

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет _____ комп'ютерних наук
(повна назва)

Кафедра _____ програмної інженерії
(повна назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Пояснювальна записка

рівень вищої освіти _____ другий (магістерський)

_____ Дослідження ефективності використання AI інструментів
_____ при проектуванні графічного інтерфейсу користувача
(тема)

Виконав:
Студент 2 курсу, групи _____ ПЗМ-22-1

_____ Кравцов Д.О.
(прізвище, ініціали)

Спеціальність 121 – Інженерія програмного забезпечення
(код і повна назва спеціальності)

Тип програми _____ освітньо-наукова
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Керівник _____ доц. Мельнікова Р.В.
(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри _____
(підпис)

_____ Дудар З.В.
(прізвище, ініціали)

2024 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет _____ комп'ютерних наук
 Кафедра _____ програмної інженерії
 Рівень вищої освіти _____ другий (магістерський)
 Спеціальність _____ 121 – Інженерія програмного забезпечення
 Тип програми _____ освітньо-наукова програма
 Освітня програма _____ Інженерія програмного забезпечення
 (шифр і назва)

Затверджую
 Зав. кафедри _____
 (підпис)
 «_____» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

студентові _____ Кравцову Денису Олександровичу
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Дослідження ефективності використання AI інструментів при проектуванні графічного інтерфейсу користувача»
 затверджена наказом університету від 29 березня 2024 р. № 250Ст
2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії 18 червня 2024 р.
3. Вихідні дані до роботи опис досліджуваних інструментів штучного інтелекту для генерації інтерфейсів користувача, проведення експериментів, спрямованих на їх порівняння, розробка програми для аналізу метрик за кожним інструментом на мові програмування C#
4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі аналіз предметної галузі, постановка задачі, аналіз існуючих інструментів, планування експериментальної частини, проведення експерименту

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз предметної галузі, огляд існуючих рішень, вибір найбільш придатних аналогів	01.02.2024	виконав
2	Планування експерименту	15.03.2024	виконав
3	Створення специфікації для програмного забезпечення	01.04.2024	виконав
4	Кодування програмного забезпечення	20.04.2024	виконав
5	Тестування та дослідна експлуатація програмного забезпечення	01.05.2024	виконав
6	Проведення експериментів та аналіз результату	10.05.2024	виконав
7	Написання пояснювальної записки.	15.05.2024	виконав
8	Перевірка пояснювальної записки керівником, підготовка роботи до перевірки на плагіат та нормоконтроль	20.05.2024	виконав
9	Отримання відгуку від керівника кваліфікаційної роботи та рецензентів	10.06.2024	виконав
10	Здача роботи в електронний архів, допуск роботи до захисту завідувачем кафедри	15.06.2024	виконав
11	Захист кваліфікаційної роботи.	18.06.2024	

Дата видачі завдання 01 квітня 2022 р.

Студент _____ Кравцов Д.О.
(підпис)

Керівник роботи _____ доц. Мельнікова Р.В.
(підпис)

РЕФЕРАТ / ABSTRACT

Пояснювальна записка містить: 73 с., 13 рис., 3 табл., 9 джерел.

АЛГОРИТМИ АНАЛІЗУ ГРАФІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ, ТЕХНОЛОГІЇ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ, GALILEO AI, UX PILOT, UIZARD.IO, UI/UX DESIGN.

Об'єктом дослідження є інструменти штучного інтелекту, спрямовані на створення прототипів інтерфейсу користувача.

Метою роботи є проведення дослідження існуючих інструментів генерації графічного інтерфейсу задля оцінки точності та якості згенерованих прототипів з урахуванням метрик гармонії кольорів, контрасту, відхилення від центральної сітки, застосування шрифтів, а також експертних оцінок користувача.

Методами дослідження є статистичний аналіз, проведення експериментів та дослідження кореляційних величин.

У результаті кваліфікаційної роботи було розроблене програмне забезпечення, що визначає коефіцієнт корисності кожного з досліджуваних сервісів штучного інтелекту при генерації прототипів UI.

ALGORITHMS FOR IMAGE ANALYSIS, ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES, GALILEO AI, UX PILOT, UIZARD.IO, UI/UX DESIGN.

The object of research is artificial intelligence tools aimed at creating user interface prototypes.

The purpose of the work is to conduct a research of the existing tools for the generation of the graphical interface in order to assess the accuracy and quality of the generated prototypes, taking into account the metrics of color harmony, contrast, deviation from the central grid and the use of fonts.

The research methods include statistical analysis, conducting experiments, and researching correlation values.

As a result of the qualification work, software was developed to determine the coefficient of each of the studied services in generating UI prototypes.

Умови публікації звіту: заява щодо самостійного виконання роботи та можливості її публікації в електронному архіві відкритого доступу ElArKhNURE.

Я, Кравцов Денис Олександрович,
(прізвище, ім'я, по батькові)
студент гр. ППЗм-22-1, здобувач вищої освіти на другому (магістерському) рівні
кафедра програмної інженерії,
(підпис)

заявляю: моя кваліфікаційна робота на тему

Дослідження ефективності використання AI інструментів при проектуванні графічного інтерфейсу користувача,
(назва роботи)

що буде представлена в екзаменаційну комісію для публічного захисту, виконана самостійно, в ній не містяться елементи плагіату і вона може бути опублікована в електронному архіві відкритого доступу ElArKhNURE. Всі запозичення з друкованих та електронних джерел мають відповідні посилання.

Я ознайомлений(на) з діючим положенням «Про протидію академічному плагіату в ХНУРЕ», згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування дисциплінарних заходів.

ЗМІСТ

Вступ.....	8
1 Аналіз предметної галузі	10
1.1 Важливість прозорості в алгоритмах штучного інтелекту	11
1.2 Етичні аспекти використання AI	11
1.2 Актуальність теми дослідження	12
2 Постановка задачі.....	13
3 Аналіз існуючих інструментів	14
3.1 Опис множини альтернатив	14
3.2 Опис множини критеріїв та шкал оцінок за ними	16
3.2.1 Компонентна структура.....	16
3.2.2 Оцінка користувачів	17
3.2.3 Час генерації	17
3.2.4 Вартість	17
3.3 Опис моделі згортання	18
3.3.1 Визначення вагових коефіцієнтів.....	18
3.3.2 Розрахунок корисності альтернатив	19
4 Планування експериментальної частини.....	21
4.1 Формулювання гіпотез	21
4.2 Визначення змінних.....	22
4.3 Визначення тегів	24
4.4 Опис методології.....	26
4.4.1 Обчислення гармонії кольорів.....	28
4.4.2 Обчислення контрасту кольорів	28
4.3.3 Обчислення читабельності шрифтів	29
5 Проведення експерименту.....	30
5.1 Опис програмного забезпечення	30
5.1.1 Архітектура.....	30
5.1.2 Знімки екрану та приклади коду	33
5.2 Приклад генерація та імпорту прототипів.....	44

	7
5.3 Аналіз результатів експерименту	48
5.2 Підтвердження та спростування гіпотез.....	50
Висновки	51
Перелік джерел посилання	53
Перелік джерел посилання за науковими напрямками керівника та науковців кафедри програмної інженерії	54
Додаток А Звіт результатів перевірки на унікальність тексту в базі ХНУРЕ	55
Додаток Б Слайди презентації	56
Додаток В Апробація результатів роботи.....	70
Додаток Б Експертний висновок результатів перевірки кваліфікаційної роботи на відповідність оформлення вимогам ДСТУ 3008: 2015	73

ВСТУП

Світ сучасних технологій неупинно розвивається, при цьому особливе місце у цьому розвитку займають інструменти штучного інтелекту, спрямовані на вдосконалення дизайну графічних інтерфейсів користувача. Розробка інтерфейсів стає все більш комплексною та багатогранною задачею, яка вимагає інноваційних підходів та інструментів. Uizard.io, UX Pilot та Galileo AI відкривають нові можливості для дизайнерів, розширюючи горизонти творчості та ефективності.

Дана робота присвячена дослідженню та аналізу ефективності використання згаданих AI інструментів у сфері дизайну інтерфейсів користувача. Кожен інструмент має свої унікальні особливості та потенціал для підвищення продуктивності та якості роботи. Вивчення сучасного рівня та стану розвитку цих інструментів дозволить зрозуміти поточні тренди та перспективи розвитку галузі.

Галузь застосування таких інструментів є широкою та багатогранною, охоплюючи веб-дизайн, розробку програмного забезпечення, мобільні додатки, та багато інших областей, де важливим є створення зручного та естетичного інтерфейсу. Розуміння специфіки кожного інструменту та його оптимального використання може суттєво підвищити якість кінцевого продукту.

Дана робота не тільки порівнює ефективності AI інструментів, але й виявлення найбільш продуктивних підходів до їх використання у різних областях. Через експериментальне дослідження, програмно будуть визначені середні метрики за кожним із сервісів, що мають кореляцію з оцінкою користувача. Далі на основі цих метрик для кожного із сервісів будуть визначені області, де застосування того чи іншого інструменту надає перевагу серед його аналогів.

Актуальність дослідження полягає у постійному прагненні галузі до оптимізації процесів дизайну та розробки, з огляду на зростаючі вимоги до якості та швидкості створення продуктів. Дослідження також є актуальним через зріст популярності технологій штучного інтелекту за останні роки. У світі дизайну користувацьких інтерфейсів, штучний інтелект відіграє революційну роль, надаючи нові можливості для інновацій та креативності. Сучасний рівень розвитку AI постійно еволюціонує, пропонуючи більш інтуїтивні та зручні рішення для

користувачів. Однією з ключових тенденцій є розвиток «buttonless» UI, що дозволяє створювати більш гладкі та адаптивні інтерфейси. Це свідчить про відхід від традиційних методів навігації та взаємодії, де кнопки були основним елементом управління з моменту створення першого графічного інтерфейсу в 1968 році [1].

AI не тільки змінює зовнішній вигляд інтерфейсів, але й сприяє розвитку інтелектуальних систем, які можуть прогнозувати та адаптуватися до потреб користувачів. Це включає розробку алгоритмів, які аналізують поведінку користувачів для надання персоналізованих рекомендацій та вдосконалення взаємодії. Такі системи не тільки підвищують зручність користувачів, але й відкривають нові можливості для збору та аналізу даних про переваги та поведінку користувачів.

Водночас, інтеграція AI в дизайн інтерфейсів також ставить перед дизайнерами та розробниками нові виклики. Це включає необхідність забезпечення прозорості в роботі алгоритмів, а також врахування етичних міркувань. Крім того, важливим є постійне вдосконалення інтерфейсів з урахуванням змінних потреб та очікувань.

Іншим важливим аспектом є постійна еволюція та вдосконалення інструментів для дизайнерів. AI не тільки допомагає в автоматизації певних задач, наприклад, зміна масштабу зображення [2] але й надає дизайнерам потужні інструменти для експериментування. Це включає розвиток платформ та програмного забезпечення, які використовують машинне навчання для створення складних дизайнів, а також для тестування та оптимізації інтерфейсів.

Загалом, сучасний рівень розвитку AI в дизайні інтерфейсів відкриває нові горизонти для інновацій, одночасно ставлячи перед фахівцями нові виклики та завдання. Завдяки постійному вдосконаленню, можливості для створення інтуїтивних, зручних та інтелектуальних інтерфейсів лише розширюються.

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ГАЛУЗІ

Дедалі більше наукових робіт висвітлюють різні способи використання AI в оцінці UI та поведінки користувачів. Це охоплює системи так званого «розширеного інтелекту» [3], які використовують техніки, такі як машинне навчання та комп'ютерне зір, до більш генеративних підходів дизайну, де AI допомагає створювати кілька варіацій. Це не тільки кардинально змінює процес дизайну, але й перетворює дизайнерів на співпрацівників з інтелектуальними системами, розширюючи межі можливого у створенні інтерфейсів, які не тільки візуально привабливі, але й справді орієнтовані на користувача.

У літературі роль штучного інтелекту у дизайні користувацького досвіду стає все більш помітною [4], що вказує на зміну в бік більш ефективних та точних рішень. Технології AI розвиваються і надають нові цифрові інструменти, що порушують традиційні парадигми дизайну, пропонуючи новий погляд на процес дизайну.

Однією з ключових областей, де AI має значний вплив, є персоналізація. Розширені алгоритми здатні аналізувати величезні обсяги даних користувачів для створення унікальних досвідів, специфічних для кожного. Такі персоналізовані досвіди стають стандартною вимогою в сучасному дизайні інтерфейсів, і AI є на передньому краї цього руху.

Однак, в багатьох джерелах також звертається увага на виклики використання AI в дизайні [5]. Питання конфіденційності, прозорості та згоди користувачів є в центрі багатьох дискусій. Необхідність збалансованого підходу, який поважає права користувачів, використовуючи при цьому можливості AI, є актуальною проблемою. Це включає забезпечення того, що система повинна бути не просто «чорною» скринькою, але й завжди мати пояснення та відповідальність за згенерований контент. Існує консенсус, що AI не замінить людський ресурс, але стане безцінним інструментом у їхньому арсеналі, підвищуючи їхню здатність розуміти користувачів та створювати більш ефективні інтерфейси [6].

1.1 Важливість прозорості в алгоритмах штучного інтелекту

Прозорість в алгоритмах штучного інтелекту вкрай важлива, особливо в контексті розробки інтерфейсів. Основні аспекти прозорості включають:

- розуміння рішень AI. Користувачі повинні бути здатні розуміти, як AI приймає рішення та чому конкретне рішення було прийнято. Прозорість допомагає користувачам бути впевненими в роботі системи;
- виявлення помилок та корекція. Зрозуміла працездатність алгоритмів дозволяє оперативно виявляти помилки та вживати заходів для їх виправлення;
- довіра користувачів. Прозорість сприяє підвищенню довіри користувачів до системи, оскільки вони відчують контроль та зрозумілість у взаємодії з нею;
- відповідність нормативам і стандартам [7]. Прозорість допомагає системі відповідати вимогам етичних нормативів та законодавства щодо застосування AI.

1.2 Етичні аспекти використання AI

Використання штучного інтелекту в дизайні інтерфейсів має етичні аспекти, які можуть вплинути на сприйняття користувачами:

- конфіденційність і захист даних. Розробники повинні забезпечувати конфіденційність та захист особистих даних користувачів при використанні AI;
- повідомлення та пояснення користувачам. Користувачам повинні надаватися зрозумілі пояснення стосовно того, як AI впливає на їхні взаємодії та рішення;
- відповідальність. Визначення відповідальності за дії AI та можливих наслідків є важливим аспектом;
- підтримка стандартів. Розробники повинні дотримуватися стандартів та нормативів, які сприяють справедливому використанню AI в дизайні інтерфейсів.

1.2 Актуальність теми дослідження

Завдяки швидкому прогресу в області штучного інтелекту, дизайнери та розробники отримують доступ до інструментів, які дозволяють значно розширити горизонти творчості. Інструменти, такі як Uizard.io, UX Pilot та Galileo AI, використовують алгоритми машинного навчання та глибокого навчання для генерації інноваційних дизайнерських рішень [8], що раніше були недосяжні або вимагали значних зусиль.

