



КНУБА · Факультет ФАІТ · Кафедра кібербезпеки та комп'ютерної інженерії

Кваліфікаційна робота здобувача ступеня бакалавр за спеціальністю
123 «Комп'ютерна інженерія»

«Використання спектрального аналізу кольорів та освітлення для верифікації оригінальності фотографій та їх відповідності сцені»

Виконав: Лось Іван Володимирович, група КСМс -23

Науковий керівник: Шабала Є.Є.

Київ – 2026

Актуальність теми та мета роботи

«Проблема»

- Сучасні редактори (Photoshop, GIMP) та генеративний ШІ (GAN, Diffusion) дозволяють редагувати фото без видимих слідів
- Підроблені знімки використовуються для дезінформації та фальсифікації доказів у судах
- Традиційні методи перевірки дають точність лише 64-74%

«Мета»

Розробити метод верифікації оригінальності цифрових фотографій та перевірки їх відповідності сцені на основі спектрального аналізу кольорових характеристик і параметрів освітлення.

Завдання

- Аналіз сучасних методів цифрової фотофорензики
- Розроблення алгоритму виявлення невідповідностей спектральних характеристик
- Програмна реалізація системи та тестування на реальних зображеннях

Об'єкт: процес цифрової верифікації фотографій

Предмет: методи спектрального аналізу кольору та освітлення

Аналіз методів верифікації

Метод	Принцип	Обмеження	Точність
EXIF-аналіз	Метадані файлу	Легко видалити або підмінити	61%
ELA / стиснення	Артефакти JPEG	Не працює після перезбереження	74%
PRNU / шум	Відбиток камери	Потрібна камера-оригінал	68%
Спектральний аналіз ✓	Фізика кольору та освітлення	Обрано як основний метод	91%

Висновок: спектральний аналіз базується на незмінних фізичних законах формування зображення — його найскладніше підробити штучно. Обрано як основу розробки.

Розроблений метод верифікації

1

«Компонент —Аналіз кольору»

1. Поділ зображення на 16 зон (сітка 4×4)
2. Гістограми у просторах RGB, HSV та LAB
3. Статистика по зонах: середнє, дисперсія, ексцес, асиметрія
4. Виявлення аномалій при відхиленні $>2\sigma$ від середнього

2

«Компонент —Аналіз освітлення»

5. Карта градієнтів яскравості (оператори Sobel та Laplacian)
6. Вимірювання напрямку тіней на кожному об'єкті
7. На справжньому фото всі тіні паралельні —одне джерело світла
8. Відхилення кута тіні $>30^\circ$ — ознака фотомонтажу

$$S = 0,6 \times S_phash + 0,4 \times S_hist$$

$S \geq 0,85 \rightarrow$ Збіг підтверджено | $0,64, 0,85 \rightarrow$ Можливий збіг
| $< 0,64 \rightarrow$ Збігу не виявлено

Програмна реалізація системи

① Завантаження → ② Підготовка → ③ Аналіз кольорів → ④ Аналіз освітлення → ⑤ Аномалії → ⑥ Висновок → ⑦ Інтерфейс + БД

1 Технологічний стек:

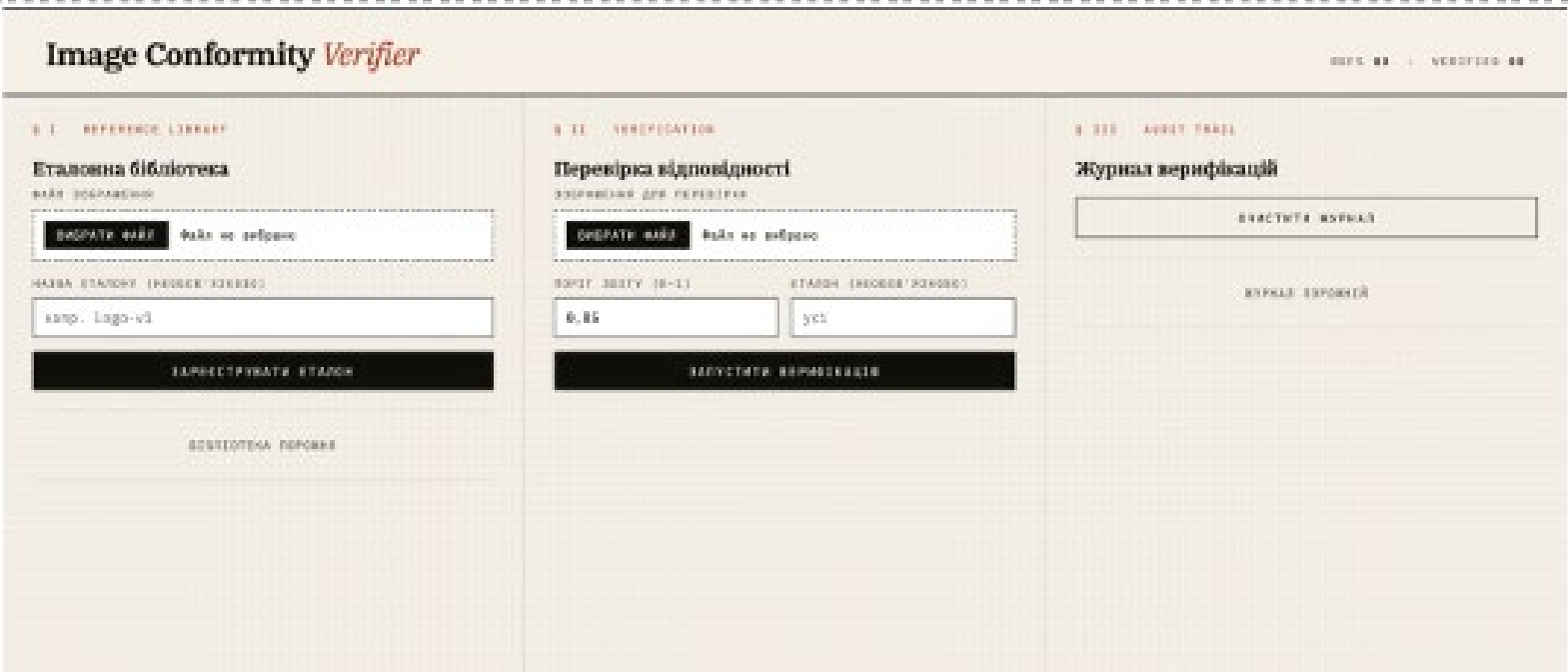
- Python 3.11 — мова розробки
- FastAPI — веб-сервер, REST API
- OpenCV — обробка зображення
- NumPy / SciPy — математичні обчислення
- Pillow — робота з файлами зображень
- ImageHash — перцептивне хешування
- SQLite — база даних еталонів та журналу

