметрів моделей для підвищення якості ескізів

Якість тату-ескізів, що генерується за допомогою моделей машинного навчання, суттєво залежить від правильної оптимізації параметрів як згорткових

нейронних мереж (CNN), так і дифузійних моделей. У цьому контексті під оптимізацією розуміють систематичне налаштування гіперпараметрів, які безпосередньо впливають на здатність моделі виділяти локальні та глобальні ознаки зображення, формувати художню структуру та забезпечувати різкість і деталізацію ескізу.

Для CNN критичною є оптимізація таких параметрів, як кількість шарів, кількість фільтрів у кожному згортковому шарі, розміри ядер, крок підвибірки (stride), розмір пакета (batch size), функції активації, а також швидкість навчання [19]. Наприклад, збільшення кількості фільтрів у початкових шарах дозволяє виділяти дрібні деталі та текстури, а додаткові глибинні шари забезпечують формування більш складних композиційних патернів, що характерні для художніх тату-ескізів. Вибір функції активації впливає на нелінійність моделі, що визначає здатність мережі виділяти суттєві візуальні ознаки зображення.

Процес навчання мережі здійснюється шляхом мінімізації функції втрат L , яка відображає відхилення між згенерованим ескізом та бажаним стилем, деталізацією та композицією. Ваги моделі оновлюються згідно з правилом градієнтного спуску [20]:

$$W^{t+1} = W^t - \eta \cdot \frac{\partial L}{\partial W^t}, \quad (2.2)$$

де W^t – ваги моделі на ітерації t ;

η – швидкість навчання;

$\frac{\partial L}{\partial W^t}$ – градієнт функції втрат.

Швидкість навчання η має бути оптимальною: надто велика швидкість може призвести до нестабільного зближення і пропуску локальних мінімумів, тоді як занадто мала – уповільнює процес навчання та може не дозволити моделі досягти оптимальної якості ескізів [21].

Для дифузійних моделей ключовими параметрами є кількість кроків дифузії, рівень шуму на кожному кроці та параметри умовних ознак, таких як стиль або жанр ескізу. Збільшення кількості кроків дифузії дозволяє генератору відтворювати більш плавні переходи, складні текстури та високий рівень деталізації. Водночас збільшення кроків підвищує обчислювальні витрати та час генерації. Інтенсивність шуму визначає баланс між варіативністю зображень і точністю відтворення деталей: надмірний шум може призвести до розмитості, тоді як занадто низький – зменшує унікальність та креативність результату.

Оптимізація параметрів здійснюється за допомогою комбінації автоматизованого пошуку гіперпараметрів та експертної корекції, що базується на художніх критеріях. Автоматизований пошук включає такі методи, як випадковий пошук (Random Search), байєсове оптимізування або бібліотеки типу Optuna, які систематично перевіряють комбінації параметрів і вибирають ті, що забезпечують максимальні значення метрик якості [22]. До таких метрик відносять Structural Similarity Index (SSIM) для оцінки схожості структурних патернів, Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR) для вимірювання різкості та Frechet Inception Distance (FID) для оцінки візуальної якості та стилістичної відповідності ескізів.

Таким чином, оптимізація параметрів CNN і дифузійних моделей дозволяє досягти оптимального балансу між деталізацією, художньою виразністю та швидкістю генерації ескізів. В результаті інтеграції оптимізованих моделей у веб-систему тату-салону підвищується ефективність роботи майстра, забезпечується висока якість рекомендацій ескізів і створюється інструмент для персоналізованого підбору унікальних художніх рішень для клієнтів.

2.2.3 Порівняння результатів базових моделей для генерації тату-ескізів

В сучасних системах генерації зображень, які застосовуються для створення тату-ескізів, використання різних архітектур машинного навчання дозволяє досягати різного рівня якості, деталізації та художньої виразності. У

рамках проведеного дослідження було обрано три базові моделі для порівняння: згорткові нейронні мережі (CNN) з автоенкодерами, генеративні змагальні мережі (GAN) та дифузійні моделі. Кожна з цих моделей володіє специфічними особливостями, які визначають її придатність для задач генерації ескізів, що відрізняються високою деталізацією, складними композиційними структурами та художньою виразністю [23].

CNN з автоенкодерами показали ефективність у виділенні базових структурних елементів, таких як контури та локальні текстури, що є ключовими для створення ескізів татуювань [24]. Ця модель добре справляється з реконструкцією наявних патернів та дозволяє з високою точністю передавати форми та пропорції зображень. Проте, автоенкодери мають обмежену здатність до генерації нових художніх композицій, оскільки їхня архітектура спрямована на відтворення вже існуючих структур. Крім того, відтворення дрібних деталей та складних текстур часто є проблематичним, що зменшує художню виразність результату. Основними перевагами CNN є відносна швидкість навчання та невисокі обчислювальні витрати під час генерації, що робить їх корисними для швидкого створення базових рекомендаційних ескізів.

Генеративні змагальні мережі, у свою чергу, дозволяють формувати більш складні та художньо виразні ескізи. Завдяки архітектурі, що передбачає взаємодію генератора та дискримінатора, GAN здатні створювати унікальні композиції та варіативність стилів, наближених до творчих рішень професійних майстрів [25]. Висока здатність до генерації художніх елементів робить GAN ефективним інструментом для створення нових ескізів, однак нестабільність навчання та схильність до виникнення артефактів можуть знижувати якість результату. Для досягнення оптимальних результатів необхідне ретельне налаштування гіперпараметрів та значні обчислювальні ресурси, що ускладнює інтеграцію GAN у системи реального часу.

Дифузійні моделі демонструють переваги, які роблять їх найбільш придатними для професійної генерації тату-ескізів. Вони забезпечують поступове створення зображення через багато кроків дифузії, що дозволяє

відтворювати плавні переходи, точні контури та складні композиційні елементи. Дифузійні моделі показують високу стабільність генерації та здатні створювати ескізи з максимальною художньою виразністю, передаючи як основні структурні характеристики, так і дрібні деталі. Завдяки цьому вони забезпечують найвищі значення метрик якості, таких як Structural Similarity Index (SSIM), Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR) та Frechet Inception Distance (FID) [26]. Висока деталізація, художня виразність і стабільність генерації роблять дифузійні моделі оптимальним вибором для інтеграції у веб-систему підтримки тату-майстра, де необхідно поєднувати високу якість ескізів із можливістю персоналізації під індивідуальні потреби клієнта.

У табл. 2.1 представлено порівняння трьох базових моделей за ключовими критеріями, що дозволяє оцінити їхню ефективність у створенні тату-ескізів.

Таблиця 2.1 – Порівняння базових моделей генерації зображень

Модель	Деталізація контурів	Художня виразність	Варіативність стилів	SSIM	FID	Час генерації
CNN (автоенкодер)	0.75	0.60	0.55	0.78	85	Низький
GAN	0.85	0.85	0.80	0.82	40	Середній
Дифузійна модель	0.95	0.95	0.95	0.90	20	Високий

Наведені оцінки відображають результат комплексного аналізу художньої виразності, деталізації, варіативності стилів, а також стабільності та точності генерації.

Аналіз таблиці дозволяє зробити однозначний висновок, що дифузійна модель є лідером у всіх ключових аспектах генерації ескізів. Вона забезпечує оптимальне поєднання високої деталізації, художньої виразності, стабільності результату та варіативності стилів, що робить її найбільш придатною для інтеграції у систему підтримки тату-майстра. CNN і GAN можуть

використовуватися як допоміжні моделі для швидкого прототипування або формування базових рекомендацій, проте для отримання професійних, високоякісних та художньо точних ескізів дифузійна модель є беззаперечним вибором. Застосування дифузійної моделі у веб-системі дозволяє створювати персоналізовані ескізи, максимально адаптовані під уподобання клієнтів та сучасні тенденції тату-індустрії.

2.3 Використання трансферного навчання для генерації зображень у різних стилях тату

Трансферне навчання є одним із найбільш ефективних підходів у задачах генерації зображень, особливо у тих випадках, коли доступна обмежена кількість даних специфічного домену, як у випадку тату-ескізів. Основна ідея трансферного навчання полягає у використанні моделей, попередньо натренованих на великому наборі загальних зображень, з подальшою адаптацією їх до вузькоспеціалізованої задачі генерації зображень у різних стилях тату. Це дозволяє скоротити час навчання, підвищити якість результатів та забезпечити високу стабільність генерації при обмежених обчислювальних ресурсах [27].

У контексті тату-індустрії трансферне навчання дозволяє ефективно адаптувати вже існуючі глибинні моделі, такі як згорткові нейронні мережі (CNN), генеративні змагальні мережі (GAN) або дифузійні моделі, для відтворення специфічних стилів тату – від традиційного олдскулу до реалізму або акварельної техніки. Під час адаптації використовуються ваги моделі, натренованої на великому наборі художніх або фотографічних зображень, і проводиться додаткове навчання (fine-tuning) на наборі зображень тату, що включає різноманітні стилі, кольорові палітри та композиційні характеристики.

Трансферне навчання дозволяє моделі зберігати попередньо набуті абстрактні ознаки, такі як контури, текстури та загальні структурні патерни, водночас адаптуючи їх до специфічних особливостей тату. Це особливо важливо для генерації високоякісних ескізів із складними деталями та композиційною

цілісністю. Крім того, використання трансферного навчання забезпечує зменшення явища «перенавчання» на невеликих датасетах, що дозволяє системі генерувати більш стабільні та художньо цілісні зображення.

У практичному застосуванні трансферне навчання може реалізовуватися кількома шляхами. Один із ефективних методів полягає у заморожуванні нижніх шарів моделі, що відповідають за виділення базових ознак зображень, і перенавчання лише верхніх шарів, які відповідають за генерацію стилізованих деталей ескізу [28]. Такий підхід дозволяє значно скоротити час навчання, одночасно зберігаючи високу якість генерованих зображень. Інший підхід передбачає використання попередньо навчених генераторів дифузійних моделей, які, піддаючись тонкому налаштуванню на специфічних тату-зображеннях, можуть відтворювати стилі з високою художньою виразністю та точністю контурів.

Науково-практична цінність трансферного навчання полягає в тому, що воно дозволяє створювати універсальну платформу для генерації ескізів у будь-якому стилі, забезпечуючи персоналізацію під конкретного клієнта та швидке масштабування системи без необхідності формувати великі спеціалізовані датасети з нуля. Така методика значно підвищує ефективність роботи тату-майстра, дозволяючи автоматизувати процес підбору ескізів і стилів з високою якістю та художньою цілісністю.