Серед численних переваг, які пропонує AI в дизайні інтерфейсів, варто виділити можливість автоматизації та оптимізації. AI-інструменти можуть аналізувати великі обсяги даних для визначення тенденцій та переваг користувачів, пропонуючи дизайнерам рішення, які більш точно відповідають потребам цільової аудиторії. Це не тільки підвищує ефективність, але й дозволяє створювати продукти, які краще реагують на очікування та бажання користувачів.

Крім того, AI допомагає забезпечити консистентність та координацію в дизайні, автоматично адаптуючи елементи для різних розмірів екранів та платформ. Це важливо в умовах сучасного розмаїття пристроїв, де користувачі очікують бездоганного досвіду від взаємодії з програмами та веб-сайтами незалежно від того, яким пристроєм вони користуються.

Однак, важливо розуміти, що AI не замінює дизайнерів, а слугує інструментом, який розширює їхні можливості. Людська інтуїція, творчість та здатність до емпатії залишаються ключовими в створенні привабливих та ефективних інтерфейсів. Саме тому в даній роботі особливу увагу буде приділено саме експертній оцінці точності та якості згенерованих штучним інтелектом інтерфейсів.

2 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Основні задачі дослідження включають наступне:

- оцінка можливостей AI-інструментів. Детально оцінити поточні можливості найкращих інструментів, що будуть обрані в процесі дослідження, у контексті дизайну інтерфейсів користувачів. Це включає аналіз їхніх функціональних можливостей, а також аналіз точності та якості генерації інтерфейсів;
- аналіз переваг та недоліків. Вивчити плюси та мінуси кожного інструменту, зокрема їхню здатність генерувати інтерфейси сприятливої кольорової гами, контрастом основних кольорів, доречним використанням шрифтів та зі сприятливим розташуванням елементів;
- області використання та прикладні випадки. Порівняти кожний інструмент на предмет їх використання в різних областях, таких як: розробка мобільних та настільних застосунків, зі світлою та темною темами, з використанням мінімалістичного та більш детального дизайну, з візуалізацією даних у вигляді графіків та без;
- розробка ПЗ, що допоможе оцінити згенеровані графічні інтерфейси користувача за програмно визначеними характеристиками інтерфейсів, що генеруються, а також за оцінкою користувача щодо якості та точності генерації. Розроблене ПЗ також повинно надавати відповідь, чи мають між собою кореляцію оцінка інтерфейсу від користувача та оцінка інтерфейсу програмним шляхом через визначення основних метрик.
- експериментальне дослідження. Планування та проведення експериментів для порівняння ефективності AI-інструментів. Визначити метрики, за якими будуть оцінюватися згенеровані зображення та їхні шкали.

Задачі даного дослідження полягають у забезпеченні глибокого розуміння потенціалу та обмежень AI-інструментів у дизайні інтерфейсів користувачів, визначенні найкращих практик їх використання. Виконання цих задач допоможе розробникам, дизайнерам, та керівникам проектів зробити обґрунтовані рішення щодо інтеграції AI-інструментів у свої проекти та процеси.

3 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ІНСТРУМЕНТІВ

Магістерське дослідження спрямоване на вивчення можливостей використання штучного інтелекту в сфері прототипування інтерфейсів користувача. Вже зараз існує чимало сервісів, які надають можливість прямо чи опосередковано поліпшити даний процес: UX Pilot, 10Web, PatternedAI, Galileo AI, Framer AI, DALL-E, Designs AI, Midjourney, Khroma, Uizard. Дослідити кожен такий сервіс – може бути непростю задачею і виявитися надлишковим, оскільки більшість сервісів мають дуже схожий функціонал і використовують однакові алгоритми [9]. Саме тому, далі в цьому розділі будуть виокремлені основні сервіси, що надають достатній для дослідження функціонал. Для цього сформуємо багатокритеріальну задачу: з множини альтернатив, що представляють собою AI-сервіси, обрати щонайменше три, які найбільше підходять для створення графічного інтерфейсу користувача. Найбільш підходящі сервіси – ті, що мають найбільший результат корисності за обраною моделлю згортання та обраними критеріями.

3.1 Опис множини альтернатив

Нижче наведено опис альтернатив, що представляють собою сервіси для генерації інтерфейсів користувача:

- UX Pilot. Плагін для найбільш розповсюдженого застосунку серед UI дизайнерів – Figma. Інструмент дозволяє створити повноцінну сторінку за хвилину. Ідеальний для бізнесу та професійного використання;
- 10Web. Інструмент, що має інтеграцію з WordPress та з можливостями редагування Elementor. Сервіс надає можливість легко редагувати згенеровані штучним інтелектом інтерфейси;
- PatternedAI. За допомогою генератора від Freerik даний ресурс надає можливість створювати унікальні компоненти та іконки веб-сайтів. Сервіс не надає можливість генерації повних сторінок, але спрощує їх розробку;

- Galileo AI. Сервіс надає можливість створювати інтерактивні прототипи з можливістю експорту в Figma. Дозволяє проектувати власні макети та стилі на основі вказівок;
- Framer AI. Сервіс дозволяє створювати не тільки прототип, але й повноцінні HTML сторінки без програмування та з максимальною швидкістю. Інтуїтивно зрозумілий та користувацько-дружній. Можна додавати анімації та систему управління контентом. Підходить для фрілансерів, агентств, стартапів і масштабних проектів;
- DALL-E. Один з найпопулярніших сервісів. Призначений більше для генерації художніх зображень, але може бути використаний для генерації повноцінних інтерфейсів користувача. Серед переваг – швидкість, зручність та можливість вносити правки;
- Designs AI. Сервіс представляє собою рішення «все в одному» на основі штучного інтелекту для початківців веб-дизайнерів. Надає можливість швидко створити красивий шаблон з приємною кольоровою гамою. Цей інструмент об'єднує створення контенту для різних користувачів, спрощуючи підтримку єдності у дизайнах;
- Midjourney. Чат-бот, який використовує природну мову для створення зображень, включаючи веб-інтерфейси. Цей інструмент ідеально підходить для генерації ідей та створення оригінального контенту та прототипів.
- Khroma. Допомагає генерувати та вибирати колірні палітри на основі алгоритмів штучного інтелекту. Здатний генерувати прості компоненти але не дозволяє згенерувати повноцінну сторінку.
- Uizard.io – потужний інструмент, призначений для створення прототипів. Він спрощує процес дизайну інтерфейсу користувача для мобільних додатків та веб-сайтів. Після генерації є можливість ручного вдосконалення прототипу.

3.2 Опис множини критеріїв та шкал оцінок за ними

Спочатку визначимо критерії, які допоможуть об'єктивно оцінити та порівняти різні AI-сервіси для генерації прототипів UI. Такими критеріями були обрані:

- компонентна структура;
- оцінка користувачів;
- час генерації;
- вартість.

Критерії наведені в порядку спадання пріоритету. Компонентна структура генерації має найвищий пріоритет, а отже повинна найбільше впливати на результати корисності альтернативи. Нижче наведено детальний опис кожного з критеріїв, а також опис шкал оцінок за ними.

3.2.1 Компонентна структура

Всі інструменти поділяються на два типи: ті, які генерують картинку, наприклад в форматі .png, та ті, що мають власний робочий простір, де після генерації з'являється прототип, що складається з окремих компонентів. Прототип далі можна експортувати в будь-який формат.

Шкала – абсолютна від 0 до 2, де 0 – відсутня компонентна структура прототипів, 1 – присутня але без можливості експорту, 2 – повністю реалізована.

Спосіб нормування – з урахуванням мінімуму та максимуму. Розраховується за формулою 3.1:

$$f = \frac{f_{\text{вимір}} - f_{\text{min}}}{f_{\text{max}} - f_{\text{min}}} = \frac{f_{\text{вимір}}}{2} \quad (3.1)$$

де $f_{\text{вимір}}$ – значення, що вимірюється,

f_{min} – мінімальне значення, що дорівнює 0,

f_{max} – максимальне значення, що дорівнює 2.

3.2.2 Оцінка користувачів

Дана оцінка відображає загальне задоволення та прийняття генерованого дизайну серед цільової аудиторії. Вона включає в себе оцінки зручності, інтуїтивності використання, та загальне сприйняття дизайну.

Шкала – від 0 до 5, де 0 – незадовільно, 5 – відмінно. Значення являє собою середню оцінку користувачів.

Спосіб нормування – з урахуванням мінімуму та максимуму. Розраховується за формулою 3.2:

$$f = \frac{f_{\text{вимір}} - f_{\text{min}}}{f_{\text{max}} - f_{\text{min}}} = \frac{f_{\text{вимір}}}{5} \quad (3.2)$$

де $f_{\text{вимір}}$ – значення, що вимірюється,

f_{min} – мінімальне значення, що дорівнює 0,

f_{max} – максимальне значення, що дорівнює 5.

3.2.3 Час генерації

Критерій вимірює швидкість, з якою AI-сервіс генерує прототип інтерфейсу. Даний показник важливий для визначення ефективності сервісу, особливо в умовах, коли час розробки є критичним фактором.

Шкала – час в секундах.

Спосіб нормування – з урахуванням мінімуму та максимуму, де мінімум – найкращий час генерації серед сервісів, максимум – найгірший. Слід зауважити, що чим більший час – тим гірше, а отже тим менша нормована оцінка.

3.2.4 Вартість

Вартість. Даний критерій враховує ціну використання сервісу. Це включає підписку, одноразові витрати, або додаткові витрати за розширені функції.

Шкала – вартість у валюті – ціна в USD, яка необхідна для генерації дизайну за одним запитом. Спосіб нормування – з урахуванням мінімуму та максимуму. Чим більша вартість, тим гірше, а отже тим менша нормована оцінка.

3.3 Опис моделі згортання

Для визначення корисності альтернатив буде застосоване лінійне адитивне згортання з ваговими коефіцієнтами, з використанням формули 3.3:

$$Z = \sum_{i=1}^n \alpha_i \beta_i a_i \quad (3.3)$$

де α_i – нормуючі множники,

β_i – вагові коефіцієнти,

a_i – значення i -го критерія,

Z – результат згортання.

3.3.1 Визначення вагових коефіцієнтів

В попередніх розділах було визначено 4 основні критерії, кожен з яких має свій пріоритет від 1 до 4. Визначимо вагові коефіцієнти для кожного з критеріїв шляхом простого ранжування. Для цього знайдемо суму пріоритетів критеріїв за формулою 3.4:

$$S_p = \sum_{i=1}^n p_i = 15 \quad (3.4)$$

де S_p – сума пріоритетів,

p_i – пріоритет i -го критерія.

Тепер розрахуємо коефіцієнт для кожного критерія за формулою 3.5:

$$\beta_i = \frac{p_{max} + p_{min} - p_i}{S_p}, \quad (3.5)$$

де β_i – ваговий коефіцієнт i -го критерія,

p_{max} – пріоритет найважливішого критерія (1),

p_{min} – пріоритет найменш важливого критерія (4).

Нижче наведено пріоритет та відповідний ваговий коефіцієнт для кожного з критеріїв (див. табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Вагові коефіцієнти кожного критерія (створено самостійно)

Критерій	Пріоритет	Ваговий коефіцієнт
Компонентна структура	1	0,49
Оцінка користувачів	2	0,25
Час генерації	3	0,16
Вартість	4	0,1

3.3.2 Розрахунок корисності альтернатив

Перед тим як розрахувати корисність альтернатив, необхідно нормувати кожну оцінку. Нижче наведені нормовані значення критеріїв для кожної альтернативи разом з результатом згортання, що являє собою коефіцієнт корисності (див. табл. 3.2).

Таблиця 3.2 – Коефіцієнти корисності для кожного сервісу (створено самостійно)

Сервіс/Критерій	Компонентна структура	Оцінка користувачів	Час генерації, с	Вартість, \$/сторінку	Коефіцієнт корисності
UX Pilot	1	0,6	0,63	0,17	0,76
10Web	0	0,6	0	1	0,2
PatternedAI	0	0,6	0,25	0,83	0,24

Кінець таблиці 3.2

Сервіс/Критерій	Компонентна структура	Оцінка користувачів	Час генерації, с	Вартість, \$/сторінку	Коефіцієнт корисності
Galileo AI	1	0	0,13	1	0,66
Framer AI	0,5	1	0,5	1	0,63
DALL-E	0	1	1	0	0,4
Designs AI	0	0,6	0,5	1	0,32
Midjourney	0	1	0,88	0,88	0,46
Khroma	0,5	0,6	0,13	0,79	0,45
Uizard	1,0	0	0,88	1	0,8

За допомогою лінійного адитивного згортання було обчислено корисність кожного сервісу для генерації інтерфейсів користувача. Задачею було визначити три основні альтернативи. Результатом вирішення є наступні сервіси з найвищим результатом, які і будуть досліджуватися далі:

- Uizard;
- Galileo AI;
- UX Pilot.

Слід зазначити, що вирішення даної багатокритеріальної задачі було підготовкою до проведення експерименту в рамках магістерського дослідження. Як було попередньо зазначено, дослідження кожного сервісу не є доцільним, саме тому фокус робиться на тих, що надають чудову компонентну структуру під час генерації інтерфейсів.

Час генерації також є важливим критерієм, але в рамках попередньої оцінки не було проведено окремого ретельного дослідження для його виміру. В даній задачі час є приблизним значенням, що було взято з офіційної документації, з блогу розробників, відгуків користувачів.

4 ПЛАНУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ ЧАСТИНИ

4.1 Формулювання гіпотез

Гіпотеза про наявність домінуючого сервісу:

- нульова гіпотеза (H0) – один з трьох сервісів, що досліджуються, має перевагу над іншими в усіх показниках незалежно від предметної області;
- альтернативна гіпотеза (H1) – існує сервіс, який має загальну перевагу над іншими аналогами але не в усіх областях застосування;
- альтернативна гіпотеза (H2) – не існує сервісу, що має перевагу над іншими. Всі сервіси мають однаковий коефіцієнт корисності.

Гіпотеза про оцінку точності та якості:

- нульова гіпотеза (H0) – сервіс, що генерує найбільш точні інтерфейси обов'язково має найвищу оцінку якості, що визначається користувачем;
- альтернативна гіпотеза (H1) – існують два різні сервіси, один з яких має перевагу у точності, а інший – в якості інтерфейсів, що генеруються.

Під час завантаження зображення, розроблене ПЗ аналізує та визначає оцінку інтерфейсу за наступними критеріями, що визначаються програмно: гармонія кольорів, контраст кольорів, доречність використання шрифтів та відхилення в розташуванні елементів інтерфейсу щодо центральної сітки. Маючи це, сформулюємо наступну гіпотезу про залежність критеріїв від оцінки якості, визначеної користувачем:

- нульова гіпотеза (H0) – всі чотири програмно обчислюваних критерії мають сильну кореляцію з оцінкою якості користувача;
- альтернативна гіпотеза (H1) – тільки частина критеріїв мають сильну кореляцію з оцінкою якості користувача, всі інші мають слабкий зв'язок;
- альтернативна гіпотеза (H2) – немає жодного критерія, що має сильний кореляційний зв'язок з оцінкою якості користувача.

