

Негіпа О.Л., група ДЕА-ІВ 23мг

ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ ЦИФРОВОЇ ОБРОБКИ СИГНАЛІВ НА ОСНОВІ ПЕРЕТВОРЕННЯ ФУР'Є ДЛЯ ОТРИМАННЯ МОРФОЛОГІЧНИХ ОЗНАК ФАЗОВИХ ОБ'ЄКТІВ

Об'єктом дослідження даної роботи є вдосконалення способу визначення морфологічних ознак еритроцитів шляхом візуалізації тривимірного зображення з подальшим статистичним аналізом морфологічних змін для визначення ступеня їх функціональності.

В роботі запропоновано обробити отримані в результаті експерименту інтерференційні зображення еритроцитів з метою визначення геометричних морфологічних характеристик застосувавши для побудови тривимірного зображення еритроцитів метод цифрової обробки сигналів на основі перетворення Фур'є, з накладанням смугового фільтру, метод візуалізації тривимірної форми об'єктів за двовимірними знімками та метод спектрального аналізу.

Вхідним знімком для математичної обробки цифрових сигналів є знімок інтерференційної картини еритроцитів, побудованого променями, що дифрагують та інтерференційної картини без зразка, коли камера Горяєва заповнена ізотонічним розчином (рис.1).

Отримані в результаті експерименту зображення необхідно обробити з метою визначення геометричних характеристик морфології еритроцитів. Така обробка може бути проведена методами цифрової обробки сигналів. Інший підхід заснований на застосуванні технік машинного навчання для відновлення зображення вихідного об'єкта, проте він вимагає наявності великої бази пар вхідних і відновлених зображень для коректного навчання.

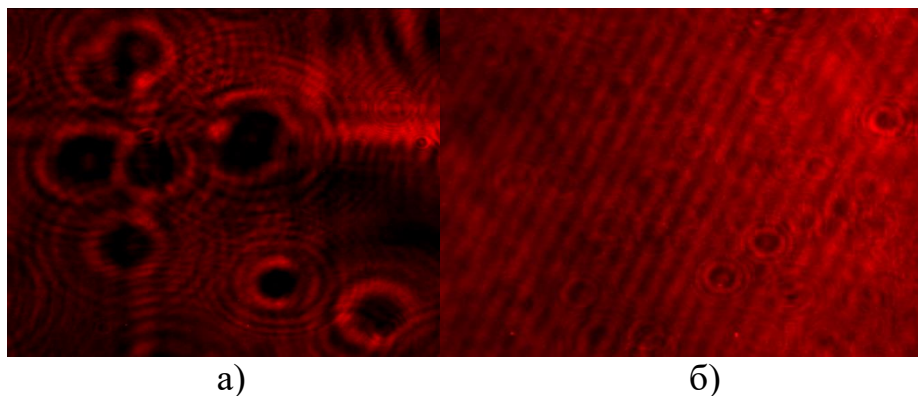


Рис. 1. Знімок інтерференційного зображення: а) еритроцитів; б) без зразка
В разі інтерференції двох променів загальне зображення може бути представлено формулою (1):

$$I(x, y) = a(x, y) + b(x, y) \cos(\varphi(x, y)) \quad (1)$$

де x, y – координати екрану;

$a(x, y)$ – зображення екрану;

$b(x, y)$ – амплітудна модуляція зображення.

Для отримання корисної інформації в натуральному вираженні (1) необхідно виділити значення функції $b(x, y)$. Одним з популярних способів отримання функції $b(x, y)$ є метод на основі перетворення Фур'є.

Відповідно до цього методу необхідно виконати двовірне перетворення Фур'є

над зареєстрованим зображенням. Так як функція $I(x, y)$ реєструється за допомогою цифрової камери, то на практиці замість неперервної функції маємо двомірний масив значень I_{jk} . Діапазон змін індексів j, k визначається здатністю камери і розміром зображення ($M \times N$) пікселів.

