УДК 004.92

МЕТОДИ ЛІНІЙНОЇ АЛГЕБРИ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПЕРЕТВОРЕННЯ БІНАРНИХ ЗОБРАЖЕНЬ

Громова В.В.
Науковий керівник – канд. фіз.-мат. наук, доц. Ламтюгова С.М.
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПМ,
м. Харків, Україна
e-mail: viktoriia.hromova@nure.ua

The paper considers the linear algebra methods for binary image modeling and conversion. The impact of standard matrix operations on image transformations is examined. Real-world applications include facial recognition, social media editing, and image enhancement algorithms, highlight the significance of the linear algebra methods in image modeling and processing.

Існує два типи методів обробки зображень: аналогова та цифрова обробка. Аналогові методи, як правило, застосовуються для паперових копій, таких як газети, роздруківки та фотографії. Цифрова обробка зображень допомагає маніпулювати та аналізувати цифрові зображення за допомогою комп'ютерних програм та алгоритмів.

Цифрові зображення можна представити у вигляді матриць, адже кожне цифрове фото складається з пікселей – найменших графічних елементів матричного зображення [1].

Нижче представлене зображення у вигляді фото (рис. 1) та матриці 17×17 (рис. 2), елементами якої є числа 0 і 1. Таке зображення є бінарним або булевим, бо складається лише з 2 кольорів.

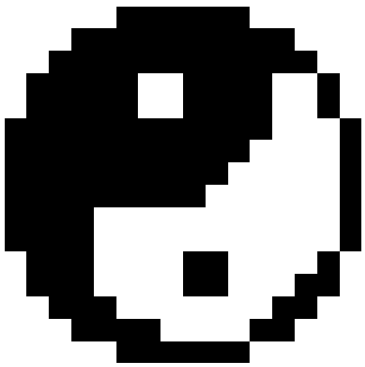


Рисунок 1 – Фото зображення

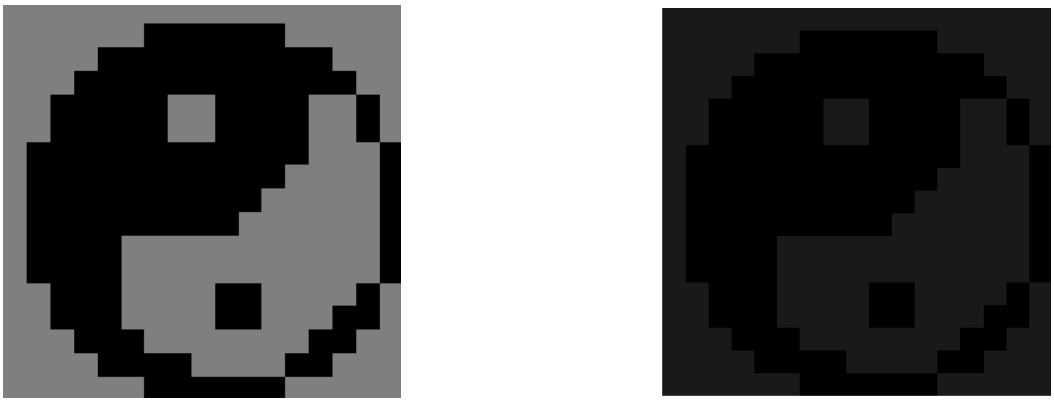
```
A = {{1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1},
     {1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 1},
     {1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 1},
     {1, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1},
     {1, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 0, 1},
     {1, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 0, 1},
     {1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 0},
     {1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 0},
     {1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 0},
     {1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 0},
     {1, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0},
     {1, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0},
     {1, 1, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 0, 1},
     {1, 1, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 1, 1, 1, 0, 0, 1},
     {1, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 1, 1},
     {1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 1, 1},
     {1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 1}};
```

Рисунок 2 – Матриця зображення

Матрицями можуть бути представлені і відтінки сірого, при цьому кожен елемент матриці визначає інтенсивність відповідного пікселя. Більшість сучасних цифрових файлів використовують цілі числа від 0 до 255, де 0 – чорний колір, мінімальної інтенсивності, а 255 – білий, максимальної інтенсивності. Це дає $256=2^8$ різних рівнів сірого [1].

Оскільки зображення можуть бути представлені у вигляді матриць, то стандартні матричні операції дозволяють здійснювати різноманітні перетворення зображень, такі як зміна розмірів, поворот, вирівнювання та інші обробки, що важливі для аналізу зображень [2].