Зазначені гіпотези повинні бути підтверджені або спростовані під час проведення експерименту.

4.2 Визначення змінних

Експеримент представляє собою генерацію інтерфейсу користувача за допомогою того чи іншого сервісу, що досліджується з подальшим імпортом результату до розробленої системи, яка його аналізує. Визначимо основні експериментальні змінні, що будуть використані, а також їх шкали (див. табл. 4.1). Слід зауважити, що під час подальшого аналізу, всі оцінки будуть нормуватися до шкали від 0 до 5. Це необхідно для проведення кореляційного аналізу та встановлення зв'язку змінних, що обчислюються програмно та змінних, що визначаються користувачем, таких як оцінка якості і точності.

Таблиця 4.1 – Експериментальні змінні (створено самостійно)

Змінна	Опис	Шкала
Гармонія кольорів	Визначає наскільки вдало інтерфейс використовує палітру кольорів	Оцінка від 0 до 2, де: 2 – інтерфейс використовує кольори, які підходять за комплементарною та аналоговою палітрами; 1 – інтерфейс використовує кольори, які підходять або за комплементарною або за аналоговою палітрою; 0 – кольори не підходять під жодну з палітр.
Контраст кольорів	Визначає наскільки сумісні основні кольори, що були використані	Оцінка від 0 до 100, що базується на стандарті WCAG 2.0/2.1, де: 0 – інтерфейс має тільки один основний колір; 100 – інтерфейс має декілька основних кольорів, кожний з яких має високий контраст щодо інших.

Кінець таблиці 4.1

Змінна	Опис	Шкала
Використання шрифтів	Визначає, чи відповідає текстовий контент необхідним вимогам та стандартам	Оцінка від 0 до 4 в залежності скільки наступних умов задовольняє інтерфейс: – високий контраст, текст чудово видно; – немає розмаїття розміру тексту. Шрифт не занадто великий і не занадто дрібний; – висота тексту постійна і не перебільшує принаймні вдвічі його ширину; – відстань між символами тексту постійна і не перевищує відстань між словами.
Розташування елементів	Визначає відповідність основних елементів центральній сітці	Абсолютне значення, де: 0 – інтерфейс складається з одних «цеглин» які одна за одною доповнюють один одного чітко по сітці, без відступів і відхилень; 0-70 – допустиме значення відхилення елементів один щодо одного; 70 і більше – занадто велике значення відхилення елементів один щодо одного.
Оцінка якості користувача	Експертна оцінка відповідності інтерфейсу стандартам якості	Оцінка від 0 до 5, де 0 – незадовільно, 5 – відмінно.
Оцінка точності користувача	Експертна оцінка відповідності інтерфейсу початковим вимогам	Оцінка від 0 до 5, де 0 – незадовільно, 5 – відмінно.

Зазначені змінні допоможуть об'єктивно оцінити ефективність AI-інструментів у дизайні інтерфейсів і зробити висновки на основі отриманих даних. Нижче графічно наведено модель дослідження (див. рис. 4.1).

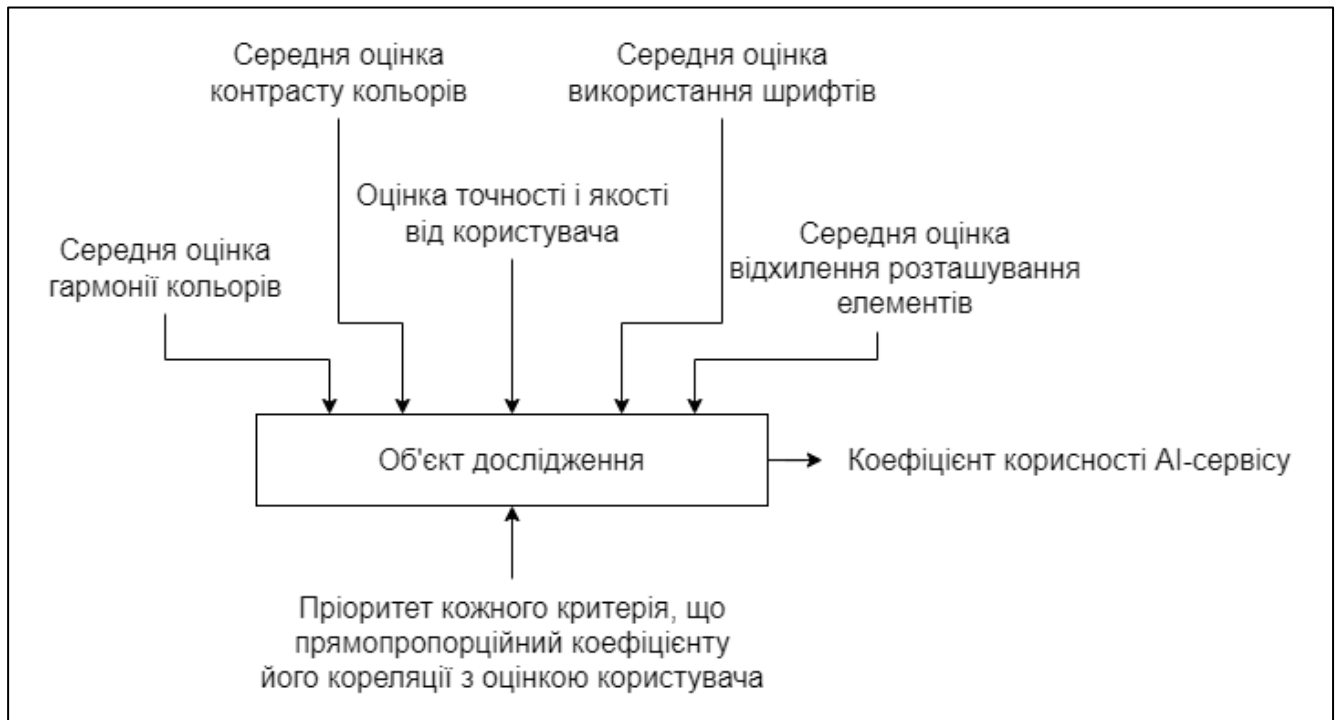


Рисунок 4.1 – Графічна модель дослідження (створено самостійно)

4.3 Визначення тегів

В процесі виконання експерименту будуть аналізуватися зображення, що генеруються AI. Для того, щоб проаналізувати області, в яких той чи інший сервіс краще, для кожного зображення застосовуються теги. Список усіх можливих тегів:

- «Desktop»;
- «Mobile»;
- «Light theme»;
- «Dark theme»;
- «Flat design»;
- «Classic design»;
- «Minimalistic design»;
- «Detailed design»;
- «Full-screen prototype»;

- «Form»;
- «Separate UI-component»;
- «Data visualization».

Теги можна класифікувати за категоріями, які характеризують згенерований інтерфейс користувача:

- категорія «Тип інтерфейсу». Можливі теги: «Desktop», «Mobile». Тег «Desktop» обрано для створення інтерфейсів, які орієнтовані на використання на настільних комп'ютерах та ноутбуках. Інтерфейси такого типу зазвичай вимагають більше екранного простору і можуть включати в себе більш складні функціональні елементи, що дозволяє користувачам працювати з великими обсягами даних, переглядати документи або виконувати завдання, що потребують детального аналізу. Тег «Mobile» призначений для опису інтерфейсів, які розробляються для мобільних пристроїв, таких як смартфони і планшети. Мобільні інтерфейси повинні бути оптимізовані для меншого екранного простору, забезпечуючи при цьому зручність у користуванні і простоту навігації;
- категорія «Тема». Можливі теги: «Light theme», «Dark theme». Тег «Light theme» обрано для інтерфейсів зі світлою кольоровою палітрою. Світлі теми забезпечують високу контрастність і краще підходять для середовищ з високою освітленістю, таких як офіси або вуличні умови. Тег «Dark theme» вибраний для інтерфейсів з темною кольоровою палітрою, що знижує навантаження на очі і зменшує витрати енергії на дисплеях. Темні теми створюють сучасний і стильний вигляд інтерфейсу, що підходить для додатків, які використовуються в умовах низького освітлення, таких як медіаплеєри, редактори коду і деякі соціальні мережі;
- категорія «Дизайн». Можливі теги: «Flat design», «Classic design», «Minimalistic design», «Detailed design». Тег «Flat design» описує інтерфейси, які використовують мінімум візуальних ефектів, таких як тіні та градієнти, надаючи перевагу простим і чітким лініям. Тег «Classic design» обраний для інтерфейсів, які використовують традиційні елементи

оформлення і структури. Класичний дизайн часто включає деталі, що імітують реальні об'єкти, наприклад, паперовий блокнот. Тег «Minimalistic design» вибраний для інтерфейсів, які акцентують увагу на простоті і функціональності. Мінімалістичний дизайн відкидає зайві елементи, залишаючи тільки те, що дійсно потрібно для виконання завдання. Тег «Detailed design» обраний для інтерфейсів, які включають багато деталей і візуальних елементів, що робить їх привабливими і цікавими для користувачів;

- категорія «Тип компонента». Можливі теги: «Full-screen prototype», «Form», «Separate UI-component». Тег «Full-screen prototype» обраний для повноекранних прототипів, які дозволяють максимально ефективно використовувати доступний екранний простір. Тег «Form» описує інтерфейси, що включають форми для введення даних. Форма є одним з найпоширеніших елементів і використовується в різних застосунках для збору інформації від користувачів, таких як реєстрація, замовлення товарів або заповнення опитувань. Тег «Separate UI-Component» обраний для створення окремих компонентів інтерфейсу, таких як кнопки, поля вводу або меню;
- категорія «Візуалізація даних», можливі теги: «Data visualization». Тег «Data visualization» описує інтерфейси, які включають елементи візуалізації даних, такі як графіки, діаграми або теплові карти. Цей тег вибраний для інтерфейсів, що вимагають високої наочності і зручності при роботі з даними, таких як аналітичні панелі або фінансові звіти.

Теги були обрані для покриття широкого спектру можливих сценаріїв використання і забезпечення створення інтерфейсів, які задовольняють різні потреби користувачів.

4.4 Опис методології

В основі експерименту лежить обчислення оцінки згенерованого інтерфейсу програмним шляхом за допомогою формули 4.1:

$$M = \sum_{i=1}^4 w_i k_i \quad (4.1)$$

де M – якісна оцінка інтерфейсу, що була визначена програмним шляхом,

w_i – ваговий коефіцієнт i -го критерія,

k_i – нормоване значення i -го критерія.

Формула являє собою згортання з ваговими коефіцієнтами, які визначається не традиційним для згортання способом. Задля визначення коефіцієнтів необхідно провести кореляційний аналіз залежності кожного з критеріїв від якісної оцінки користувача. Таким чином, вагові коефіцієнти визначаються за формулою 4.2

$$w_i = \frac{r_i}{\sum_{j=1}^4 r_j} \quad (4.2)$$

де w_i – ваговий коефіцієнт i -го критерія,

r_i, r_j – коефіцієнти кореляції Пірсона i -го та j -го критерія щодо якісної оцінки користувача.

Коефіцієнт кореляції Пірсона визначається за формулою 4.3:

$$r = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{(n \sum X^2 - (\sum X)^2) (n \sum Y^2 - (\sum Y)^2)}} \quad (4.3)$$

де n – кількість пар значень (кількість спостережень),

$\sum XY$ – сума добутків пар значень X та Y ,

$\sum X$ – сума значень змінної X ,

$\sum Y$ – сума значень змінної Y ,

$\sum X^2$ – сума квадратів значень змінної X ,

$\sum Y^2$ – сума квадратів значень змінної Y .

У даному випадку X – це значення програмно обчисленого критерія, а Y – якісної оцінки користувача. Далі наведені формули для визначення експериментальних змінних.

4.4.1 Обчислення гармонії кольорів

Для визначення оцінки гармонії кольорів використовується алгоритм, який має суміжну назву «Індекс гармонії кольорів (СНІ)». Для обчислення використовується формула 4.4:

$$СНІ = \sum_{ij} \left(\frac{\Delta E_{ij} - \Delta E_{min}}{\Delta E_{max} - \Delta E_{min}} \right) \quad (4.4)$$

де ΔE_{ij} – різниця показників між кольорами i та j ,

ΔE_{min} – мінімальний поріг різниці кольорів для гармонії,

ΔE_{max} – максимально допустима різниця кольорів.

Алгоритм оцінює загальну гармонію, обчислюючи різницю між кожною парою кольорів у дизайні UI. Чим нижчий показник $СНІ$, тим краща гармонія.

4.4.2 Обчислення контрасту кольорів

Коефіцієнт контрасту кольорів (C) визначається за формулою 4.5:

$$C = \frac{L_1 + 0.05}{L_2 + 0.05} \quad (4.5)$$

де L_1 – яскравість світлішого кольору,

L_2 – яскравість темнішого кольору.

Коефіцієнт контрасту обчислюється за допомогою відносної яскравості двох кольорів. Він варіюється від 1:1 (відсутність контрасту) до 21:1 (максимальний контраст). WCAG пропонують мінімальний коефіцієнт 4.5:1 для тексту та фону.

4.3.3 Обчислення читабельності шрифтів

Читабельність шрифту (R) обчислюється за допомогою формули 4.6:

$$R = \frac{W}{H} ke \quad (4.6)$$

де W – ширина літери,

H – висота літери,

k – коефіцієнт висоти рядка, співвідношення висоти рядка до розміру шрифту,

e – кернінг, середня відстань між символами.

Формула оцінює читабельність шрифту, враховуючи пропорцію розмірів літер, висоту рядка та відстань між символами. Вищі оцінки вказують на кращу читабельність.

5 ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ

Порядок проведення експерименту:

- підготувати описи, за якими відбуватиметься генерація інтерфейсу користувача;
- використовуючи сервіси Uizard.io, Galileo AI, UX Pilot згенерувати відповідну кількість інтерфейсів користувача. В рамках експерименту дані сервіси представляють собою «чорну» скриньку;
- конвертувати згенеровані інтерфейси в зображення .png;
- імпортувати інтерфейси в систему, що була розроблена. Для кожного зображення система визначить значення експериментальних змінних;
- для кожного інтерфейсу проставити значення експериментальних змінних, що потребують експертної оцінки. Такими є оцінки якості і точності генерації;
- отримати вихідні дані у вигляді таблиць та графіків.

Після того, як були отримані вихідні дані, необхідно проаналізувати результати для того, щоб підтвердити або спростувати гіпотези.

5.1 Опис програмного забезпечення

5.1.1 Архітектура

У якості основної технології, що була використана для написання ПЗ є ASP.NET Razor Pages, що передбачає написання серверної частини на C#, та клієнтської з поєднанням C# та JavaScript. Архітектура застосунку на основі Razor Pages складається з різних компонентів та шарів, що забезпечують ефективно виконання завдань з аналізу даних і представлення результатів (див. рис. 5.1).