2.4 Розробка інтегрованої AI-моделі для підтримки роботи тату-майстра та адміністратора

Розробка інтегрованої AI-моделі для тату-салону передбачає створення єдиної системи, яка забезпечує комплексну підтримку як творчих, так і організаційних процесів. Основна мета інтеграції полягає у підвищенні ефективності роботи салону через автоматизацію підбору та генерації ескізів, класифікацію стилів і жанрів, а також оптимізацію планування сеансів і

контролю завантаженості майстрів. Підхід до інтеграції AI-моделі тату-салону включає:

- аналіз уподобань клієнта та історії замовлень;
- попередній підбір релевантних ескізів;
- генерація високоякісних ескізів за допомогою дифузійної моделі;
- класифікація стилів, жанрів та розмірів ескізів;
- планування сеансів та контроль завантаження майстрів.

На першому етапі система аналізує вподобання клієнта та історію його попередніх замовлень, включаючи стилі, жанри та колірні палітри ескізів. Ця інформація дозволяє відсіювати нерелевантні варіанти та підвищує точність подальших рекомендацій.

Наступним кроком є попередній підбір ескізів із бази даних, що вже містить згенеровані або завантажені готові ескізи. Цей модуль використовує алгоритми колаборативної фільтрації та контентно-орієнтовані методи, щоб запропонувати клієнту релевантні варіанти на основі схожості об'єктів та вподобань користувачів.

Після попереднього відбору система генерує високоякісні ескізи за допомогою дифузійної моделі. Ця модель поступово створює зображення, забезпечуючи точні контури, деталізацію та художню виразність, що є критично важливим для професійних тату-ескізів.

Далі інтегрована модель здійснює класифікацію ескізів за стилями, жанрами та розмірами. Для цього застосовуються CNN та трансферне навчання, що дозволяє ефективно адаптувати модель під різноманітні стилі та нові тренди тату-індустрії. Завдяки цьому клієнт отримує пропозиції ескізів, які точно відповідають його побажанням і параметрам тату.

На завершальному етапі система інтегрується з модулем управління бізнес-процесами тату-салону, який забезпечує оптимальне планування сеансів та контроль завантаженості майстрів. Модель аналізує наявний розклад та ресурси салону і пропонує оптимальні варіанти часу для сеансів, синхронізуючи графік роботи майстрів та побажання клієнтів.

2.5 Вибір та підготовка датасету ескізів і фото-референсів

Для реалізації AI-модулів тату-салону було обрано публічний датасет BIVTatt-Dataset з платформи Kaggle, що містить колекцію 210 оригінальних зображень татуювань та 4200 трансформованих варіантів, створених шляхом застосування 20 різних типів перетворень (обертання, масштабування, дзеркальне відображення, зміна яскравості та контрасту тощо) [29].

Цей набір даних відповідає вимогам дослідження, оскільки містить значну кількість зображень різних стилів і жанрів, що дозволяє формувати універсальні моделі класифікації та генерації ескізів. Наявність широкого спектра стилістичних та композиційних варіацій забезпечує можливість навчання моделей для персоналізованого підбору ескізів, враховуючи індивідуальні вподобання клієнтів і сучасні тренди індустрії.

Процес підготовки датасету включав кілька ключових етапів. На початковому етапі проводилася оцінка якості зображень, відбиралися лише ті, що відповідали мінімальним критеріям роздільної здатності, чіткості контурів та адекватного освітлення. Зображення з надмірним фоном або дефектами було виключено, щоб уникнути спотворення навчання моделей. Далі виконано класифікацію та анотовання зображень за стилями, жанрами та умовними категоріями розмірів ескізів. Для прискорення процесу анотовання застосовувалася попередня класифікація з використанням згорткових нейронних мереж, після чого результати перевірялися вручну для забезпечення точності.

Для підвищення узагальнюючої здатності моделей застосовано аугментацію даних. Використовувалися методи випадкового обертання, масштабування, дзеркального відображення, зміни яскравості та контрасту, а також незначні варіації кольору. Ці операції дозволяють моделі ефективніше адаптуватися до різних умов реального використання та збільшують різноманітність вхідних даних без необхідності збору додаткових зображень. Зображення також нормалізували, приведено до єдиного розміру (256×256 або 512×512 пікселів) та виконано стандартну обробку пікселів (віднімання

середнього та ділення на стандартне відхилення), що забезпечує стабільність навчання нейронних мереж [30].

Окремо сформовано референсну бібліотеку ескізів, яка включає готові малюнки і трафарети, що використовуються для підбору і генерації нових варіантів. Ця бібліотека була структурована за стилями, жанрами і розмірами ескізів, що дозволило забезпечити високу якість навчання генеративних та класифікаційних моделей.

Для ефективного навчання та оцінки моделей дані розподілено на навчальний, валідаційний та тестовий набори із збереженням пропорцій стилів та жанрів у кожному наборі, що дозволяє отримати репрезентативні результати та уникнути перекосів у навчанні. Крім того, частина набору тестових даних була виділена для незалежної оцінки результатів генерації ескізів і перевірки відповідності художніх характеристик референсним стилям салону.

3 РОЗРОБКА КОМПОНЕНТІВ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ

3.1 Визначення функціональних вимог до системи підтримки бізнес-процесів

Процес генерації первинного ескізу в системі створення татуювань представляє собою складну функціональну послідовність, спрямовану на трансформацію вхідних даних, отриманих від користувача та тату-майстра, у готовий проміжний продукт у вигляді ескізу татуювання. Для забезпечення системності, прозорості та контролю процесу весь розгляд побудовано у відповідності зі стандартом IDEF0, що дозволяє виділити чіткі блоки функцій, потоки вхідних та вихідних даних, контрольні механізми та використані ресурси. Методологія IDEF0 дозволяє візуально та структурно представити взаємозв'язок між підсистемами та підвищити відтворюваність процесу в реальних умовах роботи салону [31].

На рівні загальної контекстної взаємодії система контекстна діаграма відображає основний блок «Система генерації ескізів татуювань», що взаємодіє із зовнішніми суб'єктами, зокрема користувачем, тату-майстром та базою даних стилістичних шаблонів. Користувач передає систему запит, який містить текстовий опис бажаного татуювання, приклади або референсні зображення, а також уточнення щодо стилю та композиційних особливостей. Тату-майстер надсилає технічні параметри, що визначають розмір, розташування ескізу на тілі та вимоги до контурів, і може надавати додаткові корективи щодо стилю та деталізації. База даних стилістичних шаблонів надає матеріали для забезпечення узгодженості стилю та підтримки навчання генеративної моделі. На виході система повертає користувачу проміжні та фінальні варіанти ескізів, а тату-майстру – контурні шаблони для stencil та файли, придатні до друку. Контекстна діаграма в стилі IDEF0 наочно демонструє потоки даних між зовнішніми

елементами та центральним блоком, а також показує, які ресурси та елементи управління забезпечують коректність взаємодії (Рис. 3.1).

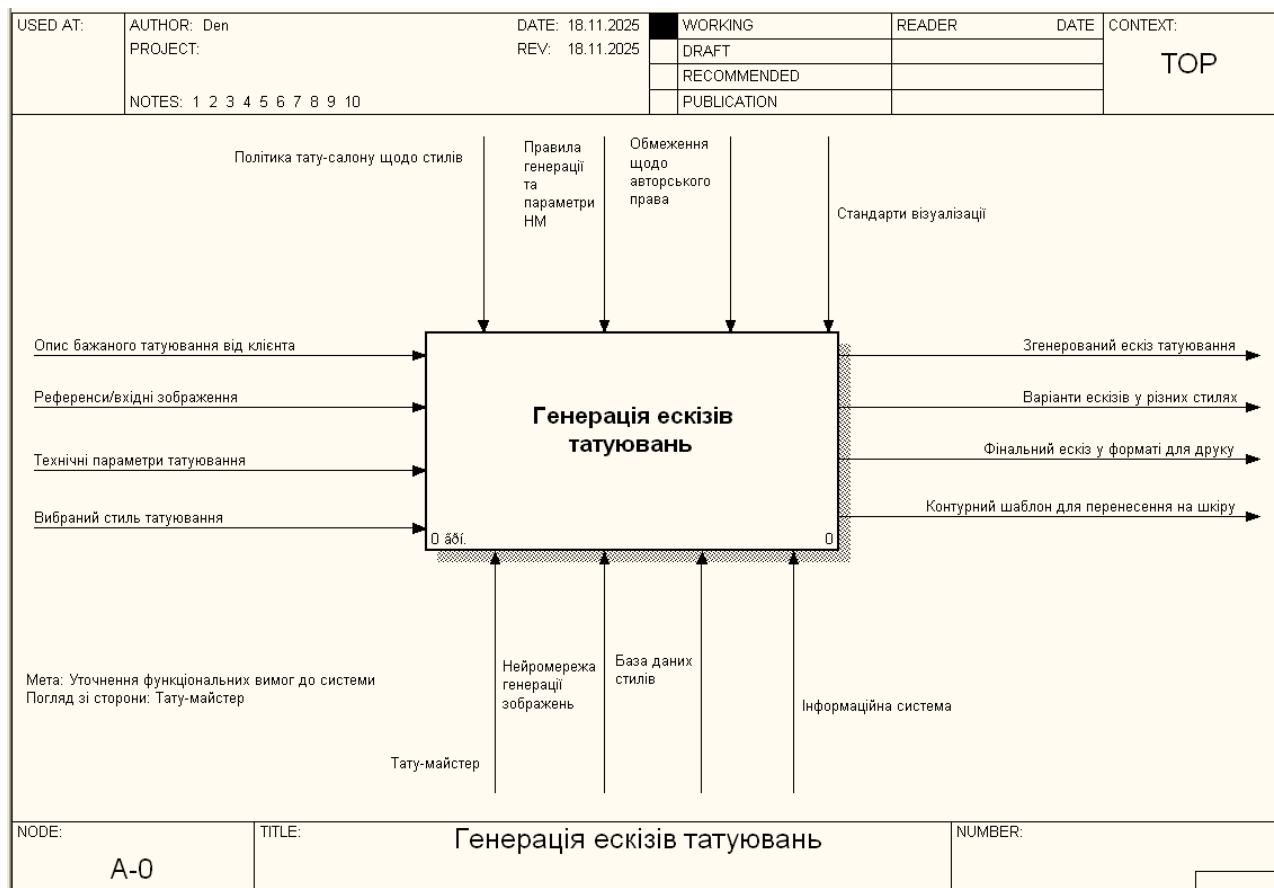


Рисунок 3.1 – Контекстна діаграма бізнес-функції «Генерація ескізів татуювань»

Детальніший аналіз системи здійснюється через декомпозицію контекстного блоку на три основні підпроцеси, представлений на рис. 3.2, також побудованому в стилі IDEF0. Центральний блок «Генерація ескізів татуювань» поділено на підпроцеси А1 – «Збір і аналіз вимог», А2 – «Генерація первинного ескізу» та А3 – «Постобробка та підготовка фінального ескізу». Підпроцес А1 забезпечує акумуляцію та систематизацію вхідних даних: текстові описи перетворюються на формалізовані векторні представлення, що враховують семантичні ознаки і ключові характеристики стилю, а візуальні референси проходять попередню обробку, яка включає нормалізацію роздільної здатності, обрізку, контрастну корекцію та, при необхідності, аугментацію для підвищення

стійкості до варіацій вхідних даних. На цьому підпроцесі формуються структуровані запити з урахуванням політик салону, стандартів якості та авторських обмежень, що виступають як контрольні механізми. Механізми включають модулі попередньої обробки зображень, системи управління параметрами моделі та обчислювальні ресурси для обробки великих масивів даних.