В цьому випадку дискретне перетворення Фур'є буде мати вигляд (2)

$$\mathfrak{S}_{jk} = \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} I_{mn} \exp \left[-2\pi i \left(\frac{mj}{M} + \frac{nk}{N} \right) \right]$$

$$j = 0, \dots, M-1; k = 0, \dots, N-1 \quad (2)$$

На наступному кроці необхідно виконати фільтрацію спектра. Для цього використовувався смуговий фільтр у формі півкільця з пропускнуою здатністю ω_c [ω_1, ω_2] (рис. 2). Вибір смугового фільтра обумовлений двома чинниками. Відсікання спектра на відрізку $0 < \omega_1$ дозволяє позбутися від постійної складової, а також в цей діапазон потрапляють частоти, викликані нерівномірністю освітлення екрану. На цей же відрізок потрапляють гармонійні складові з виразу (1). Відсікання відрізка частот $\omega > \omega_2$ дозволяє позбутися від частот, викликаних шумами камери.

Для реалізації алгоритму діагностики (рис. 2) розроблена програма на мові Python з використанням бібліотек NumPy і OpenCV.

Для демонстрації роботи програми розглянемо процес обробки зареєстрованого зображення.

Крок 1. Відкриваємо зареєстроване зображення і переводимо його в відтінки сірого (рис.2, а).

Крок 2. Обчислюємо Фур'є спектр. Для зручності візуалізації (рис.2, б) показаний логарифм спектру.

Крок 3 Накладаємо кільцевої фільтр з параметрами ω_c (рис. 2, в)

Крок 4. Виконуємо зворотне перетворення Фур'є від відфільтрованого спектру (рис.2, г).

Крок 5. Визначаємо модуль і фазу зображення.

Крок 6. Виділяємо центральну область зображення відновленої фази.

Крок 7. Згладжування результатів за допомогою фільтра Гауса.

Крок 8. Візуалізація отриманого зображення еритроцита у вигляді карти висот.

Приклади карт висоти виділеної області для одного еритроцита наведені на рис. 2. Зазначені варіанти отримані при різних режимах згладжування: без згладжування, розмір вікна фільтру згладжування $3 \times 3, 7 \times 7, 11 \times 11$.

Використання методу цифрової обробки сигналів на основі перетворення Фур'є дозволило отримати алгоритм обробки зображення для визначення морфологічних ознак фазових об'єктів з високою достовірністю щодо геометричних параметрів стану плазматичних мембран.

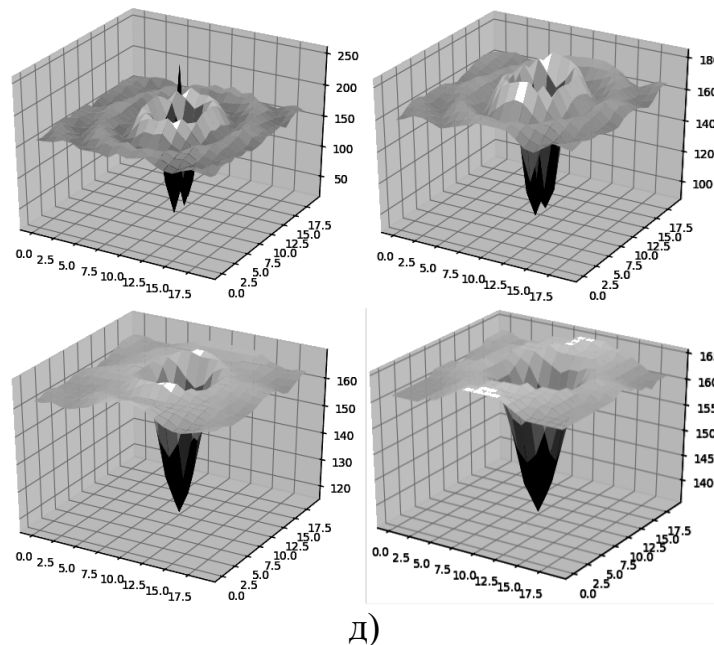
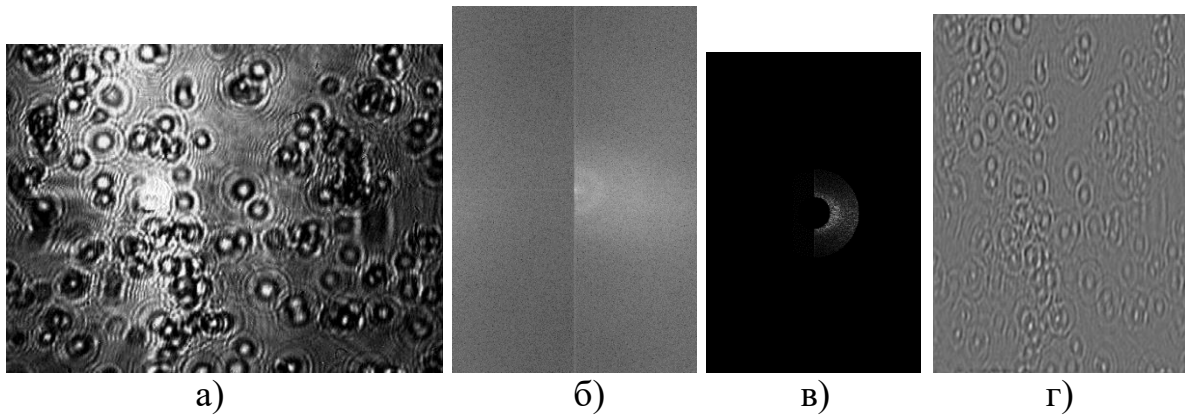