Архітектура поєднує клієнтську та серверну частини, що дозволяє забезпечити зручний інтерфейс для користувачів та надійне опрацювання даних. Розглянемо ключові аспекти цього застосунку.

Клієнтська частина застосунку розроблена на основі Razor Pages, що дозволяє створювати динамічні веб-сторінки з використанням C# в якості серверної частини. Основними компонентами є:

- власне Razor Pages. Кожна сторінка являє собою окрему .cshtml сторінку, яка містить логіку для відображення даних та взаємодії з користувачем. Кожна сторінка має відповідний .cshtml.cs файл, який містить C# код для обробки запитів і даних. Цей файл відповідає за отримання, обробку та передачу даних на сторінку;
- JavaScript та CSS. Використовуються для динамічного відображення даних та стилізації елементів інтерфейсу.

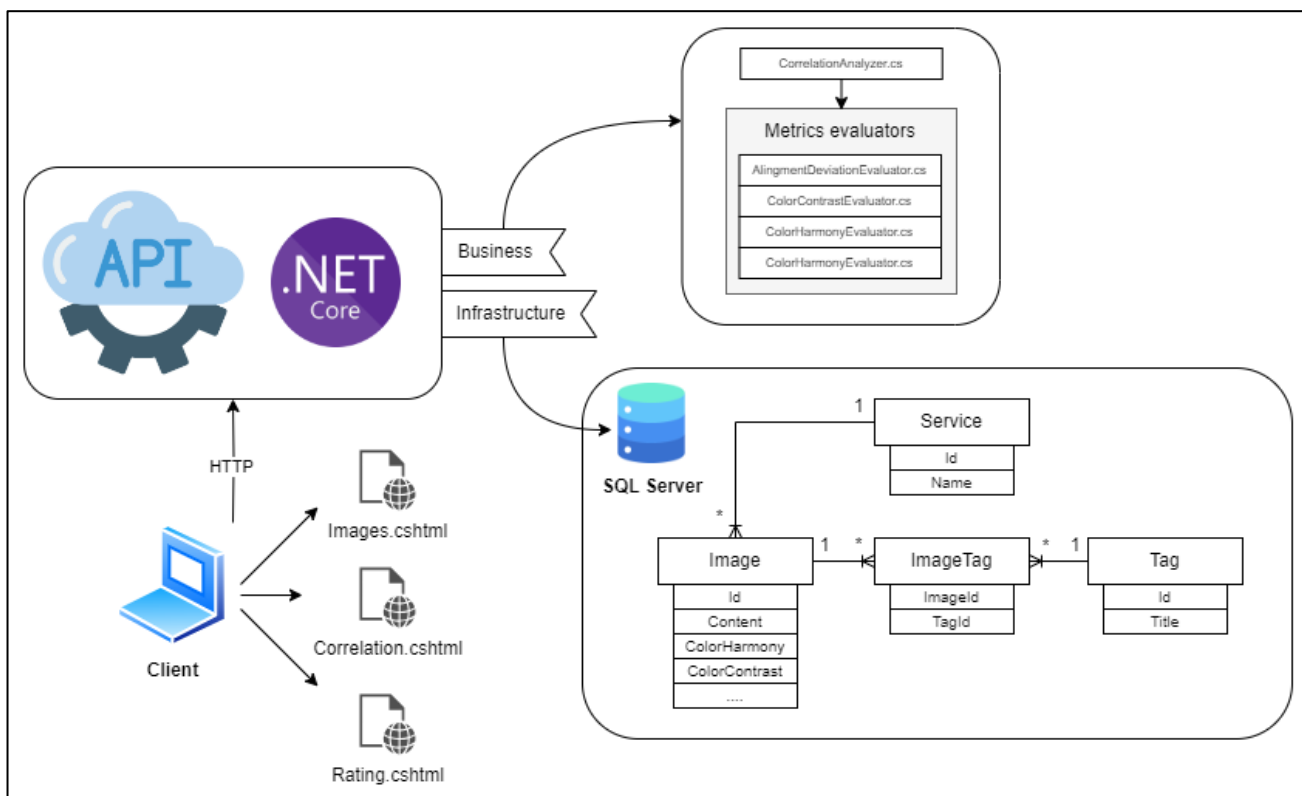


Рисунок 5.1 – Архітектура програмного забезпечення (створено самостійно)

Шар бізнес логіки включає класи та методи, що опрацьовують дані, виконують обчислення та підготовляють інформацію для відображення. У цьому шарі виконуються обчислення, такі як підрахунок середніх оцінок, аналіз метрик та інше.

Шар доступу до даних відповідає за взаємодію з базою даних (SQL Server), зберігання та отримання даних. Використовуються клас-контекст EntityFramework Core, який забезпечує доступ до даних і їх маніпуляцію. Нижче наведено ER-модель даних з основними сутностями та зв'язками (див. рис. 5.2).

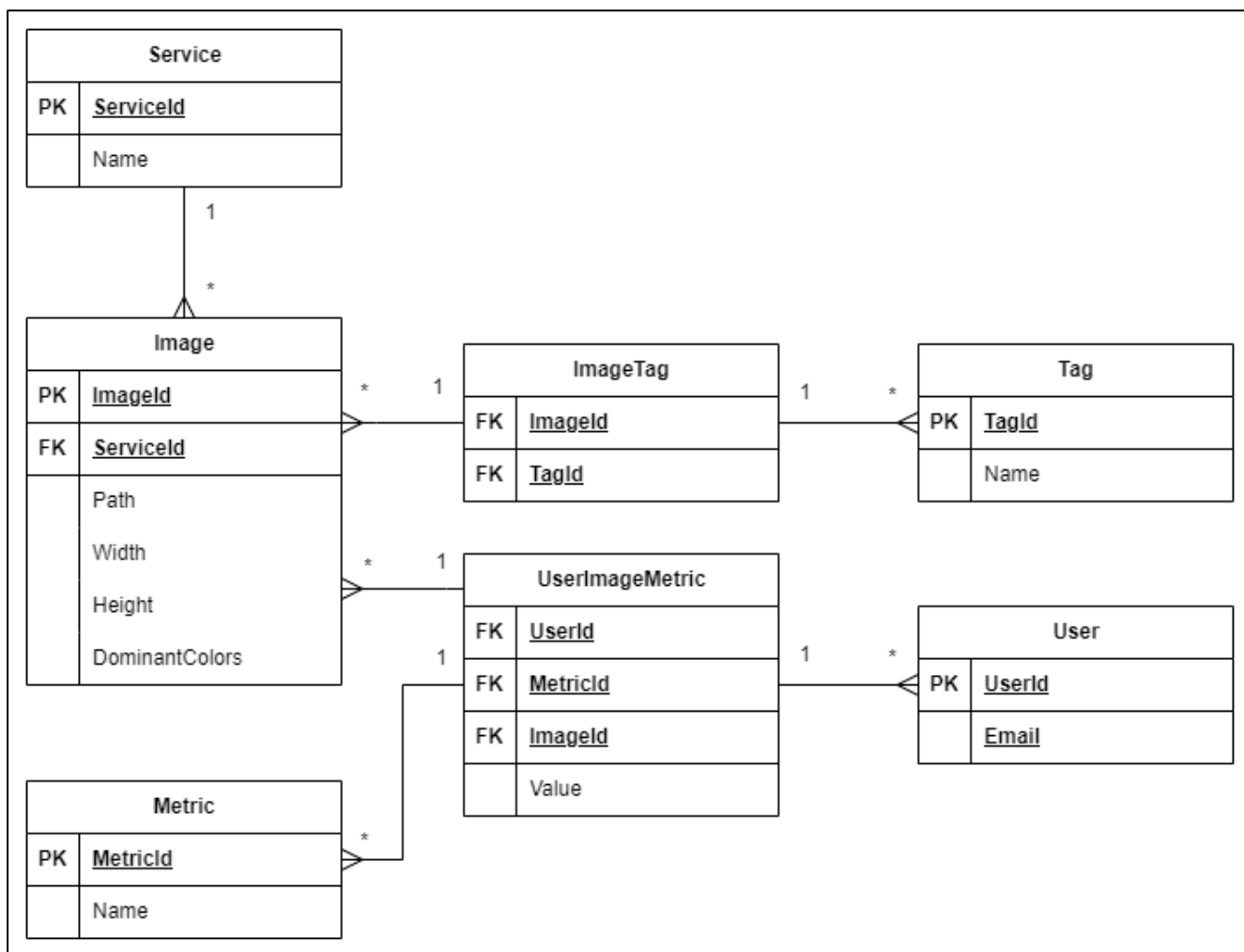


Рисунок 5.2 – ER-модель даних (створено самостійно)

Сутність «Image» представляє собою зображення, створені за допомогою різних AI-інструментів для дизайну графічних інтерфейсів користувача. Кожне зображення має унікальний ідентифікатор, посилання на сервіс, який його створив, та інформацію про основні характеристики зображення, такі як розмір і домінуючі кольори.

Сутність «Service» представляє різні AI-інструменти, які використовуються для створення графічних інтерфейсів. Вона містить інформацію про сервіси, зокрема їхні назви, і забезпечує зв'язок із зображеннями, створеними за допомогою цих сервісів.

Сутність «Tag» містить назви тегів, які використовуються для класифікації та організації зображень. Це допомагає групувати зображення за певними

характеристиками чи категоріями, що сприяє аналізу застосування сервісів в різних областях.

Сутність «ImageTag» забезпечує зв'язок між зображеннями та тегами. Вона реалізує зв'язок «багато-до-багатьох», що дозволяє одному зображенню мати кілька тегів і одному тегу бути прикріпленим до кількох зображень. Це спрощує фільтрацію зображень на основі різних критеріїв.

Сутність «User» представляє користувачів, які взаємодіють із системою. Вона містить інформацію необхідну для їх ідентифікації та зв'язок з оцінками зображень. Це дозволяє відстежувати внесок кожного користувача у процес оцінювання та аналізу зображень. Різні користувачі можуть поставити різні оцінки якості та точності, на їх розсуд.

Сутність «Metric» представляє різні метрики, які використовуються для оцінки зображень. У цьому дослідженні розглядаються шість метрик, що є експериментальними змінними: гармонія кольорів, контраст кольорів, використання шрифтів, розташування елементів, оцінка якості користувача та оцінка точності користувача. Ці метрики допомагають аналізувати ефективність AI-інструментів у створенні графічних інтерфейсів.

Сутність «UserImageMetric» зберігає інформацію про оцінки зображень за різними метриками, які надають користувачі.

5.1.2 Знімки екрану та приклади коду

Для проведення експерименту, було розроблено застосунок призначений для аналізу та оцінки зображень, які генеруються на основі різних сервісів та тегів. Застосунок дозволяє користувачам додавати нові зображення, переглядати їх деталі, фільтрувати за різними параметрами та оцінювати якість зображень. Застосунок також проводить аналіз кореляції між різними метриками та рейтинговими оцінками, що надаються користувачами. Нижче наведені основні функції.

Головна сторінка містить список всіх імпортованих інтерфейсів, що відображаються (див. рис. 5.3). Зображення можна фільтрувати за назвою сервісу та тегами.

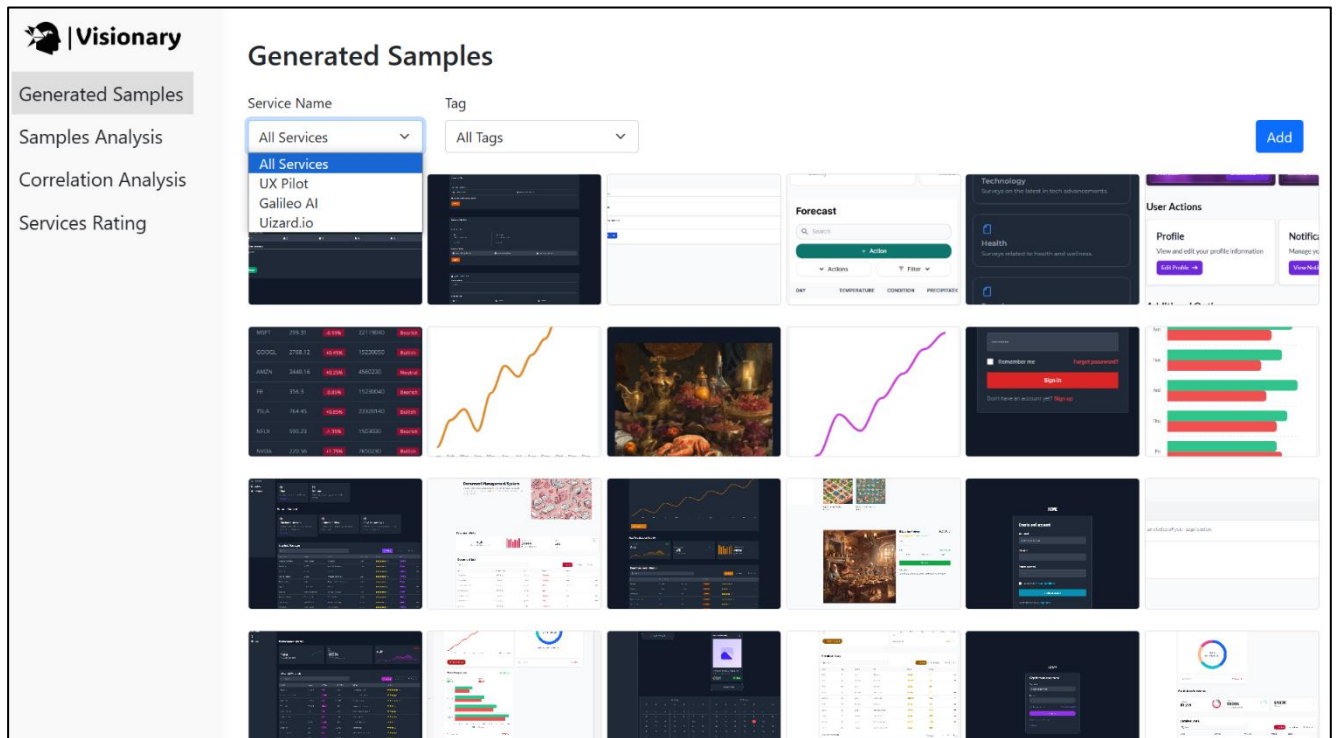


Рисунок 5.3 – Головна сторінка (створено самостійно)

Зліва можна побачити панель навігації. «Visionary» – назва системи, нижче розташовані елементи навігації:

- «Generated Samples» – представляє собою сторінку зі списком усіх зображень, можливістю фільтрації та додавання нових прототипів;
- «Samples Analysis» – сторінка, за допомогою якої можна порівняти оцінки якості та точності генерації різних сервісів;
- «Correlation Analysis» – сторінка, де можна побачити результати кореляційного аналізу зв'язку програмно обчислених метрик від метрик, що являють собою експертну оцінку;
- «Services Rating» – сторінка, де розташовані сервіси у порядку спадання їх коефіцієнта корисності, представленого у вигляді рейтингу.