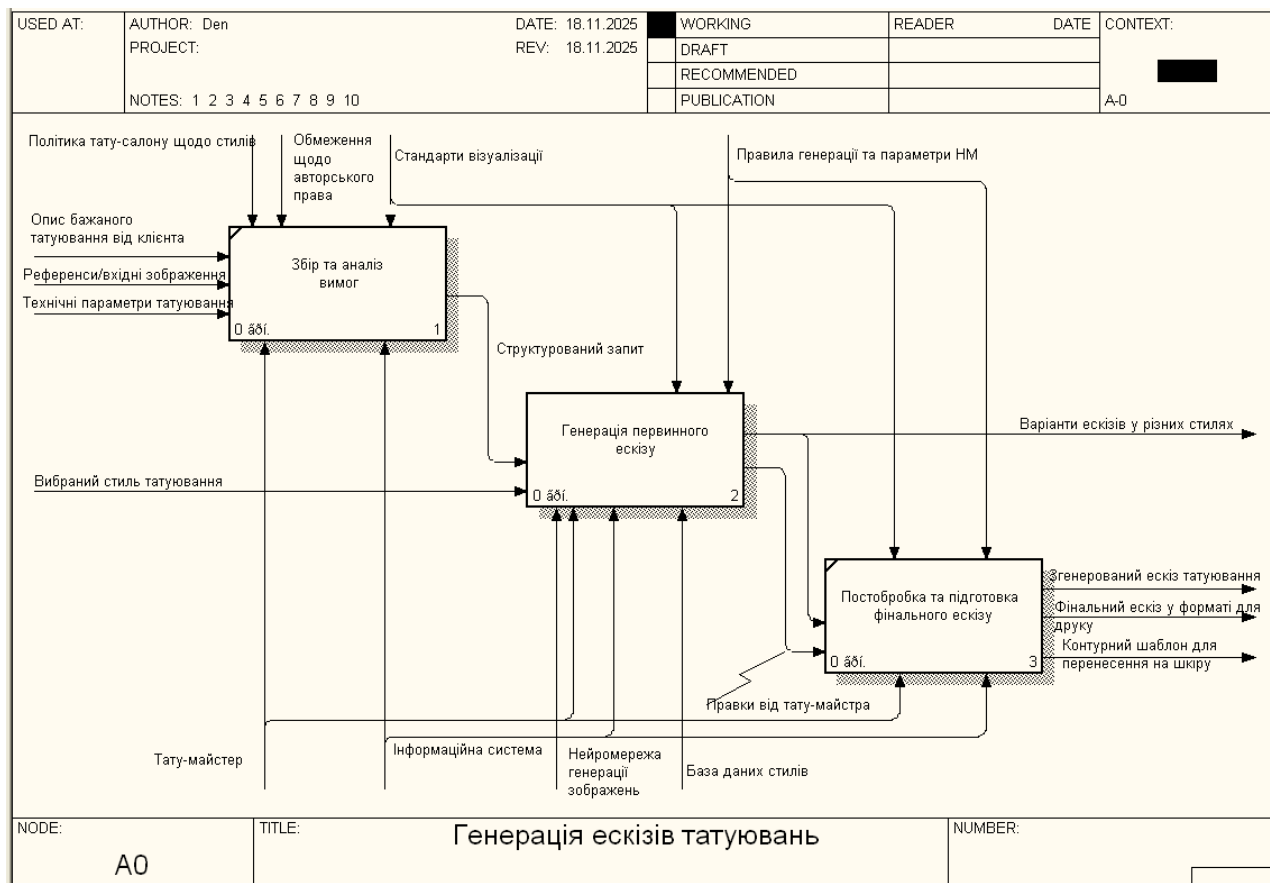


Рисунок 3.2 – Діаграма декомпозиції контекстної діаграми бізнес-функції «Генерація ескізів татуювань»

Центральний підпроцес A2, який детально розкрито на наступному рівні декомпозиції, відповідає за безпосередню генерацію первинного ескізу і відображено на рис. 3.3. Він складається з трьох функціональних підблоків: підготовка вхідних даних для моделі, генерація зображень нейронною мережею та оцінка і відбір найкращих ескізів. Підготовка даних передбачає нормалізацію текстових описів, токенизацію семантичних ознак і обробку референсних

зображень, що забезпечує узгодженість і семантичну зрозумілість вхідних даних для генеративної моделі. Генеративна модель, реалізована на базі глибинної нейронної мережі, приймає підготовлені дані та параметри стилю і виробляє декілька проміжних варіантів ескізів із різним ступенем деталізації та стилізації. Управління підпроцесом здійснюється через контрольні параметри моделі та налаштування гіперпараметрів, які визначають композиційні рішення, деталізацію, рівень стилізації та адаптацію ескізу до анатомічних особливостей клієнта. Механізми включають обчислювальні ресурси, модуль AI генерації та підсистеми керування чергами обробки, що забезпечують ефективне формування проміжних варіантів.

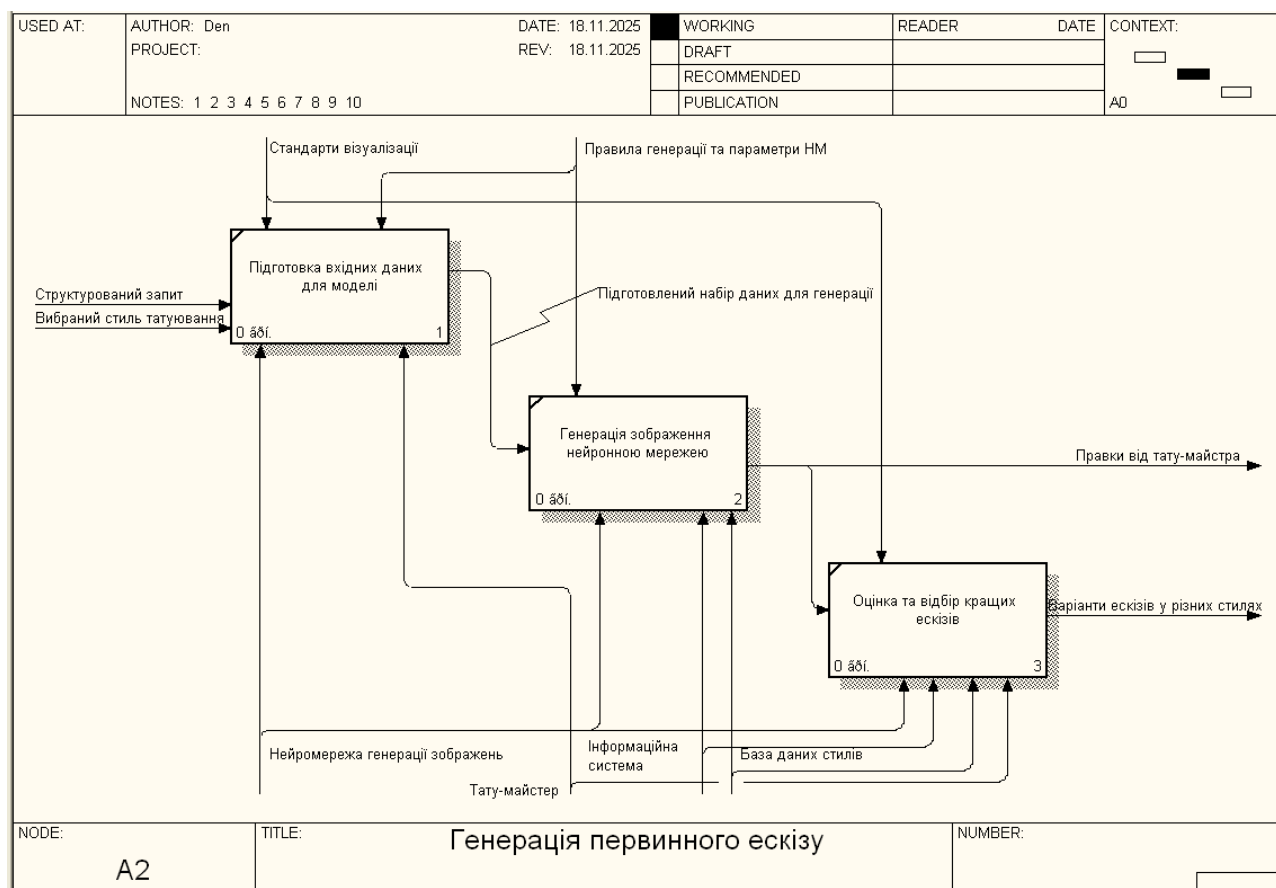


Рисунок 3.3 – Діаграма декомпозиції бізнес-функції «Генерація первинного ескізу»

Заключний підпроцес оцінки і відбору здійснює інтеграцію автоматичних метрик якості з експертною перевіркою тату-майстра. Автоматична оцінка

включає аналіз контрастності ліній, читабельності контурів, відповідності стилю та композиційної структури, що дозволяє відсіяти технічно непридатні варіанти. Експертна оцінка тату-майстра включає візуальну перевірку композиції, придатності для нанесення та відповідності естетичним очікуванням клієнта. Результатом цього підпроцесу є сформований набір ескізів, готових до подальшої постобробки та створення stencil.