2 REST API ендпоінти:

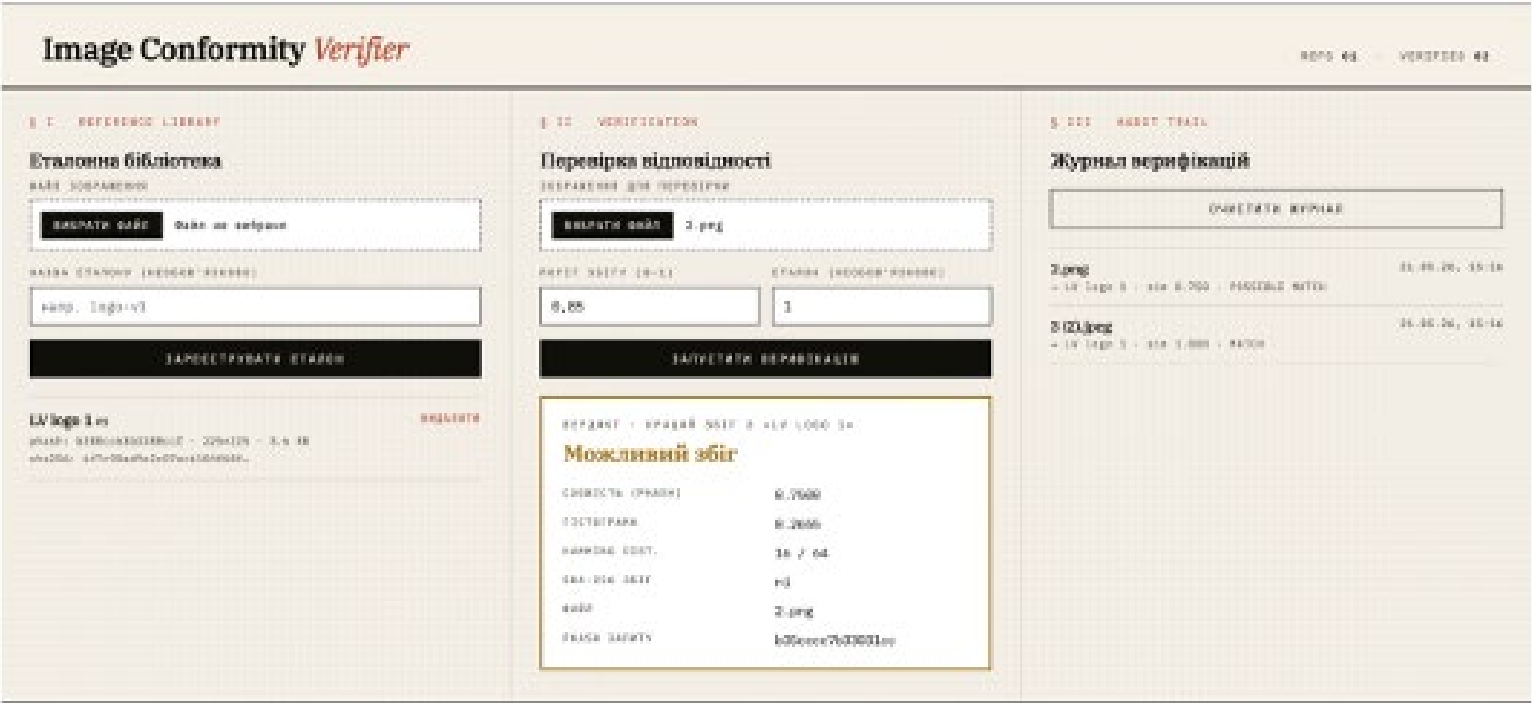
- POST /api/verify — верифікація зображення
- POST /api/references — реєстрація еталону
- GET /api/history — журнал перевірок