Нижче буде детальніше описуватися кожна сторінка, їх основні функції та зміст.

Застосунок дозволяє імпорт інтерфейсів згенерованих AI-сервісами. Користувачі можуть завантажувати нові зображення, заповнюючи форму, яка включає назву сервісу, опис та теги (див. рис. 5.4).

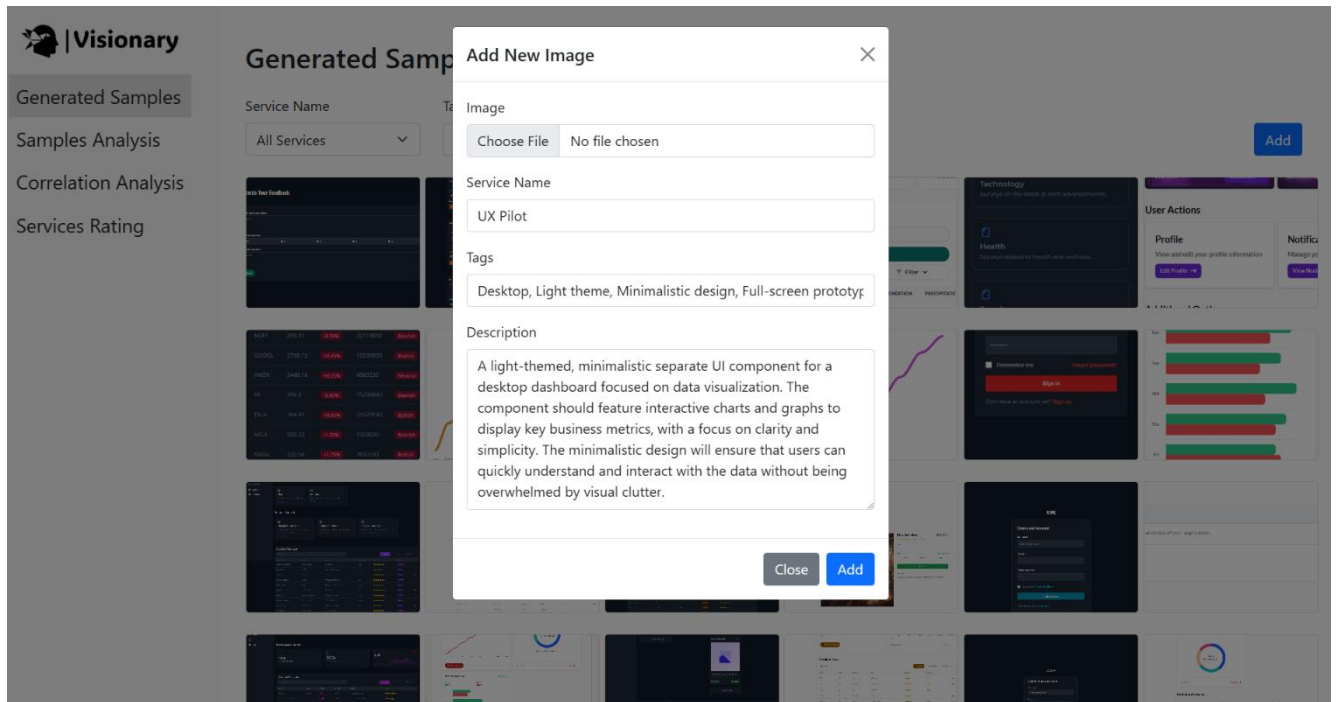


Рисунок 5.4 – Форма для імпорту інтерфейсів користувача в форматі .png
(створено самостійно)

«Description» поле для вводу призначене для опису, що буде використаний сервісами AI для генерації інтерфейсу. Після натискання на кнопку «Add» клієнт надішле форму POST запитом до серверу, який виконує наступні дії над зображенням:

- створення масиву об'єктів, що представляють собою пікселі зображення і зберігають колір;
- визначення домінантних кольорів за допомогою алгоритма k-means, де власне домінантні кольори представляють собою центроїди кластерів;
- обчислення гармонії домінантних кольорів шляхом їх перевірки на відповідність комплементарній або аналоговій палітрам;
- обчислення контрасту домінантних кольорів шляхом визначення відношення значень яскравості світлішого кольору до темнішого і порівняння отриманого значення зі стандартами WCAG;

- обчислення відхилення від шаблону сітки. Процедура включає в себе побудову сітки, накладення її на прототип інтерфейсу та визначення відхилень елементів від неї;
- обчислення оцінки використання шрифтів за допомогою формули 4.6, яка оцінює читабельність шрифту, враховуючи пропорцію розмірів літер, висоту рядка та відстань між символами.

Клас, який створює сутність «Image» за запитом користувача:

```
public class ImageCreator
{
    private readonly ColorHarmonyEvaluator _colorHarmonyEvaluator;
    private readonly ColorContrastEvaluator _colorContrastEvaluator;
    private readonly AlignmentEvaluator _alignmentEvaluator;
    private readonly FontMetricEvaluator _fontMetricEvaluator;

    public ImageCreator(
        ColorHarmonyEvaluator colorHarmonyEvaluator,
        colorContrastEvaluator,
        AlignmentDeviationEvaluator alignmentDeviationEvaluator,
        FontMetricEvaluator fontMetricEvaluator)
    {
        _colorHarmonyEvaluator = colorHarmonyEvaluator;
        _colorContrastEvaluator = colorContrastEvaluator;
        _alignmentDeviationEvaluator = alignmentDeviationEvaluator;
        _fontMetricEvaluator = fontMetricEvaluator;
    }

    public async Task<Image> Create(CreateImageRequest request)
    {
        using var ms = new MemoryStream();

        using var image = Image.FromStream(request.Image);
        await request.Image.CopyToAsync(ms);

        var content = request.Image.ToArray();
        var colorHarmony = _colorHarmonyEvaluator.Evaluate(content);
        var colorContrast = _colorContrastEvaluator.Evaluate(content);

        var alignmentDeviation = _alignmentEvaluator.Evaluate(content);
        var fontMetricValue = _fontMetricEvaluator.Evaluate(content);

        return new Image
        {
            Content = content,
            ColorHarmony = request.ColorHarmony,
            DominantColors = colorHarmony.DominantColors,
            ColorContrast = colorContrast.Value,
            AlignmentDeviation = alignmentDeviation,
            FontMetricValue = request.FontMetricValue,
            ServiceName = request.ServiceName,
        }
    }
}
```

```

        Description = request.Description,
    };
}
}

```

Кожне зображення має детальну інформацію, яку можна переглянути у повноекранному модальному вікні (див. рис. 5.5).

Кожна зображення на головній сторінці може бути натиснуте, що відкриває модальне вікно з детальним переглядом зображення та повною інформацією про нього. Це дозволяє користувачам переглядати метрики та теги.

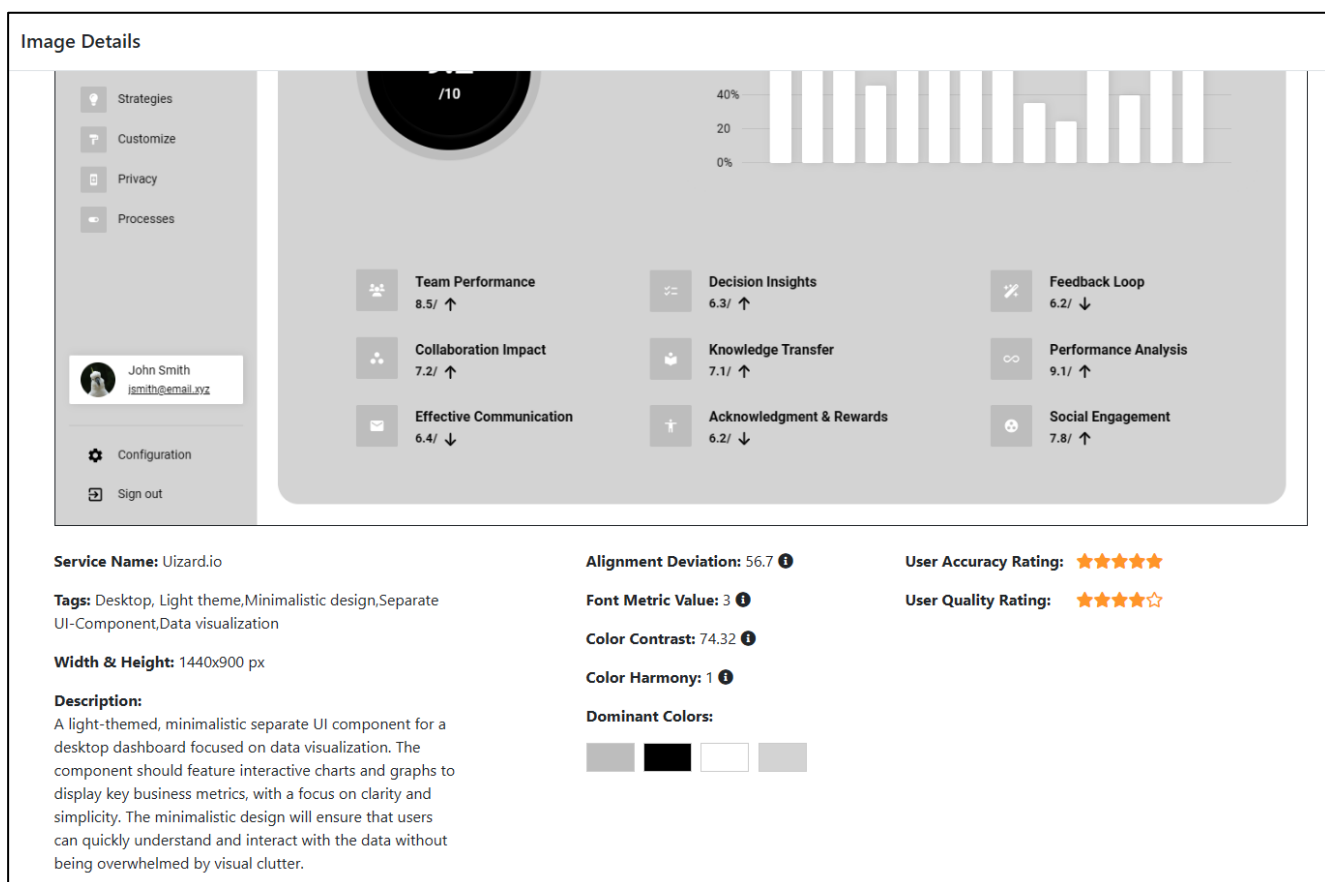


Рисунок 5.5 – Сторінка перегляду детальної інформації (створено самостійно)

Детальна інформація включає назву сервісу, опис, розміри зображення, колірну гармонію, домінуючі кольори, контрастність, відхилення вирівнювання, значення метрики шрифту та рейтингові оцінки користувачів. Для прикладу, нижче наведено код класу «ColorContrastEvaluator», що визначає контрастність за формулою з попереднього розділу:

```

private double GetLuminance(Color color)
{
    double r = color.R / 255.0;
    double g = color.G / 255.0;
    double b = color.B / 255.0;

    r = (r <= 0.03928)
        ? r / 12.92 : Math.Pow((r + 0.055) / 1.055, 2.4);
    g = (g <= 0.03928)
        ? g / 12.92 : Math.Pow((g + 0.055) / 1.055, 2.4);
    b = (b <= 0.03928)
        ? b / 12.92 : Math.Pow((b + 0.055) / 1.055, 2.4);

    return 0.2126 * r + 0.7152 * g + 0.0722 * b;
}

private double GetContrastRatio(Color color1, Color color2)
{
    double luminance1 = GetLuminance(color1) + 0.05;
    double luminance2 = GetLuminance(color2) + 0.05;

    return (luminance1 > luminance2)
        ? luminance1 / luminance2 : luminance2 / luminance1;
}

```

Користувачі можуть оцінювати якість зображень, натискаючи на зірочки. Кількість зірочок визначає рейтинг зображення.

На окремій сторінці представлений аналіз згенерованих інтерфейсів з можливістю вибору типу графіка (точність, оцінка якості від користувача, програмна оцінка якості) і фільтрації за тегами. Дані для аналізу обробляються з групуванням за назвою сервісу та обчисленням середніх значень для точності або якості (див. рис. 5.6).

Слід зазначити, що дана сторінка вже може хоч і не довести, але спростувати альтернативну гіпотезу відповідно до якої всі сервіси генерують однаково якісні і точні зображення і не існує домінуючого серед них. В нашому випадку, зі скріншота видно, що Galileo AI генерує найбільш точні зображення але найбільш якісні генерує UX Pilot (див. рис. 5.7).

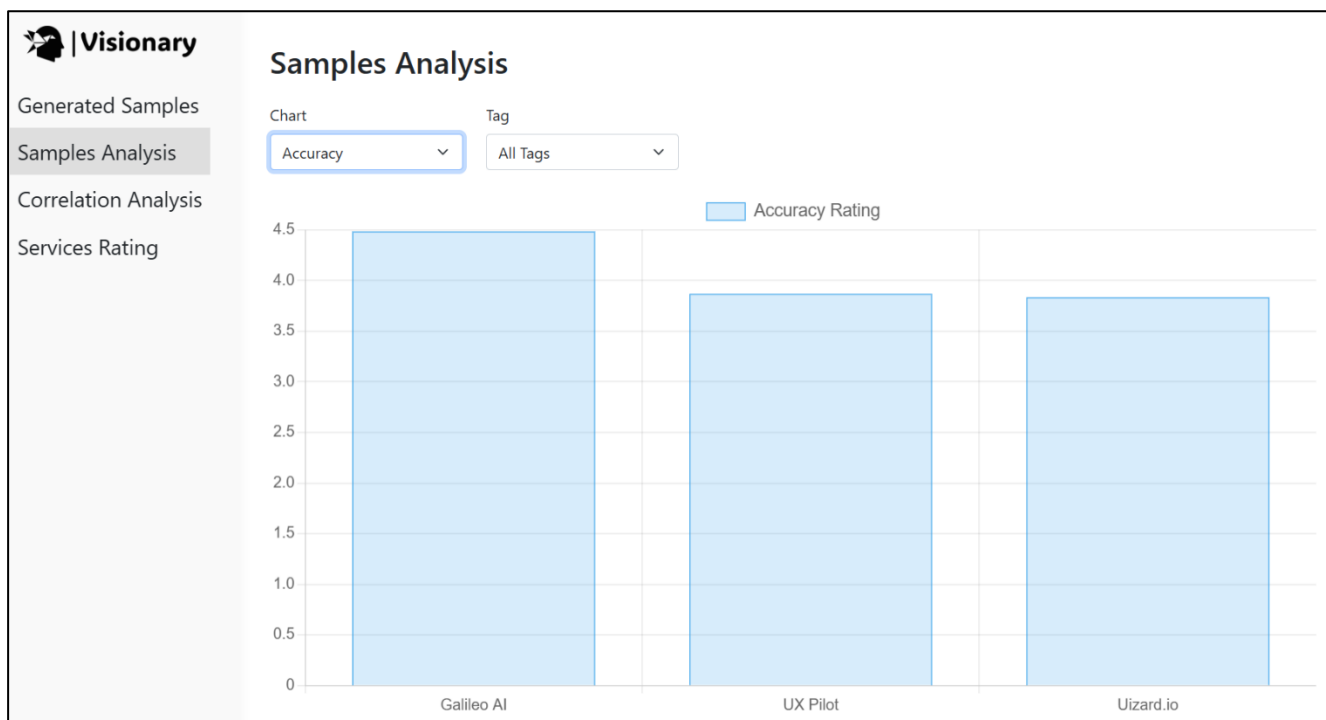


Рисунок 5.6 – Сторінка порівняння сервісів за точністю генерації (створено самостійно)