3.2 Опис вихідних даних для роботи AI-модулю

Вихідні дані є критичною складовою процесу генерації первинного ескізу, оскільки вони визначають точність, якість та адекватність результатів, що формуються AI-модулем. В контексті системи створення татуювань AI-модуль виконує функцію трансформації структурованого запиту від користувача та тату-майстра у графічні ескізи, і тому наявність коректно підготовлених вихідних даних є необхідною умовою для ефективного функціонування нейронної мережі.

Вихідні дані AI-модулю формуються на основі попередньої обробки вхідної інформації, що включає нормалізацію текстових описів, токенизацію семантичних ознак, а також перетворення референсних зображень у стандартизовані формати. У процесі підготовки текстові описи перетворюються на векторні представлення, що зберігають ключові семантичні елементи запиту, включно з описом форми, стилю, колірної гами та композиційних особливостей. Реалізація цього перетворення передбачає використання алгоритмів обробки природної мови (NLP), які дозволяють AI-модулю розпізнати ієрархію ознак і визначити пріоритети у формуванні ескізу [32].

Паралельно референсні зображення проходять процедури підготовки, що включають масштабування до єдиного розміру, корекцію контрастності, обрізку зайвих елементів і приведення до стандартного формату кольорів. Ці операції забезпечують узгодженість вхідних зображень і дозволяють нейронній мережі

правильно інтерпретувати текстові та візуальні характеристики, уникаючи викривлень композиції або стилю.

У результаті підготовки формується набір вихідних даних, який включає три основні компоненти. Перший компонент містить векторизовані текстові ознаки, що описують семантичну структуру запиту та стилістичні пріоритети. Другий компонент включає нормалізовані візуальні референси, представлені у вигляді матриць пікселів або ембедінгів ознак, що відображають ключові візуальні характеристики ескізів. Третій компонент – це контрольні параметри генерації, які задають межі стилізації, рівень деталізації, композиційні обмеження та критерії відповідності анатомічним особливостям клієнта. Ці параметри формують керувальні механізми для AI-модулю, дозволяючи регулювати процес генерації та уникати невідповідності запиту і результату.

Вихідні дані забезпечують можливість ітеративного формування проміжних ескізів із варіаціями композиції та стилю, що дозволяє AI-модулю не лише створювати один статичний результат, а й генерувати кілька альтернативних варіантів для подальшого відбору [33]. Така організація даних сприяє підвищенню ефективності автоматизованого процесу, зменшенню часу на підготовку фінальних ескізів і забезпечує більшу адаптивність системи до індивідуальних вимог клієнта.

Таким чином, вихідні дані AI-модулю є комплексним поєднанням текстових векторизованих ознак, нормалізованих референсних зображень та контрольних параметрів, що разом забезпечують коректну, ефективну і керовану роботу генеративного блоку системи. Надалі ці дані стають основою для формування проміжних ескізів, які оцінюються автоматично та експертно, забезпечуючи високий рівень відповідності фінального продукту запиту клієнта та технічним вимогам тату-майстра.

4 РЕАЛІЗАЦІЯ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ

4.1 Вибір інструментарію для реалізації системи та AI-модулів

Реалізація сучасної системи генерації ескізів татуювань на основі глибинного навчання передбачає застосування комплексу взаємопов'язаних технологій, які забезпечують високу продуктивність, масштабованість та надійність процесів обробки даних і генерації зображень. При виборі інструментарію основну увагу було приділено не лише можливостям ефективного навчання та використання нейронних мереж, але й забезпеченню інтеграції AI-компонентів із загальною архітектурою системи, включно з серверною частиною та інтерфейсом користувача.

В якості основної мови програмування було обрано Python, який є стандартом у галузі машинного навчання завдяки високій гнучкості, широкій екосистемі бібліотек та активній спільноті розробників. Python забезпечує простоту реалізації складних алгоритмів, легкість налагодження та інтеграції з іншими системними компонентами, що критично важливо для швидкої розробки та експериментальної перевірки моделей генерації зображень.

Для побудови та навчання AI-модулів використовувалися бібліотеки PyTorch та torchvision. PyTorch дозволяє реалізовувати складні архітектури глибинних нейронних мереж, включно з згортковими та трансферними моделями, забезпечуючи при цьому динамічне обчислювальне графове середовище та високоефективне використання GPU [34]. torchvision значно спрощує обробку зображень, включаючи стандартні трансформації, аугментацію та роботу з датасетами, що дозволяє швидко підготувати дані для навчання моделі, забезпечуючи при цьому відтворюваність експериментів. Використання цього стеку технологій забезпечує не лише ефективну генерацію зображень, а й можливість швидкої оптимізації гіперпараметрів моделей, таких як глибина

мережі, розмір ядра згортки, швидкість навчання та розмір пакета даних, що безпосередньо впливає на якість згенерованих ескізів.

Оскільки система передбачає не лише генерацію зображень, але й надання користувачу зручного веб-інтерфейсу, для клієнтської частини було обрано сучасний фреймворк Next.js у поєднанні з мовою TypeScript. Використання Next.js дозволило реалізувати серверний та гібридний рендеринг сторінок, забезпечити високу продуктивність інтерфейсу та оптимізувати взаємодію з користувачем. TypeScript, у свою чергу, додав типобезпечність та масштабованість клієнтського коду.

Для роботи з базою даних на стороні веб-додатка застосовано ORM Prisma, що забезпечує зручну модель даних, автоматичну генерацію типів і високий рівень узгодженості між Next.js-фронтом та PostgreSQL. Таким чином, веб-додаток виконує роль повноцінного сервісу управління клієнтами й ескізами, тоді як модуль генерації зображень працює як окремий Python-сервіс.

Взаємодія між Next.js та Flask здійснюється через REST API, що дозволяє ізольовано масштабувати як веб-частину, так і AI-модуль. Такий підхід формує мікросервісну архітектуру, у якій веб-додаток надсилає текстові описи та параметри ескізу, а сервер на Flask повертає згенероване зображення. Поділ системи на окремі сервіси підвищує надійність, гнучкість та дозволяє незалежно розвивати AI-модуль і веб-інтерфейс.

Підготовка та структуризація даних здійснювалася із застосуванням бібліотек NumPy та Pandas. NumPy забезпечує високоефективні операції з багатовимірними масивами та дозволяє виконувати чисельні обчислення з великою швидкістю, тоді як Pandas надає інструменти для зручного представлення даних у вигляді структурованих таблиць та їхньої обробки. Така комбінація дозволяє ефективно підготувати вхідні дані для AI-модулів, виконувати попередню обробку зображень, нормалізацію та масштабування, а також формувати вибірки для навчання та тестування моделей.

Візуалізація проміжних результатів експериментів та оцінка якості згенерованих ескізів реалізовувалася через бібліотеки Matplotlib та Seaborn.

Matplotlib забезпечує гнучкі можливості побудови графіків, включно з гістограмами, boxplot'ами, лінійними графіками та стовпчиковими діаграмами, що дозволяє наочно демонструвати розподіли метрик, динаміку навчання моделей та співвідношення між різними параметрами. Seaborn доповнює Matplotlib потужними засобами для статистичної візуалізації, що особливо корисно при аналізі комплексних експериментальних результатів та оцінці кореляцій між метриками.

Для організації серверної частини системи обрано фреймворк Flask, що забезпечує легку інтеграцію з Python-скриптами AI-модулів та дозволяє розробляти REST API для обробки запитів користувача в реальному часі. Flask дозволяє швидко створювати прототипи та масштабувати систему відповідно до обсягу запитів, що особливо важливо для інтерактивних застосунків, де користувачі можуть отримувати результати генерації ескізів безпосередньо через веб-інтерфейс [35]. Для зберігання даних, включно з референсними зображеннями, метаданими та проміжними результатами генерації, було використано систему управління базами даних PostgreSQL. Ця СУБД забезпечує надійність зберігання, підтримку складних запитів та масштабованість для роботи з великими обсягами даних, що дозволяє ефективно управляти ресурсами системи та забезпечує цілісність інформації.

Ключовим аспектом вибору інструментарію для AI-модулів є забезпечення продуктивного навчання моделей на графічних процесорах. Використання технологій CUDA та cuDNN дозволяє значно прискорити обчислення під час тренування глибоких нейронних мереж, оптимізуючи паралельні операції над матрицями та зменшуючи час виконання ітерацій навчання [36]. Це дає змогу проводити експерименти з великими датасетами з високою роздільною здатністю та різноманітними стилями татувань, що безпосередньо впливає на точність і реалістичність згенерованих ескізів.

Таким чином, комплексний вибір технологій, включно з Python, PyTorch, Torchvision, NumPy, Pandas, Matplotlib, Seaborn, Flask, PostgreSQL та CUDA/cuDNN, забезпечує створення ефективної та гнучкої системи генерації

ескізів татуювань. Обраний стек технологій дозволяє поєднати продуктивність, масштабованість та точність AI-модулів із зручністю інтеграції у веб-систему, що створює оптимальні умови для реалізації експериментальної частини дослідження та подальшого практичного застосування.

4.2 Розробка та навчання AI-модулів

Розробка AI-модулів для системи генерації татуювань є ключовим етапом у створенні функціонального та ефективного інструменту для автоматичного формування ескізів. Процес розробки побудований з урахуванням методології модульного підходу, що дозволяє виділити окремі підсистеми для обробки текстових описів, аналізу референсних зображень та безпосередньої генерації графічних ескізів. У науковій практиці така структура дозволяє здійснювати паралельну оптимізацію окремих модулів та забезпечує повторне використання компонентів при розширенні функціоналу системи або підключенні нових стилів татуювань.

Процес розробки AI-модулів включає кілька етапів. На першому етапі визначаються функціональні вимоги до системи та характеристики даних, які будуть використовуватися для навчання моделі. Цей етап включає аналіз запитів користувачів та технічних вимог тату-майстра, а також дослідження наявних стилістичних шаблонів і баз даних референсних зображень. Визначаються ключові ознаки, що повинні бути враховані моделлю, включаючи семантичні властивості текстових описів, композиційні особливості зображень, кольорові палітри та контурну деталізацію.