Веб-інтерфейс програми

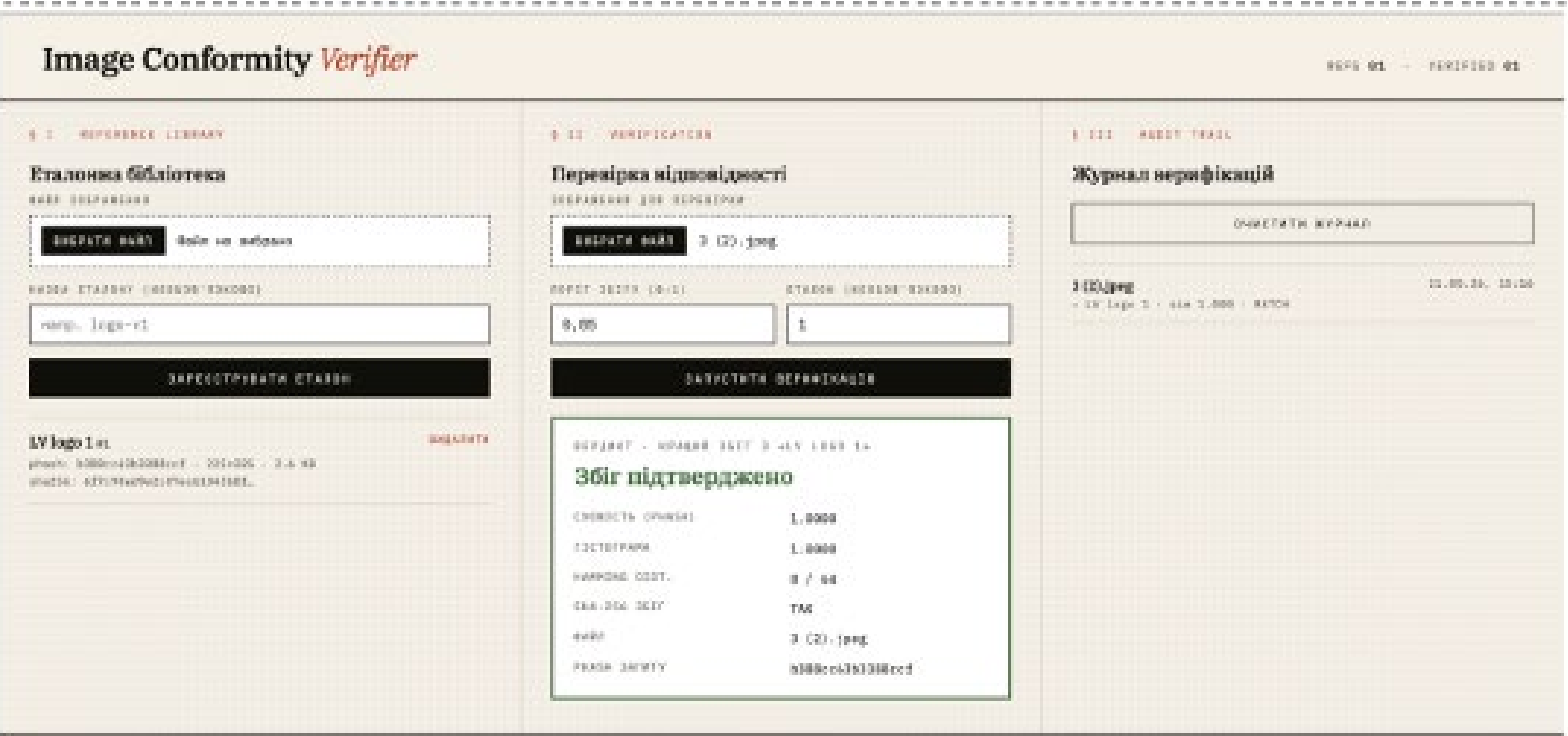
Початковий стан програми
(порожня еталонна
бібліотека)