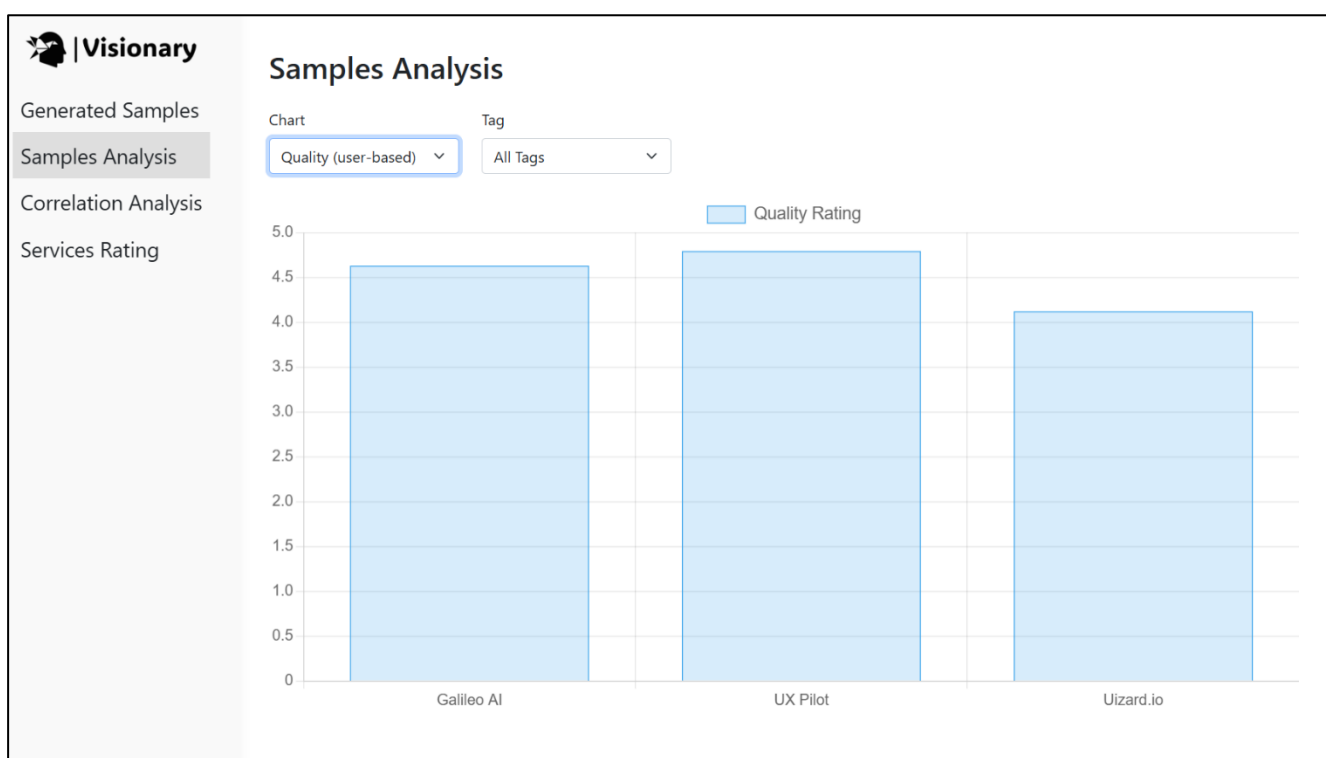


Рисунок 5.7 – Сторінка порівняння сервісів за якістю генерації (створено самостійно)

JavaScript код, що генерує графік:

```

async function updateChart() {
  const chartType = chartTypeSelect.value;
  const url = `/statistics/accuracy`;
  const data = await fetchData(url);

  const filteredData = tagFilterSelect.value
    ? data.groups.filter(group =>
      group.tag.includes(tagFilterSelect.value))
      : data.groups;

  const groupedData = groupAndAverage(filteredData);
  const labels = Object.keys(groupedData);
  const values = labels.map(label => groupedData[label]);

  chartInstance = new Chart(chartCanvas, {
    type: 'bar',
    data: {
      labels: labels,
      datasets: values
    },
    options: { scales: { y: { beginAtZero: true } } }
  });
}

```

Застосунок також дозволяє проводити аналіз кореляції між різними метриками зображень, такими як гармонія кольорів, контрастність, коефіцієнт вирівнювання та оцінка використання шрифтів. Для кожної метрики будується графік розсіювання для відображення даних та лінії тренду. На графіку сині точки представляють собою експеримент – тобто імпортований прототип згенерований AI. Вважається, якщо абсолютне значення коефіцієнту кореляції більше за 0,7 – змінні мають сильний зв'язок одна з одною.

За графіком, що показує кореляцію між оцінкою гармонії кольорів та експертною оцінкою якості користувача (див. рис. 5.8), можна зробити наступні висновки:

- переважна більшість точок розташовані ближче до правого верхнього кута до максимальних значень, що означає, що більшість згенерованих сервісами зображень мають відмінні оцінки користувача та відмінні оцінки гармонії кольорів;

- коефіцієнт кореляції (0,65) доводить, що існує середній зв'язок між досліджуваними змінними.

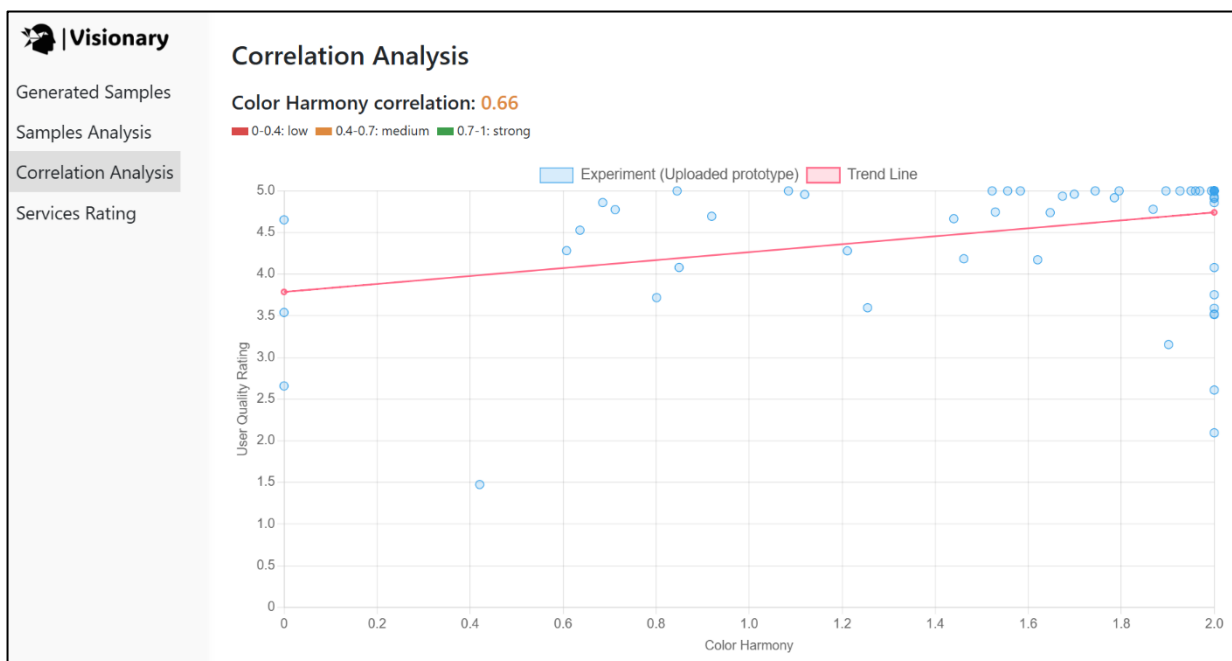


Рисунок 5.8 – Діаграма розсіювання з лінією тренду для метрики «Color Harmony» (створено самостійно)

За графіком, що показує кореляцію між оцінкою контрасту кольорів та експертною оцінкою якості користувача (див. рис. 5.9), можна зробити наступні висновки:

- графік містить досить багато аномальних точок, що віддалені від лінії тренду. Це зумовлено обмеженнями алгоритму, що обчислює контрастність;
- багато точок мають максимальну оцінку якості користувача і значення контрасту між 60 та 90, що є показником того, що AI здатний використовувати кольори, які забезпечують прототип приємним для користувача контрастом;
- коефіцієнт кореляції (0,74) доводить, що існує сильний зв'язок між досліджуваними змінними.

На даному етапі експерименту можна довести альтернативну гіпотезу (H1) про залежність критеріїв від оцінки якості, визначеної користувачем, а саме те, що тільки частина критеріїв мають сильну кореляцію з оцінкою якості користувача, всі інші мають слабкіший зв'язок. Вже відомо, що гармонія кольорів має середній кореляційний зв'язок, тоді як контраст – сильний.

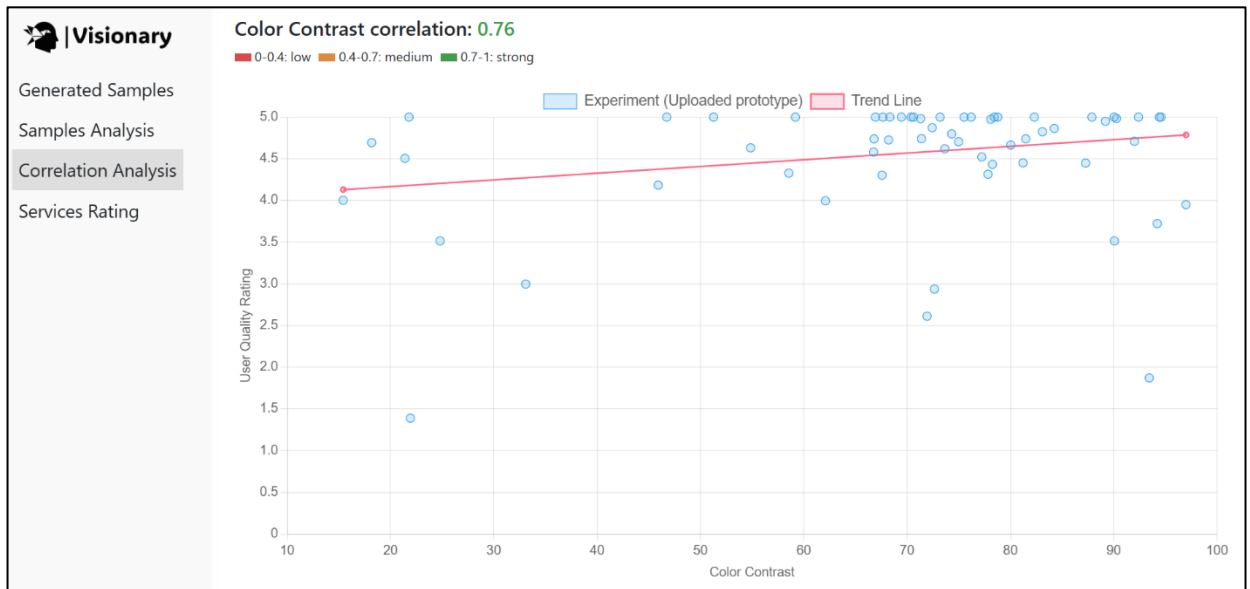


Рисунок 5.9 – Діаграма розсіювання з лінією тренду для метрики «Color Contrast» (створено самостійно)

За графіком, що показує кореляцію між оцінкою відхилень розташування елементів та експертною оцінкою якості користувача (див. рис. 5.10), можна зробити наступні висновки:

- більшість прототипів, що були згенеровані, мають значення відхилення в межах норми між 15 та 60, а оцінку користувача між 4 та 5, що є показником того, що всі сервіси спроможні генерувати інтерфейс, який побудований рівномірними блоками, в яких компоненти розташовані з урахуванням накладеної сітки;
- відхилення від центральної сітки являє собою єдину величину, що має від'ємний коефіцієнт кореляції Пірсона (антикореляція), тобто зі збільшенням відхилення, падає оцінка якості користувача;

- коефіцієнт кореляції (-0,27) свідчить про те, що змінні мають слабкий кореляційний зв'язок.

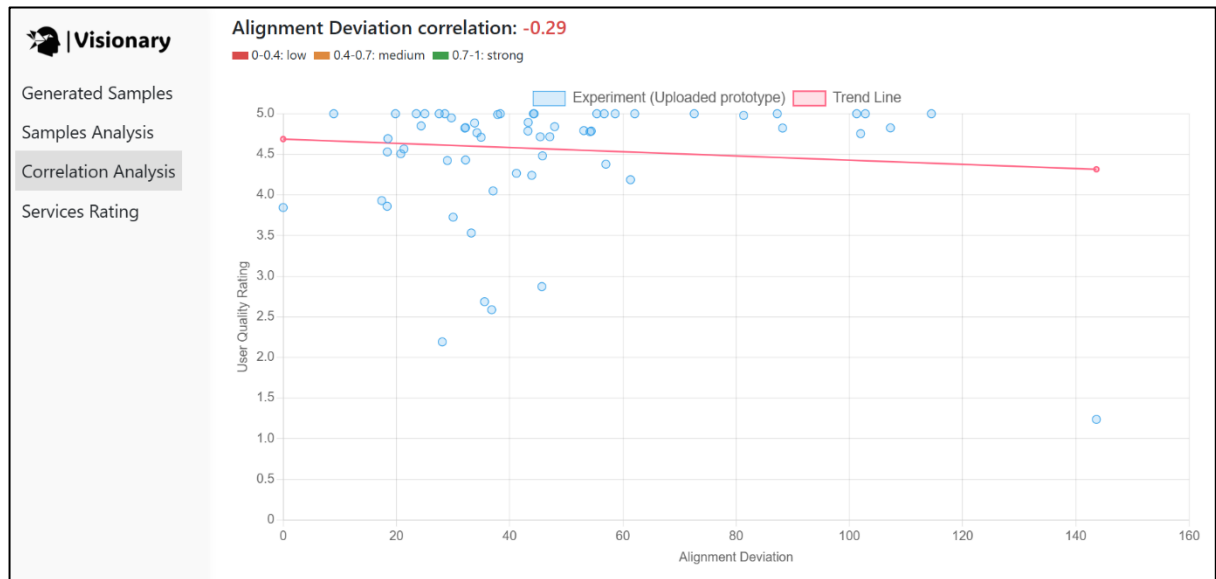


Рисунок 5.11 – Діаграма розсіювання з лінією тренду для метрики «Color Contrast» (створено самостійно)

За графіком, що показує кореляцію між оцінкою використання шрифтів та експертною оцінкою якості користувача (див. рис. 5.11), можна зробити наступні висновки:

- як і у випадку з контрастом кольорів, переважна більшість точок розташовані ближче до правого верхнього кута до максимальних значень, що означає, що більшість згенерованих сервісами зображень мають відмінні оцінки користувача та відмінні оцінки використання шрифтів;
- коефіцієнт кореляції (0,75) доводить, що існує сильний зв'язок між досліджуваними змінними.