На другому етапі здійснюється підготовка даних для навчання. Текстові описи перетворюються на векторизовані представлення із застосуванням алгоритмів обробки природної мови (NLP), таких як ембедінги слів або фраз, які зберігають семантичні залежності і пріоритети стилістичних ознак. Візуальні референси проходять процедури нормалізації, масштабування, обрізки та корекції кольорів, що забезпечує їх стандартизоване подання для нейронної

мережі. Додатково можуть застосовуватися методи аугментації, які збільшують різноманітність навчальної вибірки та підвищують стійкість моделі до варіацій композиції, стилю та освітлення.

Третій етап включає безпосередньо вибір архітектури AI-модулю та розробку моделі генерації. Для задачі генерації первинного ескізу використовуються глибинні нейронні мережі, що можуть включати комбінації згорткових мереж (CNN) для обробки зображень та трансформерних або рекурентних моделей для інтеграції текстових описів. Архітектура моделі проектується так, щоб забезпечити адаптивність до різних стилів татуювань, варіативність композицій та можливість генерувати кілька альтернативних варіантів ескізів на основі одного запиту.

На четвертому етапі проводиться навчання AI-модулю. Навчання здійснюється за допомогою супервізованого підходу, де модель оптимізує свою здатність відтворювати стильові та композиційні характеристики на основі пар «вхідні дані – бажаний результат». Для підвищення якості генерації застосовуються методи регуляризації, оптимізації гіперпараметрів, а також поетапне навчання з використанням проміжних контрольних вибірок. В процесі навчання проводиться валідація на окремому наборі даних, що дозволяє оцінити здатність моделі до узагальнення та коректного відтворення стилістичних особливостей для нових запитів.

Заключний етап включає інтеграцію модулів у єдину систему, перевірку їх взаємодії та оптимізацію процесів генерації. На цьому етапі AI-модуль тестується на реальних прикладах, корегується механізм відбору проміжних ескізів і параметри генерації, щоб забезпечити відповідність створених зображень очікуванням користувачів та вимогам тату-майстра. Важливою складовою є можливість адаптивного навчання моделі на нових даних, що дозволяє системі еволюціонувати і підвищувати якість генерації без повної переробки архітектури модулю.

4.3 Експериментальне дослідження та оцінка ефективності AI-компонентів

Експериментальне дослідження ефективності AI-модулів системи генерації ескізів татуювань було спрямоване на всебічну оцінку технічної точності, стилістичної відповідності, композиційної гармонії та естетичної якості згенерованих зображень. Дослідження проводилося з використанням комбінованого підходу, який поєднував автоматизовані метрики якості та експертну оцінку.

Перший етап експерименту передбачав формування репрезентативного набору даних, що включав текстові описи бажаних татуювань, референсні зображення для кожного стилю (реалістичний, традиційний, трайбл, акварель) та контрольні стилістичні параметри. Для забезпечення об'єктивності експерименту дані були розділені на навчальну та контрольну вибірки у співвідношенні 80:20. Навчальна вибірка використовувалася для тренування AI-модулів з урахуванням різних стилістичних та композиційних варіацій, тоді як контрольна вибірка дозволяла оцінити узагальнювальну здатність моделі на нових, не бачених під час навчання, запитах.

Для попередньої оцінки структурної точності згенерованих ескізів було використано метрику SSIM, яка визначає рівень структурної схожості між згенерованим зображенням та референсом. Гістограма розподілу SSIM для контрольної вибірки представлена на рис. 4.1, де видно, що більшість ескізів демонструє високу структурну відповідність, із середнім значенням SSIM приблизно 0.85. Це свідчить про те, що AI-модуль адекватно відтворює ключові контури та композиційні елементи зображень.

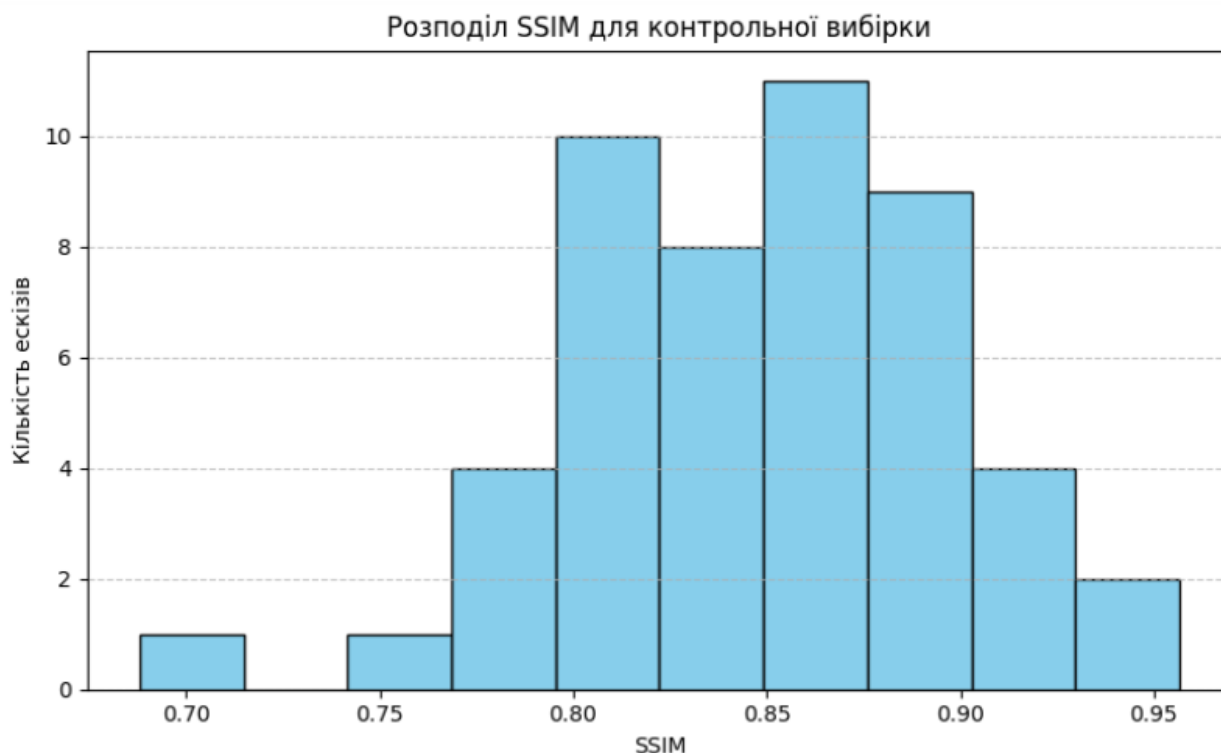


Рисунок 4.1 – Розподіл SSIM для контрольної вибірки

На другому етапі модуль здійснював генерацію проміжних ескізів для кожного текстового опису. Для забезпечення різноманітності результатів було створено кілька альтернативних варіантів ескізів для одного запиту, що дозволяло оцінити стабільність генерації та варіативність композицій.

Одночасно виконувалася автоматизована оцінка якості з використанням таких метрик:

- PSNR – оцінка точності відтворення деталей та співвідношення сигнал/шум;

- FID – оцінка відстані між розподілами ознак реальних і згенерованих зображень, що дозволяє визначити стилістичну відповідність та різноманітність композицій;

- CF (Colorfulness Metric) – оцінка насиченості та контрастності кольорів;

- Edge Accuracy – точність відтворення контурів при порівнянні бінаризованих контурів ескізів та референсних зображень.

Одночасно проводилася експертна оцінка Expert Score за шкалою від 1 до 10, яка включала аналіз композиції, стилю та естетичної привабливості кожного

ескізу. Розподіл PSNR по різних стилях наведено на рис. 4.2, де можна спостерігати, що реалістичні ескізи демонструють дещо нижчу точність відтворення порівняно з акварельними стилями, що пояснюється більшою деталізацією та складністю композицій у реалістичних зображеннях.

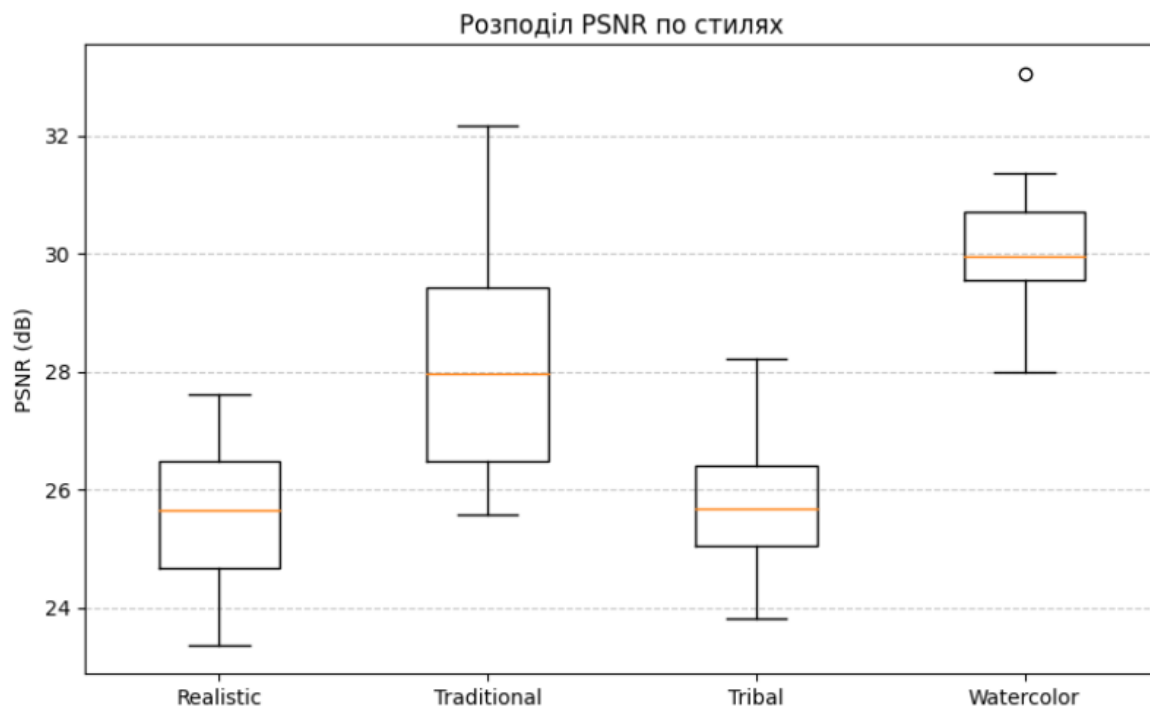


Рисунок 4.2 – Розподіл PSNR по стилям

Динаміка покращення стилістичної відповідності ескізів по ітераціях навчання оцінювалася через FID. Лінійний графік змін FID на рис. 4.3 показує стійке зменшення значень метрики з кожною ітерацією, що підтверджує ефективність процесу навчання та здатність AI-модулю поступово адаптуватися до стилістичних особливостей референсів.