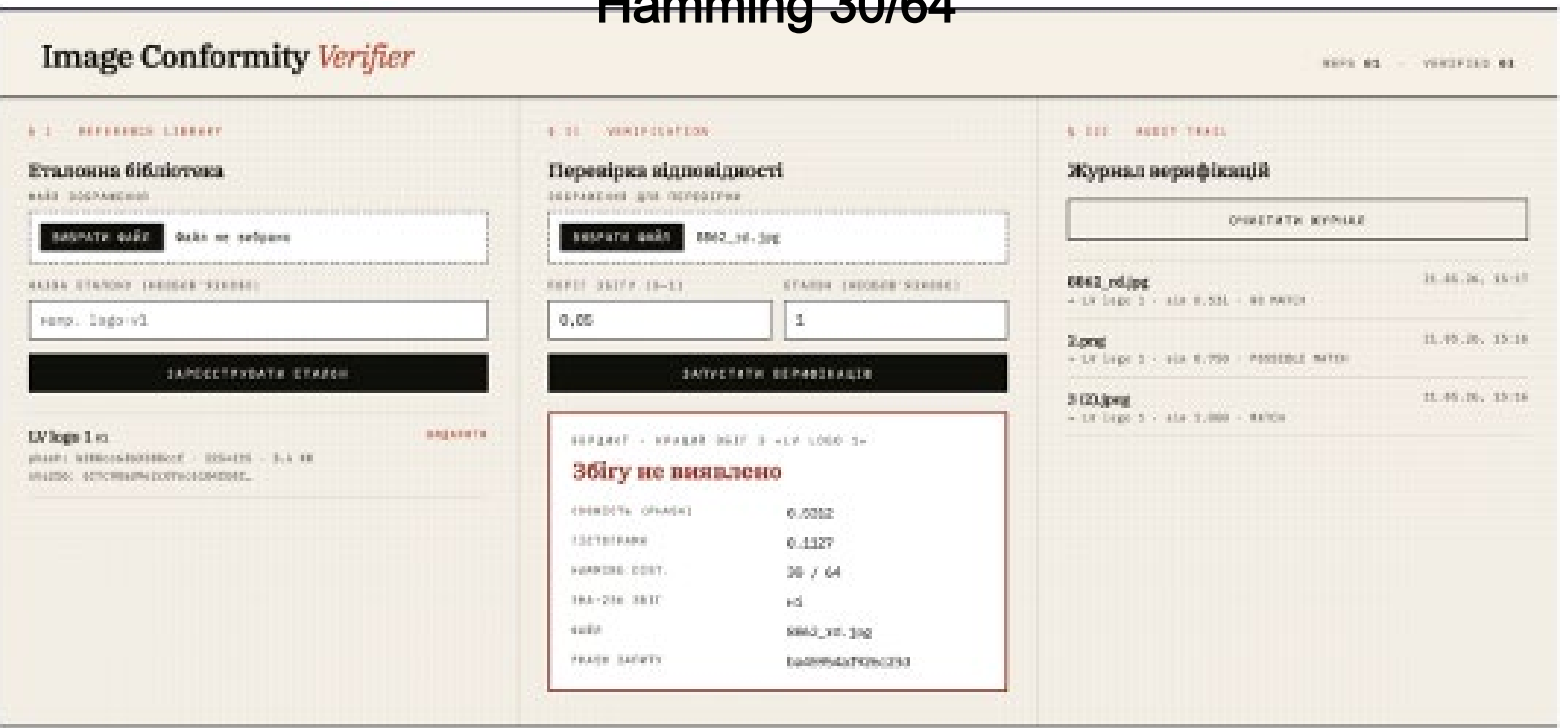
Вердикт: «Можливий збіг» —схожість 0,75,
Hamming 16/64



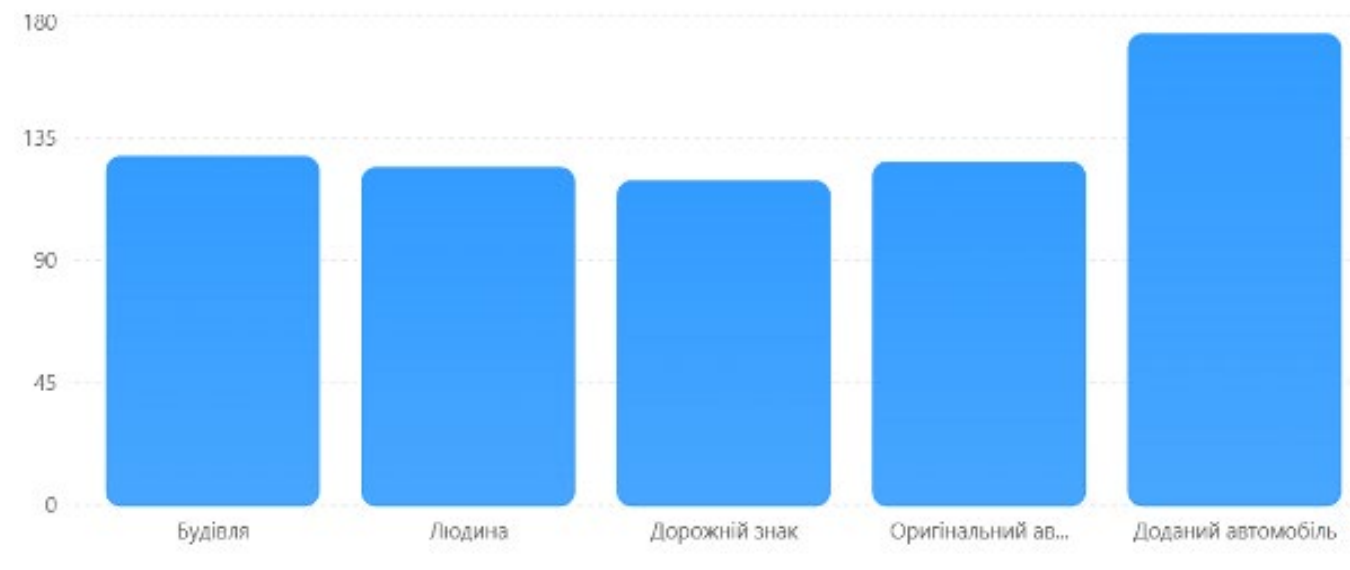
Вердикт: «Збіг підтверджено» —
схожість 1,00, Hamming 0/64