Рис. 2. Етапи обробки отриманого зображення

Література:

1. Бархоткіна Т.М., Бернадська Т.В., Томашевський Р.С. 3D морфологія еритроцитів и засоби її реалізації. *Матеріали I МНПК «Актуальні проблеми автоматики та приладобудування»*. Харків: НТУ ХПІ. 2017. С. 43-44.
2. Бархоткіна Т.М., Бернадська Т.В., Колесник К.В., Томашевський Р.С. Експериментальний стенд для дослідження можливості використання методу голографічної інтерферометрії у біомедичній інженерії. *Матеріали МНПК «Современные информационные и электронные технологии»*. Україна. Одеса. 2018. С.120-121.
3. Бернадская Т.В., Колесник К.В., Томашевський Р.С. Методика отримання інтерференційного голографічного зображення мікрооб'єктів. *Матеріали I Міжнародної науково-практичної конференції «Актуальні проблеми автоматики та приладобудування»*. Харків: НТУ ХПІ. 2018. С. 60-61.
4. Yevgen Sokol, Kostyantyn Kolisnyk, Roman Tomashevskiy, Tatyana Bernadskaya. Improving the Method of Interference Holography to Determine the State of Plasma Membranes. *IEEE 39th international conference on electronics and nanotechnology / ELNANO-2019. Igor Sicorski Kyiv Polstechnic insninune*. Kyiv. 2019. pp. 157-164. DOI: 10.1109/ELNANO.2019.8783675
5. Сокол Е.И. Бернадська Т.В., Колесник К.В. Пристрій відображення інформації стану біологічних напівпрозорих об'єктів. *Матеріали МНПК*

«Інформаційні системи та технології в медицині». Харків: ХАІ. 2019. С.171-173.

6. Yevgen Sokol, Kostyantyn Kolisnyk, Svitlana Panibrattseva, Tatyana Bernadskaya. Improving the accuracy of measuring the morphology of red blood cells. *2020 IEEE 4th International Conference on Intelligent Energy and Power Systems. 2020. Istanbul. Turkey.* pp..249-254. DOI: 10.1109/IEPS51250.2020.9263124

7. Yevgen Sokol, Kostyantyn Kolisnyk, Svitlana Panibrattseva, Tatyana Bernadskaya The Use of Digital Interferometry Devices to Analyze the State of Red Blood Cell Membranes . *2020 IEEE KhPI Week on Advanced Technology. Kharkov.* pp.373-377. DOI:10.1109/KhPIWeek51551.2020.9250137

Під керівництвом: доц. каф. АМЕТ, Г.С. Грінченко