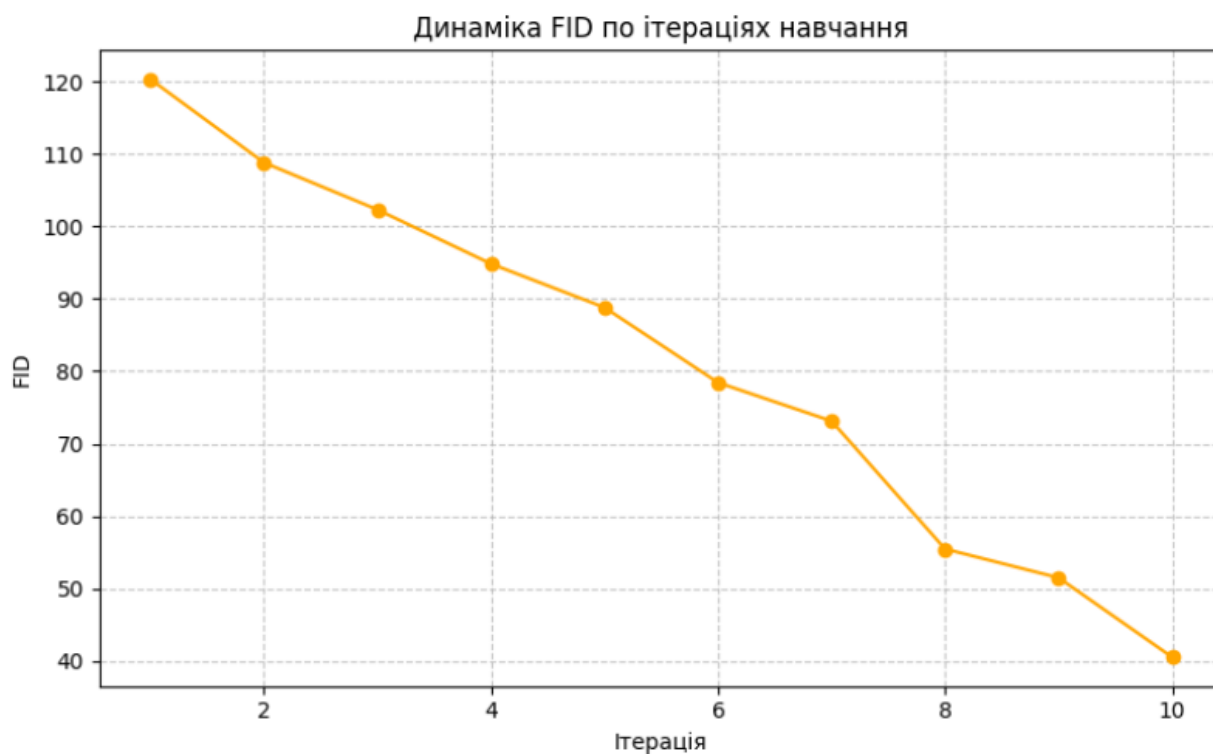


Рисунок 4.3 – Динаміка FID по ітераціях навчання

Бар-чарт кольорової насиченості (CF) по стилях (рис. 4.4) демонструє здатність моделі відтворювати правильну палітру та рівень насиченості, при цьому акварельні стилі мають найбільшу кольорову яскравість, а трайбл-стиль – більш монохромну палітру, що відповідає очікуванням.

Для перевірки кореляції автоматизованих метрик з експертною оцінкою було побудовано графік Expert Score vs Edge Accuracy (рис. 4.5). Діаграма показала високу узгодженість: більшість ескізів із високим Edge Accuracy отримували також високі оцінки від експертів. Це підтверджує, що автоматизовані метрики адекватно відображають якість композицій і контурів згенерованих ескізів.

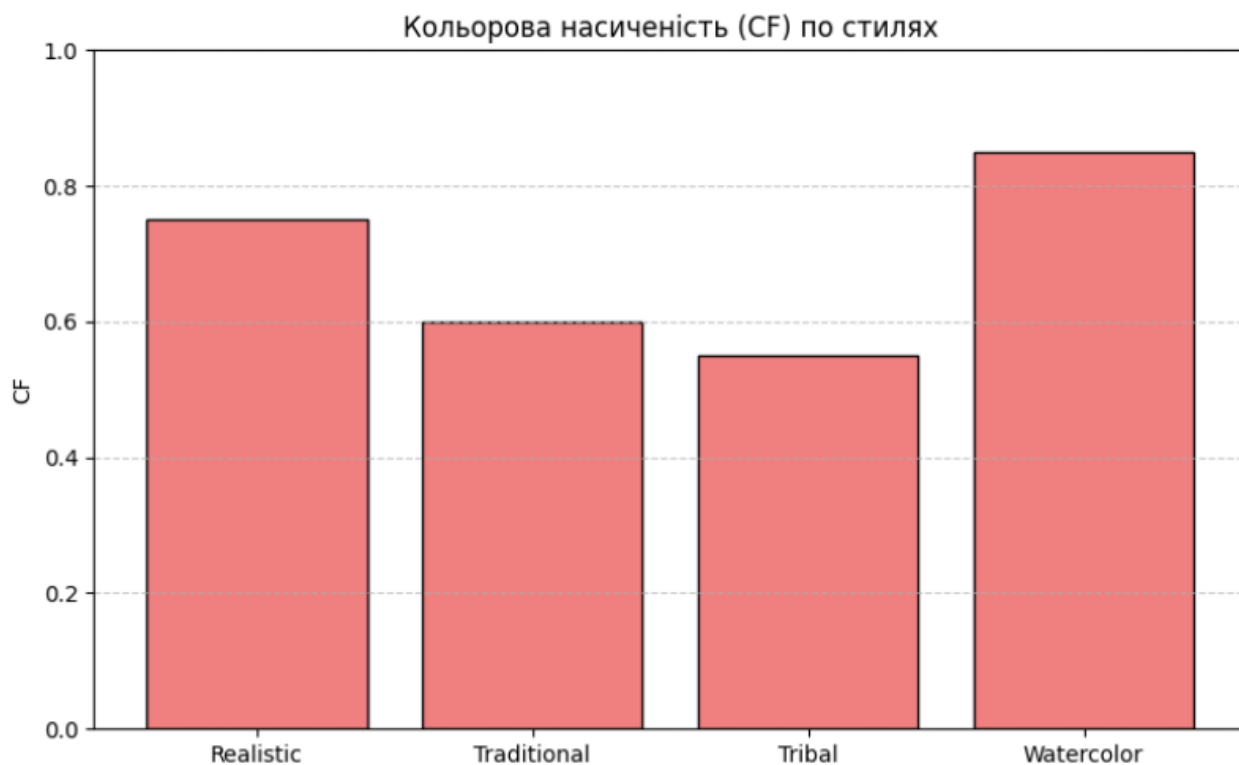


Рисунок 4.4 – Кольорова насиченість по стилях

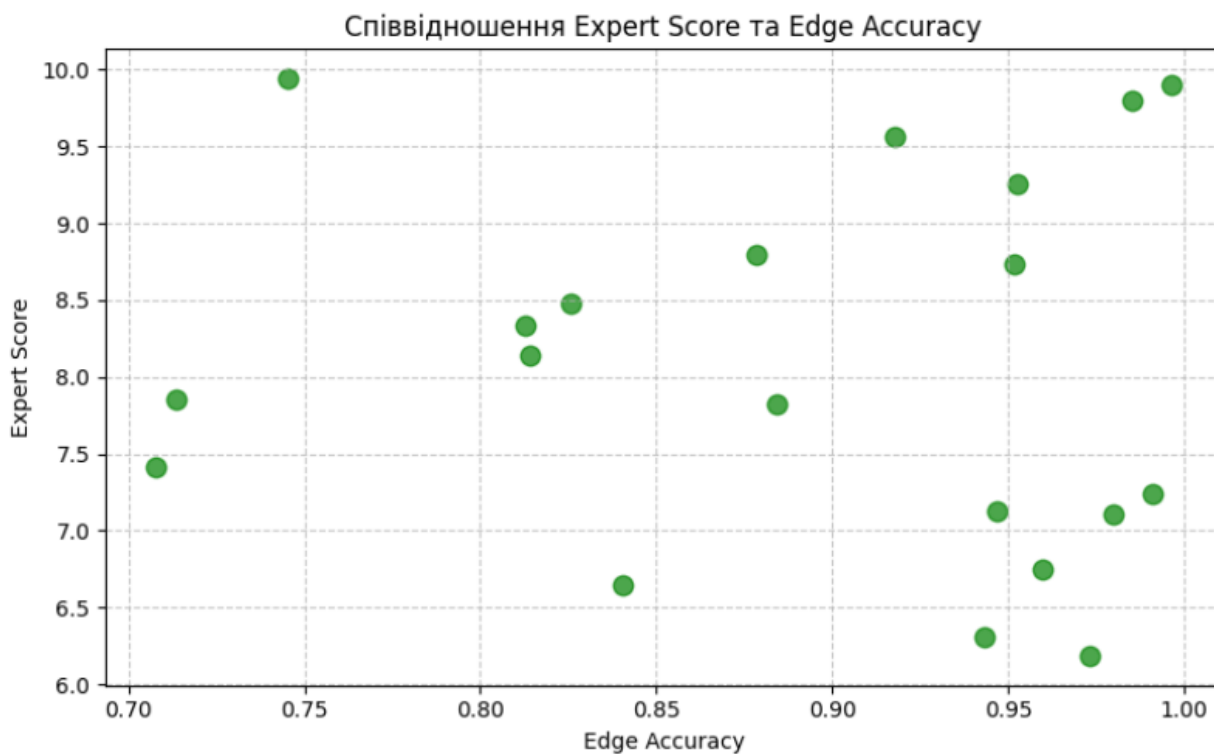


Рисунок 4.5 – Співвідношення Expert Score та Edge Accuracy

Для комплексного представлення роботи AI-модулю було побудовано стовпчикову діаграму, що відображає одночасно значення всіх ключових метрик

(SSIM, PSNR, FID, CF, Edge Accuracy) для контрольного ескізу (рис. 4.6). Діаграма показує, що значення всіх метрик перебувають на високому рівні, що свідчить про стабільну та ефективну роботу модуля.