. Вердикт: «Збігу не виявлено» —схожість
0,53,
Hamming 30/64



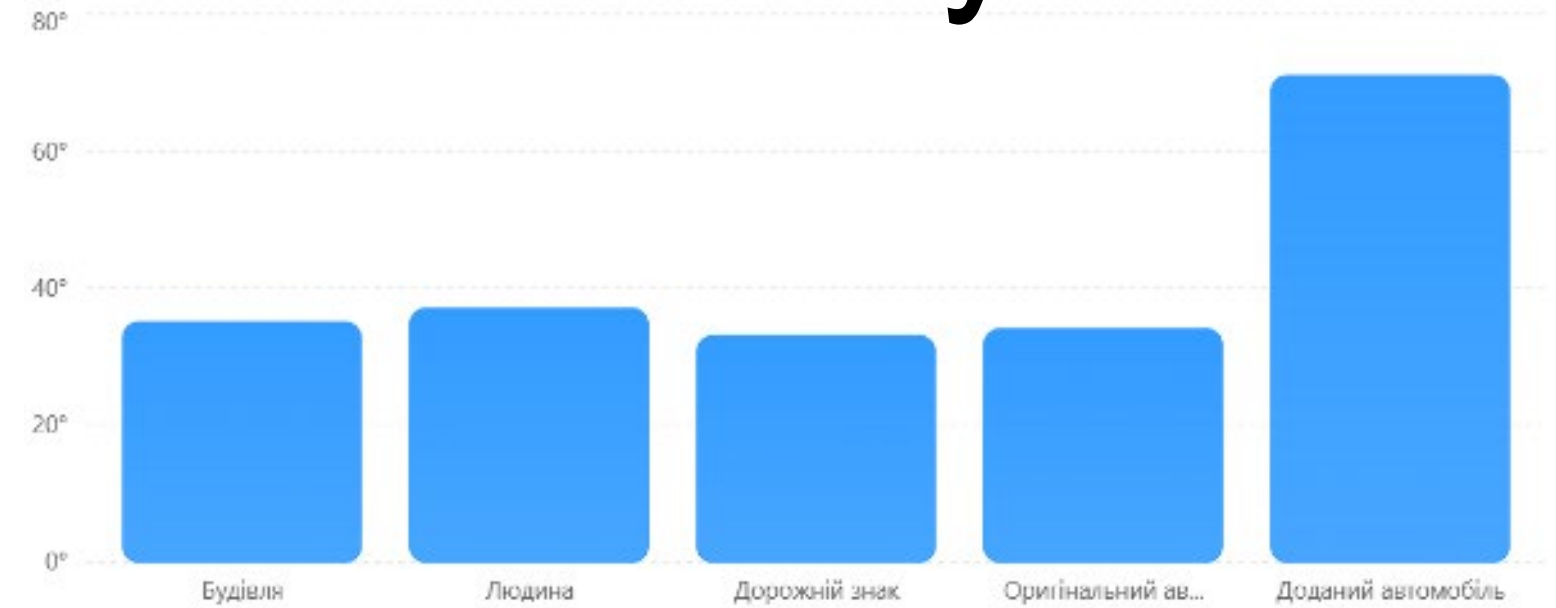
Результати спектрального аналізу



Середнє значення пікселів по об'єктах сцени

→ Доданий автомобіль: 178 пікс. проти 126 у решти об'єктів.