Код, що аналізує зв'язок між різними метриками використовуючи коефіцієнт кореляції Пірсона:

```
private double CalculateCorrelation(
    double[] xValues,
    double[] yValues)
{
    int n = xValues.Length;
```

```

double sumXy = xValues.Zip(yValues, (x, y) => x * y).Sum();
double sumXSquare = xValues.Sum(x => x * x);
double sumYSquare = yValues.Sum(y => y * y);
double numerator = n * sumXy - sumX * sumY;
double denominator = Math.Sqrt(
    (n * sumXSquare - sumX * sumX) *
    (n * sumYSquare - sumY * sumY));

return numerator / denominator;
}

```

5.2 Приклад генерація та імпорту прототипів

Нехай маємо наступний опис інтерфейсу:

«A light-themed, minimalistic separate UI component for a desktop dashboard focused on data visualization. The component should feature interactive charts and graphs to display key business metrics, with a focus on clarity and simplicity. The minimalistic design will ensure that users can quickly understand and interact with the data without being overwhelmed by visual clutter.»

Зауважимо, що сервіси AI, що досліджуються, краще працюють, якщо опис наводиться англійською. За наведеним описом згенеруємо зображення спочатку за допомогою Uizard.io (див. рис. 5.12).

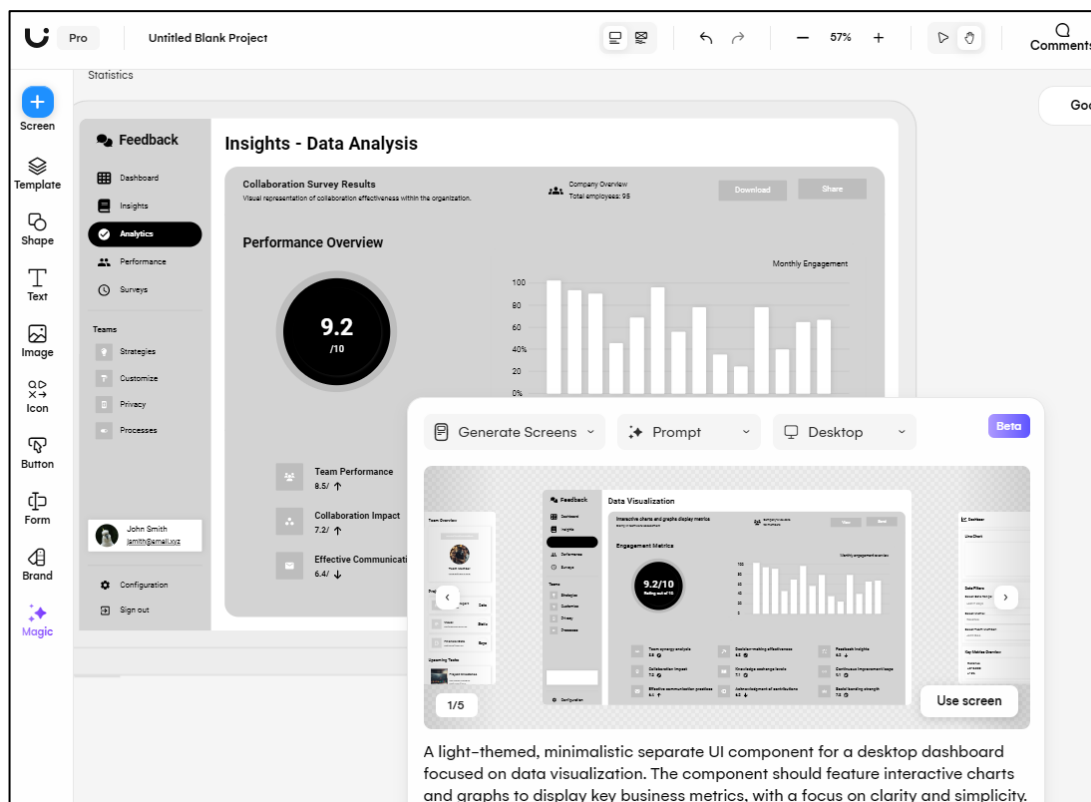


Рисунок 5.12 – Генерація прототипу за допомогою Uizard.io (створено самостійно)

Отриманий прототип тепер можна експортувати в формат .png та імпортувати в нашу систему як це зображено на рис. 5.4. Як тільки зображення було успішно імпортоване, можна переглянути метрики, відкривши модальне вікно з детальною інформацією (див. рис. 5.5). Маємо:

- відхилення від центральної сітки 56,7;
- оцінка використання шрифтів 3;
- контраст кольорів 74,32;
- гармонія кольорів 1.

Також проставимо експертні оцінки шляхом натискання на зірочки:

- оцінка якості користувача: 4, бо не вистачає кольорів, є невелике відхилення розташування кнопок «Download» та «Share» а також їх текст погано видно;
- оцінка точності генерації: 5. Всі вимоги реалізовані.

Згенеруємо прототип за таким же описом за допомогою Galileo AI (див. рис. 5.13).

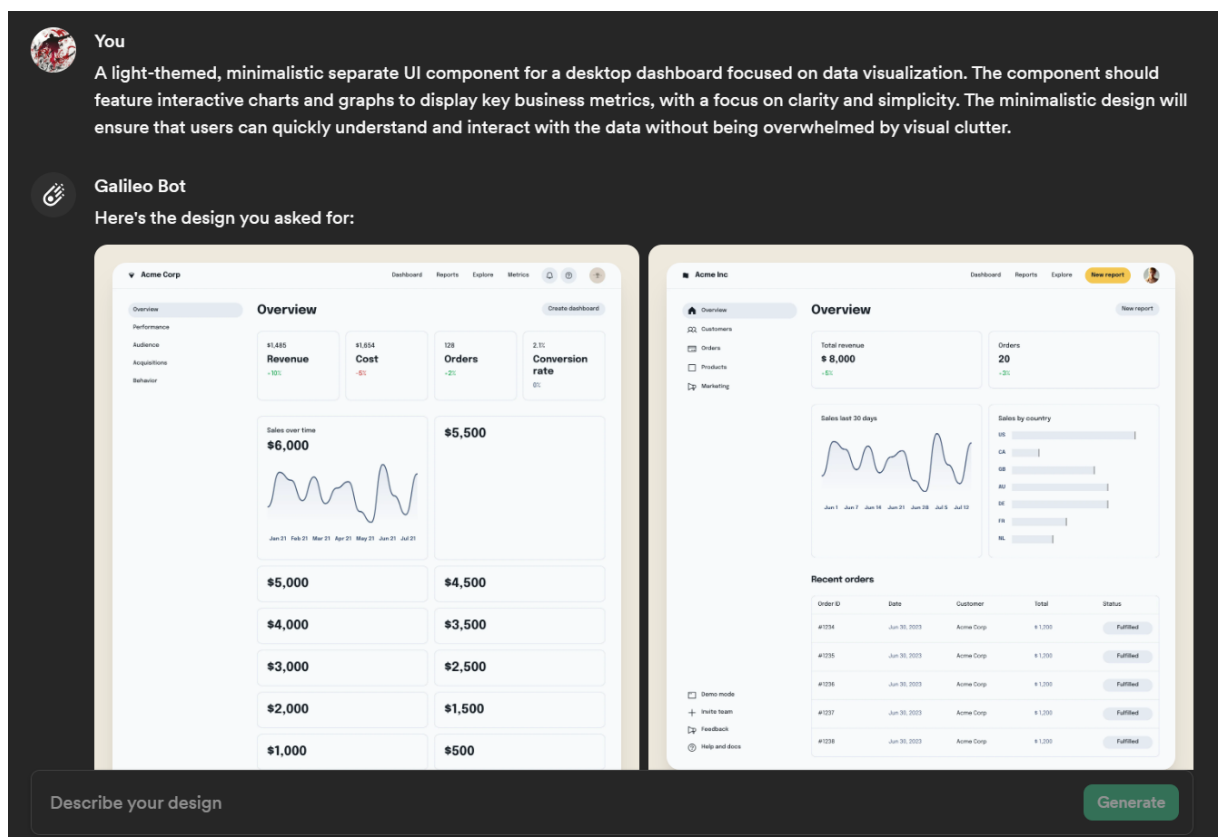


Рисунок 5.13 – Генерація прототипу за допомогою Galileo AI (створено самостійно)

Після імпорту в розроблене ПЗ маємо розраховані метрики (див. рис. 5.14):

- відхилення від центральної сітки 18,4;
- оцінка використання шрифтів 4;
- контраст кольорів 87,89;
- гармонія кольорів 2.

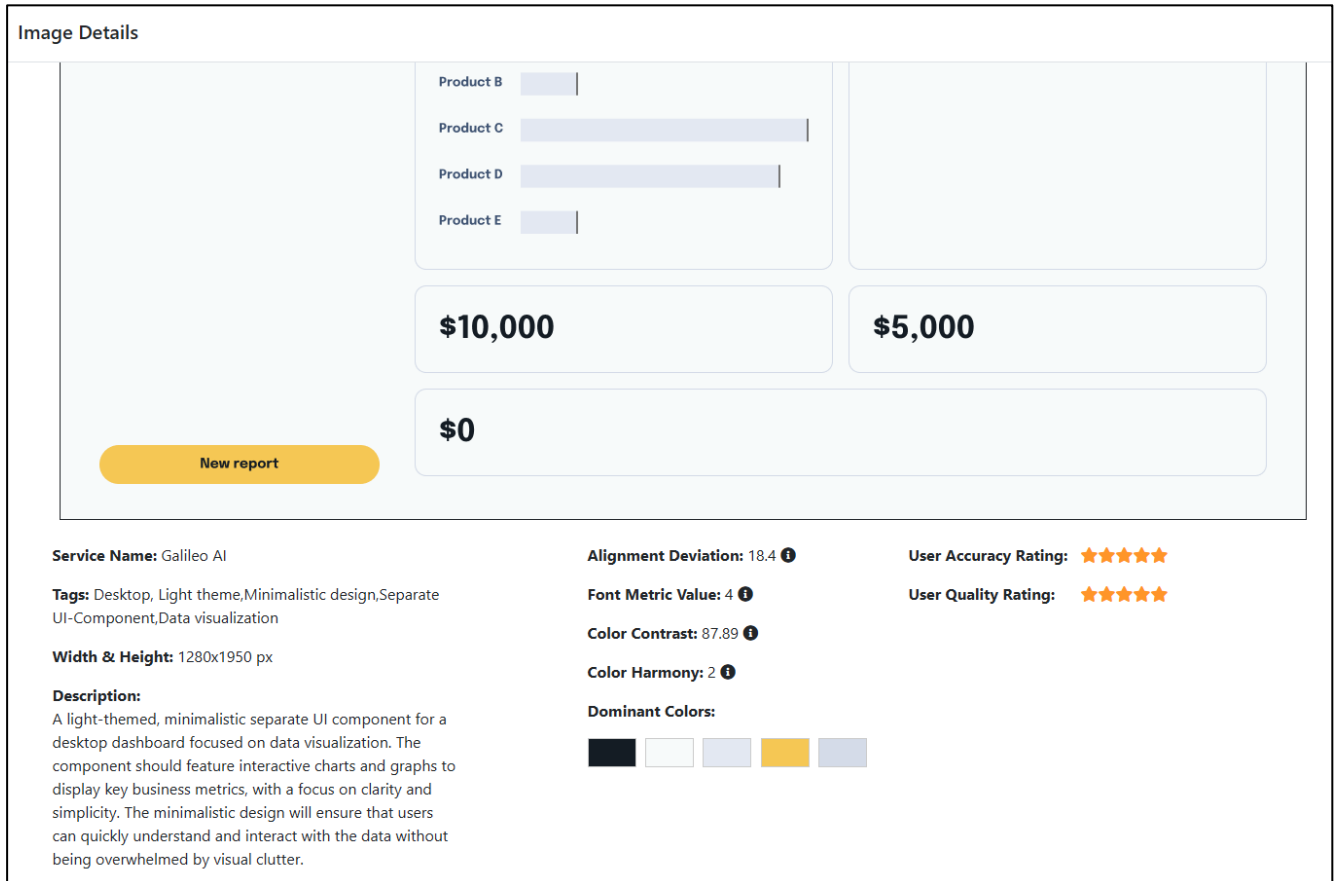


Рисунок 5.14 – Метрики для прототипу згенерованого Galileo AI (створено самостійно)

Проставимо експертні оцінки:

- оцінка якості користувача: 5. Інтерфейс задовольняє базові вимоги до якості;
- оцінка точності генерації: 5. Всі вимоги реалізовані.

Тепер згенеруємо прототип за таким же описом за допомогою UX Pilot (див. рис. 5.15). Маємо розраховані метрики зображені на рис. 5.16.