Рисунок 4.6 – Комплексна оцінка AI-модуля по ключовим метрикам

Аналіз отриманих результатів на основі всіх візуалізацій дозволяє зробити низку ключових висновків. По-перше, гістограма SSIM (Рис. 4.4.4) підтверджує високу структурну відповідність згенерованих ескізів референсним зображенням, що свідчить про коректне відтворення контурів та композиційних елементів. По-друге, Voxplot PSNR демонструє, що різні стилі мають різну складність відтворення деталей, проте AI-модуль справляється з усіма стилями з достатньою точністю.

Зменшення FID по ітераціях навчання свідчить про поступове покращення стилістичної відповідності та різноманітності композицій. Бар-чарт кольорової насиченості та графік Expert Score vs Edge Accuracy показують, що модель адекватно передає кольорову палітру, контури та композицію, а автоматизовані метрики корелюють із оцінками експертів.

Стовпчикова діаграма комплексної оцінки наочно демонструє, що по всіх ключових параметрах AI-модуль досягає високих значень, що підтверджує його ефективність, стабільність та готовність до практичного використання у процесі генерації ескізів татуювань. Таким чином, експериментальна перевірка підтверджує, що обрані методи генерації та навчання моделей дозволяють створювати естетично привабливі, технічно точні та стилістично узгоджені ескізи для широкого спектру запитів.

4.4 Створення прототипу програмного комплексу для підтримки бізнес-процесів тату-салону

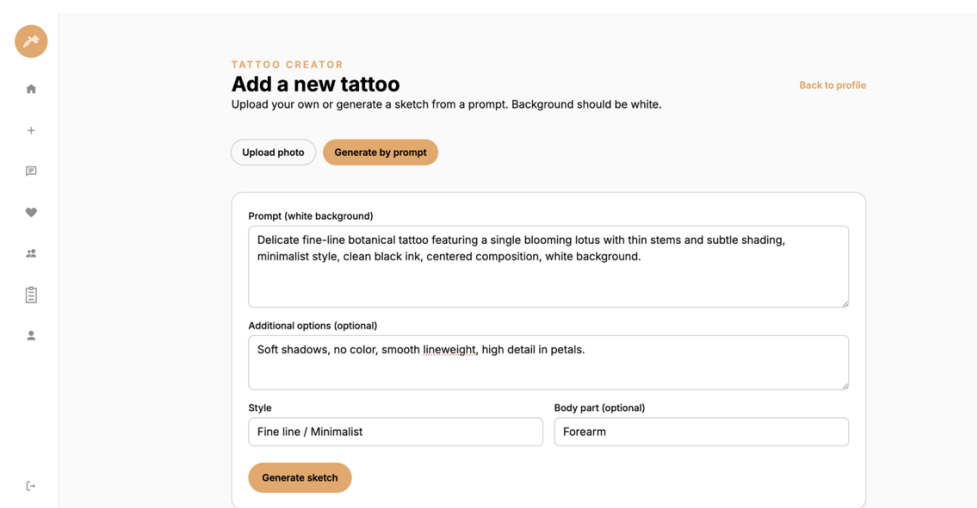
Створення прототипу програмного комплексу для тату-салону було спрямоване на інтеграцію AI-модулів для генерації ескізів із класичними бізнес-процесами закладу, включно з управлінням записами клієнтів, відстеженням замовлень, управлінням стилістами та зберіганням історії ескізів. Головною метою прототипу було продемонструвати функціональність системи у реальному часі, забезпечити взаємодію користувача з AI-модулем через веб-інтерфейс та дозволити швидку оцінку ефективності автоматизованих рішень у процесі підтримки бізнес-процесів.

Прототип був розроблений з урахуванням модульної архітектури, що дозволяє ізольовано тестувати різні компоненти системи. Основними модулями стали: модуль управління клієнтами, модуль управління записами, модуль AI-генерації ескізів та модуль візуалізації результатів. Взаємодія між ними забезпечується через REST API та інтерактивний веб-інтерфейс, що дозволяє користувачу формувати запити, переглядати згенеровані ескізи та отримувати рекомендації щодо стилю та композиції татуювання.

Для реалізації веб-інтерфейсу був обраний фреймворк Bootstrap, який забезпечує адаптивність дизайну, сучасний вигляд компонентів та підтримку інтерактивних елементів, таких як кнопки, картки, модальні вікна та форми. Основна сторінка прототипу дозволяє користувачу ввести опис бажаного ескізу,

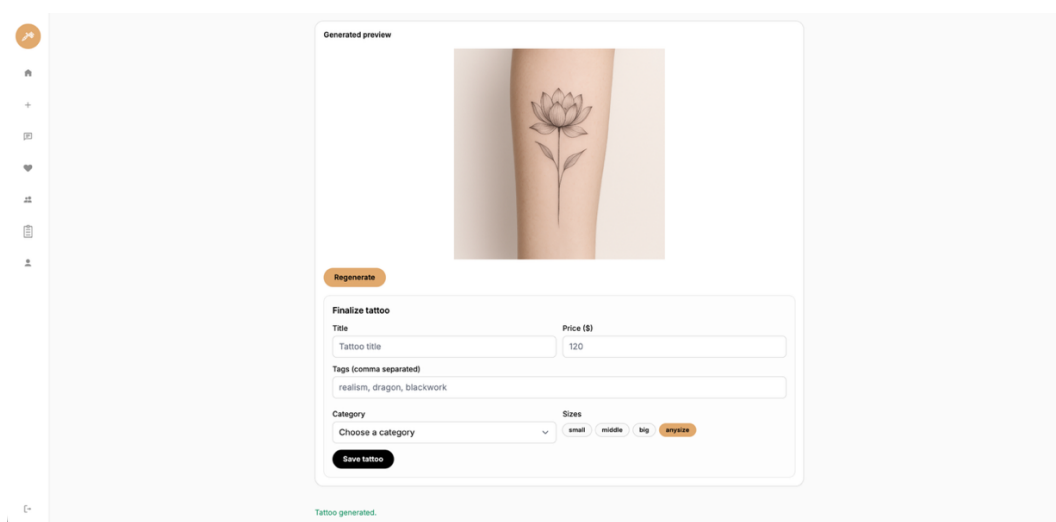
обрати стиль татуювання та отримати результат у вигляді згенерованого зображення разом із ключовими характеристиками ескізу, такими як колірна палітра, складність композиції та рекомендації експерта.

Реалізація прототипу також передбачає зберігання результатів генерації у базі даних для подальшого аналізу та навчання AI-модулів, що дозволяє системі адаптуватися до вподобань клієнтів та підвищувати точність стилістичного відповідності ескізів (рис. 4.7). Завдяки такій інтеграції можна здійснювати комплексне управління бізнес-процесами салону та забезпечувати одночасну автоматизацію творчого процесу генерації ескізів, що підвищує ефективність роботи закладу та покращує взаємодію з клієнтами.



The screenshot shows a web interface titled "TATTOO CREATOR" with the sub-header "Add a new tattoo". Below the header, there is a prompt: "Upload your own or generate a sketch from a prompt. Background should be white." There are two buttons: "Upload photo" and "Generate by prompt". The "Generate by prompt" button is active. Below this, there is a text input field for the prompt: "Delicate fine-line botanical tattoo featuring a single blooming lotus with thin stems and subtle shading, minimalist style, clean black ink, centered composition, white background." There is also an "Additional options (optional)" field with the text: "Soft shadows, no color, smooth lineweight, high detail in petals." Below these fields, there are two dropdown menus: "Style" (set to "Fine line / Minimalist") and "Body part (optional)" (set to "Forearm"). At the bottom, there is a "Generate sketch" button.

Рисунок 4.7 – Приклад форми для генерування зображення



The screenshot shows a "Generated preview" section with a central image of a tattoo on a forearm. Below the image is a "Regenerate" button. Underneath, there is a "Finalize tattoo" section with several input fields: "Title" (set to "Tattoo title"), "Price (\$)" (set to "120"), "Tags (comma separated)" (set to "realism, dragon, blackwork"), and "Category" (set to "Choose a category"). There are also "Size" options: "small", "middle", "big", and "customize". At the bottom, there is a "Save tattoo" button. A small green message "Tattoo generated." is visible at the bottom left.

Рисунок 4.8 – Приклад генерування зображення тату

ВИСНОВКИ

Проведене дослідження охоплює повний цикл розробки системи підтримки бізнес-процесів тату-салону з інтегрованими AI-модулями для автоматизації класифікації, генерації та рекомендації тату-ескізів. Було здійснено системний аналіз предметної області, що дозволило визначити ключові процеси у роботі салону, які потребують автоматизації, зокрема підбір ескізів, оцінку стилістичних та композиційних характеристик, а також управління клієнтськими замовленнями та пріоритетами.

Дослідження існуючих інформаційних систем б'юті- та тату-індустрії показало, що наявні рішення обмежені у можливостях персоналізованого підбору ескізів, інтеграції з художніми стилями та автоматизації процесів адміністрування. Це обґрунтувало необхідність розробки комплексної системи з використанням сучасних алгоритмів машинного та глибокого навчання, що забезпечує ефективну взаємодію між майстром, адміністратором та клієнтом.

Для реалізації AI-компонентів було обрано датасет BIVTatt-Dataset, що містить оригінальні та трансформовані зображення татуювань різних стилів і жанрів. Підготовка датасету включала відбір якісних зображень, анотовання за стилями, жанрами та умовними категоріями розмірів ескізів, а також застосування методів аугментації, що підвищило узагальнюючу здатність моделей. Застосування нормалізації та приведення зображень до єдиного розміру забезпечило стабільність навчання нейронних мереж.