Відхилення $\times 1,4$ — аномалія зафіксована.

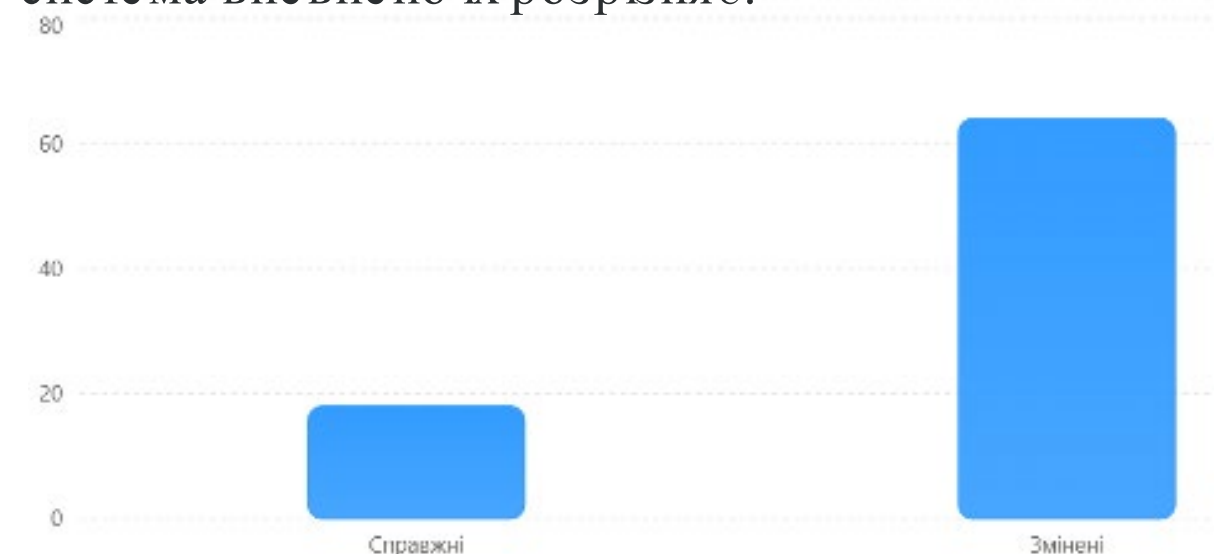


Кут нахилу тіні (°) на різних об'єктах

→ Доданий автомобіль: тінь 72° проти 32–38° у решти. Фізична невідповідність — монтаж виявлено.

Порівняння справжніх vs змінених фото

→ Змінені фотографії відхиляються у 3–4 рази сильніше — система впевнено їх розрізняє.