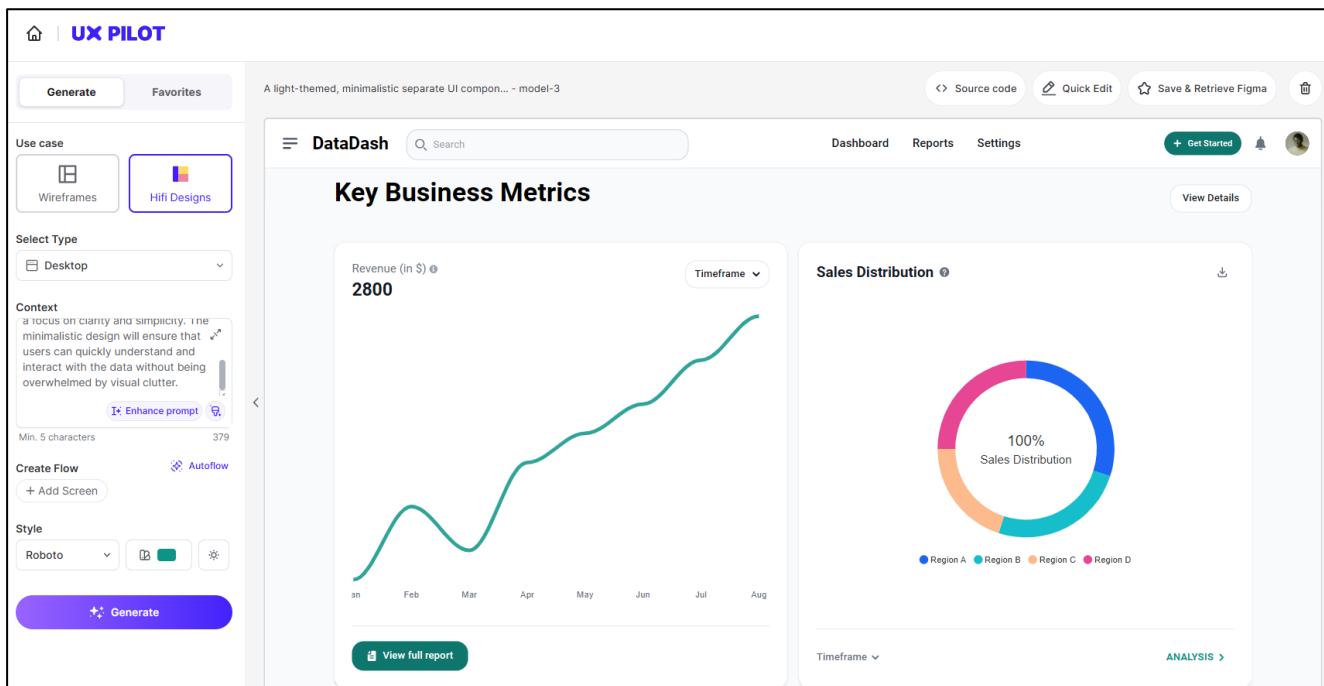


Рисунок 5.15 – Генерація прототипу за допомогою UX Pilot (створено самостійно)

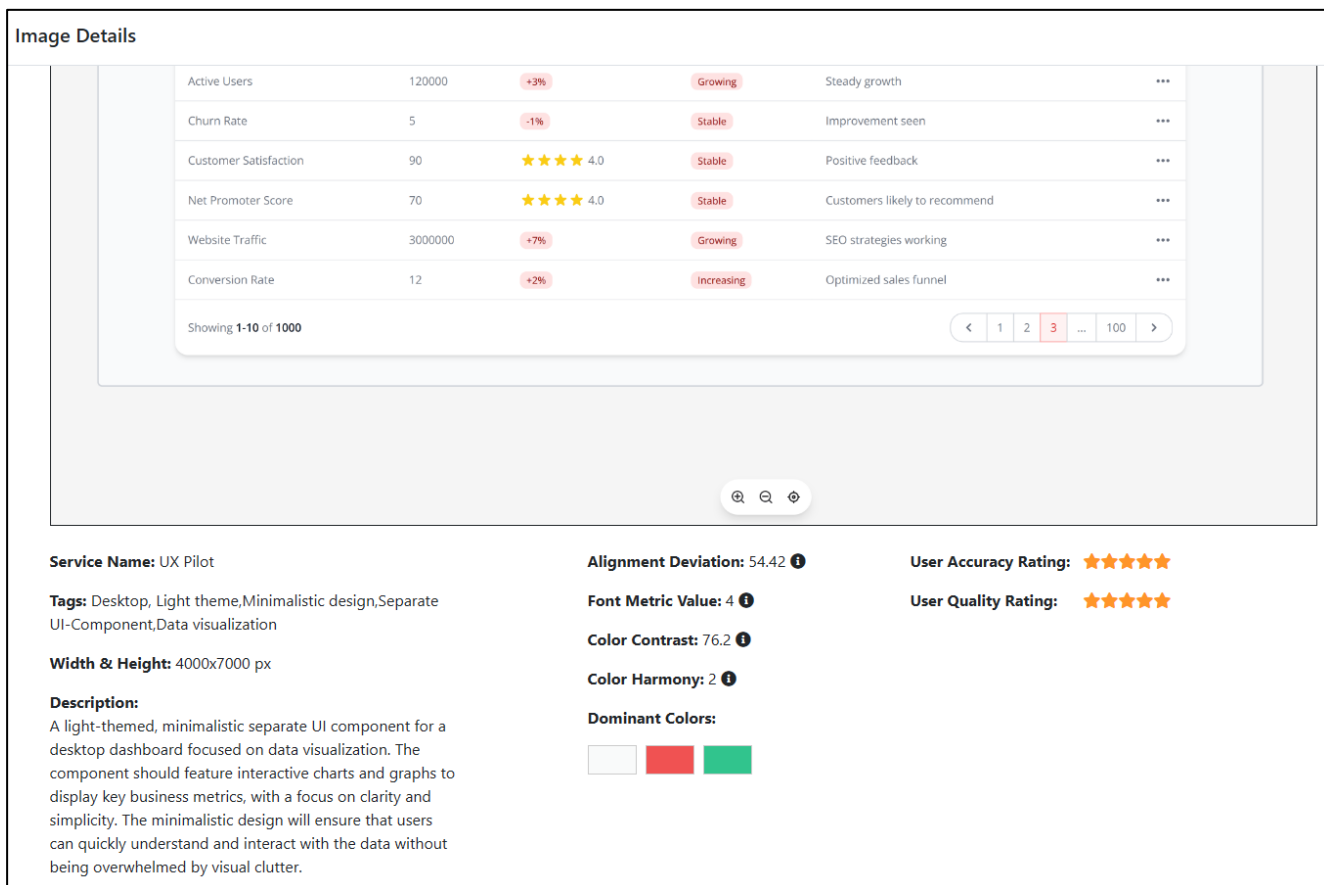


Рисунок 5.16 – Метрики для прототипу згенерованого UX Pilot (створено самостійно)

Для прототипу UX Pilot:

- відхилення від центральної сітки 54,42;
- оцінка використання шрифтів 4;
- контраст кольорів 76,2;
- гармонія кольорів 2.

Проставимо експертні оцінки:

- оцінка якості користувача: 5. Інтерфейс задовольняє базові вимоги до якості;
- оцінка точності генерації: 5. Всі вимоги реалізовані.

Можна зробити наступні висновки:

- всі сервіси досить точно згенерували прототипи за описом;
- всі сервіси мають гарний показник контрасту кольорів;
- сервіс Galileo AI показав себе краще в розташуванні елементів за центральною сіткою;
- сервіс Uizard AI програє своїм конкурентам в метриках гармонії кольорів, використання шрифтів та експертній оцінці користувача.

5.3 Аналіз результатів експерименту

Для аналізу результатів експерименту звернемося до останньої сторінки «Services Rating» (див. рис. 5.17).

На даній сторінці, сервіси розміщені в порядку спадання рейтингу (R), який являє собою коефіцієнт корисності, обчислений за формулою 5.1:

$$R = \frac{2(R_{\text{точ}} + R_{\text{якс.кор}} + R_{\text{якс.прог}})}{3} \quad (5.1)$$

де $R_{\text{точ}}$ – середня оцінка точності генерації зображень сервісом,

$R_{\text{якс.кор}}$ – середня експертна оцінка користувача якості генерації зображень,

$R_{\text{якс.прог}}$ – середня оцінка якості генерації зображень, обчислена програмно, що враховує оцінки гармонії кольорів, контрастності, використання шрифтів та коефіцієнту відхилення елементів від центральної сітки.

The screenshot displays a 'Services Rating' interface with a sidebar on the left containing navigation options: Visionary, Generated Samples, Samples Analysis, Correlation Analysis, and Services Rating. The main content area lists three services:

Service	Rating	Top Tags	Top Metrics
UX PILOT	9.21	Desktop, Light theme, Flat design, Data visualization, Form, Detailed design	Color Contrast, Font Metrics, Quality
Galileo AI	9.05	Full-screen prototype, Dark theme, Classic design, Separate UI-Component, Mobile	Color Harmony, Accuracy
Uizard.io	7.93	Minimalistic design	Alignment Deviation

Рисунок 5.17 – Сторінка рейтингу сервісів (створено самостійно)

За результатами можна побачити, що UX Pilot демонструє стабільно високі результати в різних областях з вираженими сильними сторонами у різних аспектах користувацького інтерфейсу та досвіду. Даний сервіс створює привабливі настільні інтерфейси з акцентом на світлі теми, візуалізацію даних, форми та деталізовані принципи дизайну. Найвищий рейтинг 9,21 підкреслює його відмінну продуктивність у досягненні високих оцінок гармонії кольорів, використанням шрифтів та загальної якості дизайну. Це найкращий вибір для проектів, що вимагають витончених настільних інтерфейсів з акцентом на візуалізацію даних і світлу естетику.

З рейтингом 9,05 Galileo AI досягає високих результатів у мобільному дизайні, особливо для інтерфейсів зі темною темою та класичним дизайном. Його сильні сторони – це вміння вдало підібрати кольори і якомога точно згенерувати

дизайн на основі вхідного рядка від користувача. Сервіс підходить для мобільних застосунків, де важливі чіткість та точність у поданні даних.

З рейтингом 8,02 Uizard.io виділяється в своєму мінімалістичному дизайні компонентів, особливо досягаючи високих результатів у розташуванні елементів відповідно до центральної сітки. Інструмент підходить для застосунків, де важливо на ранньому етапі сформувавши перші прототипи, можливо схематично.

5.2 Підтвердження та спростування гіпотез

Гіпотеза про наявність домінуючого сервісу:

- нульова гіпотеза (H₀, спростована) – один з трьох сервісів, що досліджуються має перевагу над іншими в усіх показниках незалежно від предметної області;
- альтернативна гіпотеза (H₁, підтверджена) – існує сервіс, який має загальну перевагу над іншими аналогами але не в усіх областях застосування.

Гіпотеза про оцінку точності та якості:

- нульова гіпотеза (H₀, спростована) – сервіс, що генерує найбільш точні інтерфейси обов'язково має найвищу оцінку якості, що визначається користувачем;
- альтернативна гіпотеза (H₁, підтверджена) – існують два різні сервіси, один з яких має перевагу у точності, а інший – в якості інтерфейсів, що генеруються.

Гіпотеза про залежність критеріїв від оцінки якості, визначеної користувачем:

- нульова гіпотеза (H₀, спростована) – всі чотири програмно обчислюваних критерії мають сильну кореляцію з оцінкою якості користувача. Гіпотеза спростована, тому що два з чотирьох критеріїв мають сильну кореляцію;
- альтернативна гіпотеза (H₁, підтверджена) – тільки частина критеріїв мають сильну кореляцію з оцінкою якості користувача, всі інші мають слабкий зв'язок.

ВИСНОВКИ

В процесі виконання кваліфікаційної роботи було проведено дослідження існуючих інструментів генерації графічного інтерфейсу, були визначені оцінки точності та якості згенерованих прототипів з урахуванням метрик гармонії кольорів, контрасту, відхилення від центральної сітки, застосування шрифтів, а також експертних оцінок користувача.

Було визначено, що найбільший коефіцієнт корисності має сервіс UX Pilot. Проте інші сервіси мають перевагу в наступних областях:

- Uizard.io – мінімалістичний дизайн, найкраща оцінка відхилення розташування елементів;
- Galileo.io – мобільні пристрої, повноекранні прототипи, темна тема, класичний дизайн.

Було визначено, що AI-інструменти для дизайну значно покращують продуктивність, забезпечуючи можливість швидко створювати інтерфейси високої якості. Проте, жоден інструмент не є універсальним лідером у всіх аспектах.

В процесі виконання роботи було зроблено всебічний аналіз можливостей застосування сучасних алгоритмів штучного інтелекту в процесі дизайну інтерфейсів користувача. Робота включала формулювання основних гіпотез, розробку експериментального плану, проведення експерименту з використанням розробленого ПЗ.

Було розроблено комплексний план, який включає визначення цільових інструментів, критеріїв оцінки, основні змінні та методології. Особливу увагу було приділено програмному аналізу згенерованих інтерфейсів користувача.

Було визначено, що AI-інструменти для дизайну значно покращують продуктивність, забезпечуючи можливість швидко створювати інтерфейси високої якості. Проте, жоден інструмент не є універсальним лідером у всіх аспектах.

UX Pilot виявився найкращим для створення настільних інтерфейсів з деталізованим дизайном, з акцентом на світлі теми та якість картинки. Galileo AI є відмінним вибором для мобільних застосунків, особливо при створенні інтерфейсів

з темними темами та класичним дизайном. Uizard.io підходить для створення інтерфейсів з акцентом на точність генерації і мінімалізм.

Результати дослідження показують, що є сенс інтегрувати AI-інструменти в процес розробки інтерфейсів, щоб підвищити ефективність і якість кінцевого продукту. Проте, слід враховувати сильні сторони кожного інструменту в залежності від конкретної задачі та вимог проекту.

Подальші дослідження можуть зосередитися на розширенні аналізу інструментів, включаючи більше варіантів і розглядаючи нові критерії оцінки їх ефективності.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Новаківський І. І. Штучний інтелект в дизайні інтерфейсів: Тенденції та перспективи. – Київ: Техніка, 2020. – 215 с.
2. Мельнікова Р. В. Дослідження методів штучного інтелекту для збільшення масштабу зображень / Р. В. Мельнікова, М. Ю. Нечаєв // Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління : тез. доп. дванадцятій міжнародній науково-технічній конференції, 27–28 квітня 2022 р. – Т. 2. – Баку–Харків–Жиліна, 2022. – С. 145.
3. Костенко А. В. Методологія розвитку інтерактивних систем з використанням штучного інтелекту / Костенко А. В., Серета П. К. – Львів: Світ, 2019. – 52 с.
4. Коваленко Ю.М. Інновації в інтерфейсах: вплив штучного інтелекту. – Одеса: Астропринт, 2021. – 102 с.
5. Воропаєва К. А. Штучний інтелект як ризик та можливість / К. А. Воропаєва, науковий керівник – доц. Покровський А. М. // Радіоелектроніка та молодь у ХХІ столітті : матеріали 24-го Міжнар. молодіж. форуму, 7–9 квітня 2020 р. – Харків : ХНУРЕ, 2020. – Т. 8. – С. 16–17.
6. Боровинська Ю. Д. Тренди UI дизайну у 2021 році / Ю. Д. Боровинська // Радіоелектроніка та молодь у ХХІ столітті : зб. матеріалів 25-го Міжнар. молодіжн. форуму, 20–22 квітня 2021 р. – Харків : ХНУРЕ, 2021. – Т. 6 (конф. «Інформаційні інтелектуальні системи»). – С. 367–368.
7. 15 AI tools every UI/UX designer must try. Uxplanet.org. URL: <https://uxplanet.org/15-ai-tools-every-ui-ux-designer-must-try-a61c697649a2> (дата звернення 26.05.2024).
8. Galileo AI quick start. Galileo AI documentation. URL: <https://docs.galileo.com/docs/quick-start> (дата звернення 26.05.2024).
9. Norman D., Draper S. User Centered System Design: New Perspectives on Human-Computer Interaction. – CRC Press, 2021 – 34 с.

**ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ ЗА НАУКОВИМИ НАПРЯМКАМИ
КЕРІВНИКА ТА НАУКОВЦІВ КАФЕДРИ ПРОГРАМНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ**

2. Мельнікова Р. В. Дослідження методів штучного інтелекту для збільшення масштабу зображень / Р. В. Мельнікова, М. Ю. Нечаєв // Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління : тез. доп. дванадцятій міжнародній науково-технічній конференції, 27–28 квітня 2022 р. – Т. 2. – Баку–Харків–Жиліна, 2022. – С. 145.