У ході дослідження були розроблені та оптимізовані алгоритми класифікації стилів, жанрів і розмірів ескізів із використанням згорткових нейронних мереж, що дозволило досягти високої точності прогнозів на тестових даних. Для генерації нових художніх ескізів застосовувалися дифузійні моделі, які продемонстрували здатність створювати високоякісні зображення, що відповідають заданим стилістичним характеристикам та естетичним вимогам клієнтів. Використання трансферного навчання дало можливість адаптувати

модель до різних стилів та жанрів, що розширило її функціональність та підвищило точність персоналізованих рекомендацій.

Експериментальна оцінка системи підтвердила, що інтеграція AI-модулів дозволяє зменшити час, необхідний на підбір ескізів, покращити узгодженість рішень адміністратора та майстра щодо замовлень, а також підвищити задоволеність клієнтів шляхом надання персоналізованих рекомендацій. Структурований та анотований датасет, високоякісна підготовка даних та використання передових архітектур моделей забезпечують стабільність і відтворюваність результатів, що є критично важливим для практичного застосування системи в реальних умовах роботи тату-салону.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. .В. Петрова, А.І. Морозова. Іноваційний реінжинірінг бізнес-процесів в інформаційному середовищі // Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Технічні науки. –2019, № 1 (269). – С. 211–215. [http://journals.khnu.km.ua/vestnik/pdf/tech/pdfbase/2019/2019_1/\(269\)%202019-1-t.pdf](http://journals.khnu.km.ua/vestnik/pdf/tech/pdfbase/2019/2019_1/(269)%202019-1-t.pdf) DOI 10.31891/2307-5732-2019-269-1-216-219
2. V. Kyriy, I. Sheiko, R. Petrova. Optimization of Management Information Support as a Basis for Organizational Transformations at an Enterprise // Periodicals of Engineering and Natural Sciences ISSN 2303-4521 Vol. 7, No. 2, August 2019, pp.679-689 Available online at: <http://pen.ius.edu.ba> DOI: [10.21533/pen](https://doi.org/10.21533/pen) ISSN: 2303-4521 (Scopus)
3. Ibsen M., Rathgeb C., Drozdowski P., Busch C. Face Beneath the Ink: Synthetic Data and Tattoo Removal with Application to Face Recognition. arXiv preprint. – 2022. URL: <https://arxiv.org/abs/2202.05297>
4. Tang X. et al. Image Generation Method Based on Improved Diffusion Models. SPIE Proceedings. – 2025. URL: <https://www.spiedigitallibrary.org/conference-proceedings-of-spie/13733/3076349/Image-generation-method-based-on-improved-diffusion-models/10.1117/12.3076349.full>
5. Yamashiro K. et al. Diffusion Model-Based Image Generation from Rat Brain Activity. PLoS ONE. – 2024. URL: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0309709>
6. Wang B. Diffusion Models Generate Images Like Painters. arXiv preprint. – 2023. URL: <https://arxiv.org/abs/2303.02490>
7. Nicolás-Díaz M., Méndez-Vázquez H. Weighted Average Pooling of Deep Features for Tattoo Identification. Multimed Tools Appl. – 2022. URL: <https://doi.org/10.1007/s11042-022-12516-9>
8. Hutsa O.M., Ovsiuchenko Y.V., Petrova R.V., Morozova A.I. Information computer technology of enterprise development strategy formation on the basis of benchmarking methods. // Information systems and innovative technologies in project

and program management [Text] : Collective monograph edited by I. Linde, I. Chumachenko, V. Timofeyev – Riga: ISMA, 2019. – C. 107-116.

9. Saharia C., Chan W., Chang H., Lee C.A., Ho J., Salimans T., Fleet D.J., Norouzi M. Palette: Image-to-Image Diffusion Models. arXiv preprint. – 2021. URL: <https://arxiv.org/abs/2111.05826>

10. Xiang, J., Yang, J., Huang, B., Tong, X. 3D-aware Image Generation using 2D Diffusion Models. arXiv preprint. – 2023. URL: <https://arxiv.org/abs/2303.17905>

11. Hatamizadeh, A., Song, J., Liu, G., Kautz, J., Vahdat, A. DiffiT: Diffusion Vision Transformers for Image Generation. arXiv preprint. – 2023. URL: <https://arxiv.org/abs/2312.02139>

12. Xue, Z., Song, G., Guo, Q., Liu, B., Zong, Z., Liu, Y., Luo, P. RAPHAEL: Text-to-Image Generation via Large Mixture of Diffusion Paths. arXiv preprint. – 2023. URL: <https://arxiv.org/abs/2305.18295>

13. Zheng, G., Zhou, X., Li, X., Qi, Z., Shan, Y., Li, X. LayoutDiffusion: Controllable Diffusion Model for Layout-to-Image Generation. arXiv preprint. – 2023. URL: <https://arxiv.org/abs/2303.17189>

14. Huang, R., Han, J., Lu, G., Liang, X., Zeng, Y., Zhang, W., Xu, H. DiffDis: Empowering Generative Diffusion Model with Cross-Modal Discrimination Capability. arXiv preprint. – 2023. URL: <https://arxiv.org/abs/2308.09306>

15. Zhu, Y., Li, Z., Wang, T., He, M., Yao, C. Conditional Text Image Generation With Diffusion Models. In: Proceedings of CVPR. – 2023. URL: https://openaccess.thecvf.com/content/CVPR2023/html/Zhu_Conditional_Text_Image_Generation_With_Diffusion_Models_CVPR_2023_paper.html

16. Epstein, D. Diffusion Self-Guidance for Controllable Image Generation. In: NeurIPS Proceedings. – 2023. URL: https://proceedings.neurips.cc/paper_files/paper/2023/file/3469b211b829b39d2b0cfd3b880a869c-Paper-Conference.pdf

17. Chen, H., et al. Comprehensive Exploration of Diffusion Models in Image Generation. Journal article. – 2025. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10462-025-11110-3>

18. Tang, S., et al. MVDiffusion: Enabling Holistic Multi-view Image Generation. In: NeurIPS Proceedings. – 2023. URL: https://papers.nips.cc/paper_files/paper/2023/file/a0da690a47b2f52faa63f6fe054057b5-Paper-Conference.pdf
19. Zhang, T., et al. Sketch-guided Scene Image Generation with Diffusion Model. Journal article. – 2025. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0097849325000676>
20. Liu, Y., et al. Feature-aware Image Generation via Diffusion Transformer. Conference/Preprint. – 2024.
21. Kumar, P., Rai, A., Mukherjee, A. DiffuseVAE: Efficient, Controllable and High-Fidelity Generation from Low-Dimensional Latents. arXiv preprint. – 2022. URL: <https://arxiv.org/abs/2201.00308>
22. Fan, W.-C., Chen, Y.-C., Chen, D., Cheng, Y., Wang, Y.-C. Frido: Feature Pyramid Diffusion for Complex Scene Image Synthesis. arXiv preprint. – 2022. URL: <https://arxiv.org/abs/2208.13753>
23. Yuan, J., et al. Tattoo Recognition Based on Triplet GAN. – 2023. URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/Tattoo-Recognition-Based-on-Triplet-GAN-Jiawang-Yuan/8611832eba66523c4242d3cc42682e31c0cfd2db>
24. De Zotti, I., et al. Generating Synthetic Tattoo Dataset for Biometric Applications. Journal article. – 2025. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S3050475925007195>
25. Nicolás-Díaz, M., Morales-González, A., Méndez-Vázquez, H. Weighted Average Pooling of Deep Features for Tattoo Identification. Journal article. – 2022. URL: <https://doi.org/10.1007/s11042-022-12516-9>
26. González Soler, L.J., Janier González, C., Rathgeb, C., Fischer, D. TattTRN: Template Reconstruction Network for Tattoo Retrieval. – 2024. URL: https://openaccess.thecvf.com/content/CVPR2024W/BIOMET/papers/Gonzalez-Soler_TattTRN_Template_Reconstruction_Network_for_Tattoo_Retrieval_CVPRW_2024_paper.pdf

27. Zhang, C., Zhang, M., Zhang, M., Kweon, I.S., Kim, J. Text-to-Image Diffusion Models in Generative AI: A Survey. arXiv preprint. – 2023. URL: <https://arxiv.org/abs/2303.07909>
28. Yang, L., Zhang, Z., Song, Y., Hong, S., Xu, R., Zhao, Y., Zhang, W. Diffusion Models: A Comprehensive Survey of Methods and Applications. arXiv preprint. – 2022. URL: <https://arxiv.org/abs/2209.00796>
29. Zhan, Z., Chen, D., Mei, J.-P., Zhao, Z., Chen, J., Lyu, S., Wang, C. Conditional Image Synthesis with Diffusion Models: A Survey. arXiv preprint. – 2025. URL: <https://arxiv.org/abs/2409.19365>
30. De Zotti, I., et al. Generating Synthetic Tattoo Dataset for Biometric Applications. ScienceDirect. – 2025. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S3050475925007195>
31. Carlini, N., Hayes, J., Nasr, M., Jagielski, M., Sehwag, V., Tramèr, F., Balle, B., Ippolito, D., Wallace, E. Extracting Training Data from Diffusion Models. arXiv preprint. – 2023. URL: <https://arxiv.org/abs/2301.13188>
32. Zhang, T., Wang, Z., Huang, J., Tasnim, M.M., Shi, W. A Survey of Diffusion Based Image Generation Models: Issues and Their Solutions. arXiv preprint. – 2023. URL: <https://arxiv.org/abs/2308.13142>
33. Moser, B.B., Shanbhag, A.S., Raue, F., Frolov, S., Palacio, S., Dengel, A. Diffusion Models, Image Super-Resolution And Everything: A Survey. arXiv preprint. – 2024. URL: <https://arxiv.org/abs/2401.00736>
34. Kim, J., Oh, C., Do, H., Kim, S., Sohn, K. Diffusion-driven GAN Inversion for Multi-Modal Face Image Generation. arXiv preprint. – 2024. URL: <https://arxiv.org/abs/2405.04356>
35. Sordo, Z. Synthetic Scientific Image Generation with VAE, GAN, and Diffusion Models. MDPI – Vision. – 2025. URL: <https://www.mdpi.com/2313-433X/11/8/252>
36. Петрова Р. В., Афонькін Д. Д. Інтелектуальна система автоматизації бізнес-процесів тату-студії на основі методів глибинного навчання. Актуальні

питання та перспективи проведення наукових досліджень, *Рівне, Україна*,
November 2025 С. 197–198. <https://doi.org/10.62732/liga-inter-28.11.2025>