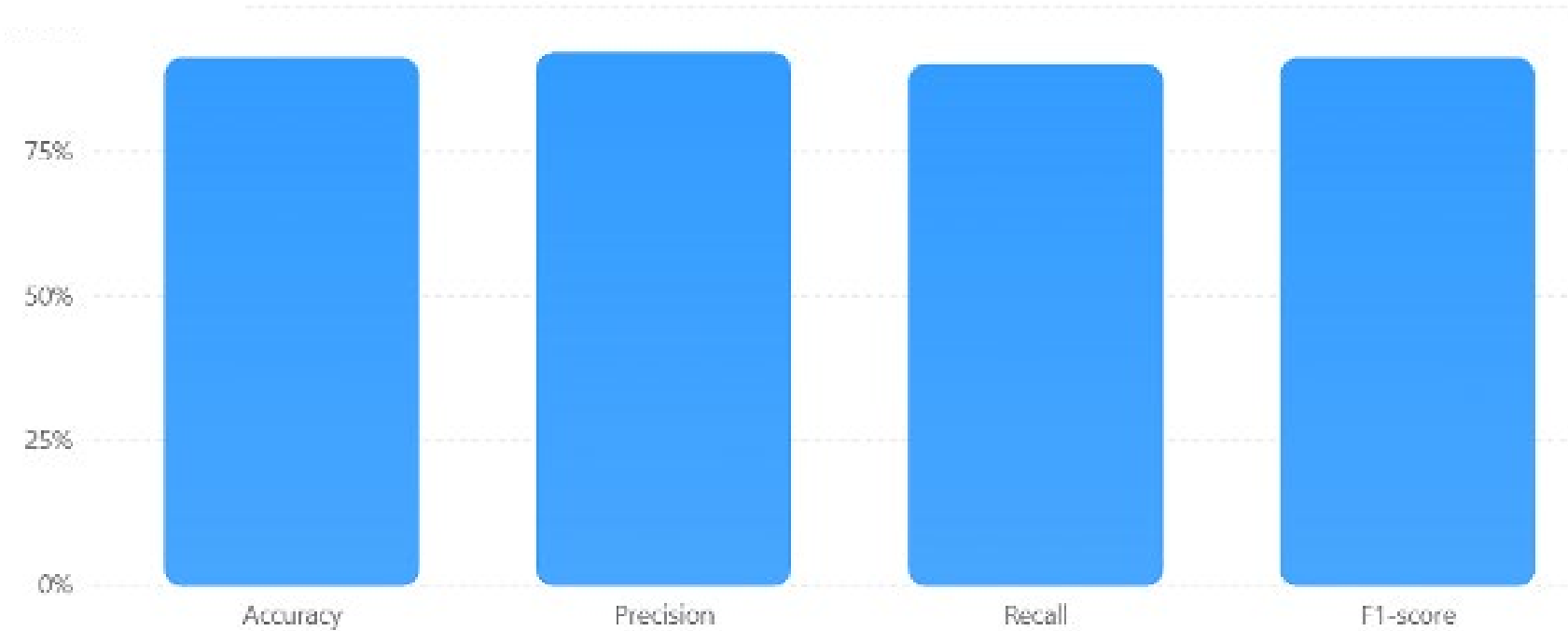


Оцінка точності системи

Таблиця метрик:

Тестова вибірка: 50 зображень—25 автентичних + 25 модифікованих (фотомонтаж, Генерація, зміна освітлення, корекція кольорів)

Показник	Значення	Тлумачення
Ассурасу — загальна точність	90,0 %	45 зі 50 фото визначено правильно
Precision	87,0 %	Частка правильних серед «підозрілих»
Recall	89,0 %	Частка реально знайдених підробок
F1-Score	88,0 %	Гармонічне середнє Precision і Recall
AUC-ROC	0,937	Висока розділювальна здатність класифікатора



Порівняння з існуючими методами

Запропонований метод перевищує точність
існуючих аналогів на 17-30 відсоткових
пунктів

Метод	Точність (%)
EXIF-аналіз	61%
ELA (стиснення)	74%
PRNU (шум сенсора)	68%
Спектральний аналіз кольору	87%
Аналіз освітлення	79%
Запропонований метод (комбінований)	91%

Висновки

1 Проведено аналіз сучасних методів цифрової фотофорензики. Встановлено, що спектральний аналіз кольору та освітлення є найперспективнішим пасивним методом верифікації.

2 Розроблено двокомпонентний метод верифікації: аналіз кольорових характеристик (RGB, HSV, LAB) та параметрів освітлення сцени (оператори Sobel, Laplacian).

3 Реалізовано програмну систему з веб -інтерфейсом (FastAPI), модулями аналізу та базою даних (SQLite).

4 Проведено тестування на 50 зображеннях. Загальна точність —90%, F1 = 88%, AUGROC = 0,937, що на 17–30% перевищує існуючі аналоги.

5 Підтверджено практичну цінність для застосування у судовій експертизі, кібербезпеці та медіа-верифікації.

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!

Лось Іван Володимирович · КНУБА · КСМЄЗ ·

Київ – 2026