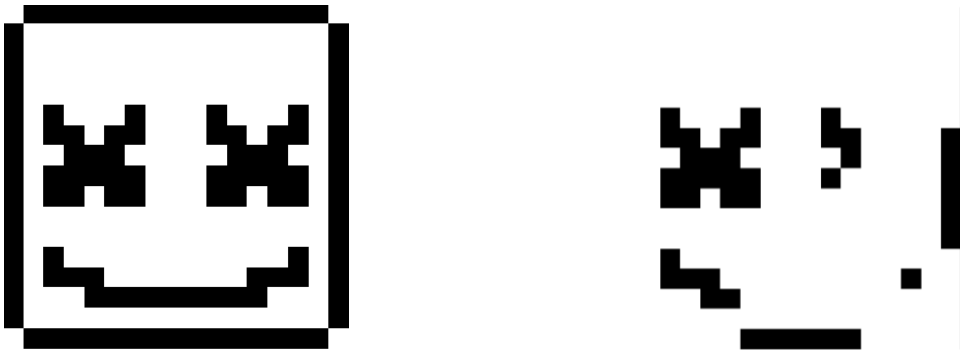
Множення матриці зображення на константу множить кожне значення кольору на цю константу. Якщо в результаті множення отримано значення більше 1, воно просто залишається на рівні 1. На рис. 3, а показано результат множення матриці зображення на 5, а на рис. 3, б – на 100. Чим більше множник, тим темніше стає зображення.



а б

Рисунок 3 – Множення матриці зображення на константу: а) 5, б) 100

Додавання матриць двох зображень додає значення кольорів обох зображень. Подібно до множення, якщо результатом додавання є значення, більше за 1, воно просто залишиться на рівні 1. На рис. 4, а показано вихідне зображення, а на рис. 4, б – результат додавання матриці зображення рис. 4, а до матриці зображення рис. 1.



а б

Рисунок 4 – Додавання матриць зображень:
а) вихідне зображення, б) результат додавання

Результат віднімання матриці зображення з рис. 4, а від матриці зображення з рис. 1 представлено на рис. 5. На рис. 6 представлено результат транспонування матриці зображення з рис. 1.

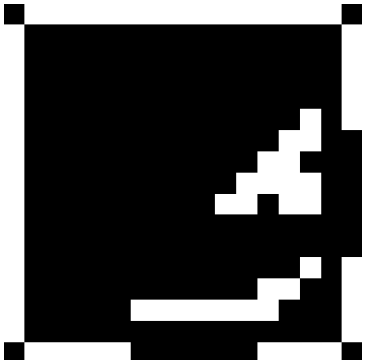


Рисунок 5 – Віднімання матриць зображень

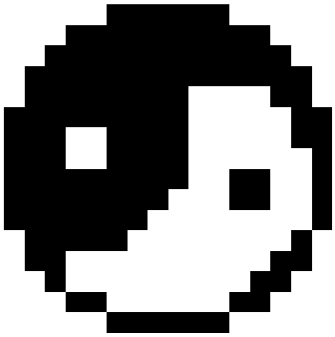


Рисунок 6 – Транспонування матриці зображення

У зв’язку зі зростанням обсягів даних, що обробляються та передаються, важливими завданнями в сучасних системах обробки та зберігання інформації є зниження розміру зображень та оптимізація їхнього зберігання. Матричне стиснення, або зменшення розміру матриць, можна виконати різними способами, які ґрунтуються на знаходженні закономірностей у матриці. Наприклад, можна видалити зайві нулі з матриці для зменшення обсягу пам’яті. Прикладами алгоритмів лінійної алгебри є також діагоналізація, обрізання, наближення низького рангу, квантування, згортка та інші. Ці методи дозволяють ефективно видаляти зайву інформацію, яка не впливає на якість або сутність зображення, та зменшує їх розміри.

Цифрова обробка зображень знаходить багато застосувань у реальному світі, таких як підвищення безпеки за допомогою систем розпізнавання облич, аналізу поведінки в соціальних мережах для збору даних та прогнозування інтересів користувачів, удосконалення якості фотографій для особистих та комерційних потреб, а також у вирішенні складних наукових завдань, зокрема у космічних, медичних та інженерних дослідженнях [2, 3].

Список використаних джерел:

1. Pesco, D. U., & Bortolossi, H. J. (2012). Matrices and Digital Images. URL: http://dmuw.zum.de/images/6/6d/Matrix-en.pdf (дата звернення: 02.03.2024).

2. Shah A. Analysis of the usage of linear algebra in image processing. URL: https://www.researchgate.net/publication/369589234_Analysis_of_the_usage_of_linear_algebra_in_image_processing (дата звернення: 02.03.2024).

3. Yesilevskyi, V., Koliadin, A., & Sereda, O. (2022). Development of a video processing module for the task of air object recognition based on their contours. Innovative technologies and scientific solutions for industries, 3 (21), 16–25. https://doi.org/10.30837/ITSSI.2022.21.016.