

АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ ВЕЙВЛЕТ-ПЕРЕТВОРЕНЬ ДЛЯ ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕНЬ ОЧНОГО ДНА

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі здійснено порівняльний аналіз різних сімейств вейвлет-перетворень для покращення якості зображень очного дна. Метод базується на багаторівневій двовимірній вейвлет-декомпозиції з підсиленням високо-частотних коефіцієнтів, що дозволяє підкреслити дрібні структурні деталі

Ключові слова: вейвлет-перетворення, вейвлет-базиси, підсилення високочастотних компонентів, аналіз зображень

Abstract

In this work, an equalization analysis of various families of wavelet-transfers for coloring the brightness of fundus images is performed. The method is based on two-dimensional wavelet decomposition with enhancements of high-frequency coefficients, which makes it possible to emphasize various structural detail.

Keywords: wavelet transfusion, wavelet basis, enhancement of high-frequency components, image analysis

Вступ

Якість візуалізації структурних елементів медичних зображень безпосередньо впливає на точність подальшого аналізу та сегментації. Одним із ефективних підходів до покращення зображень є застосування вейвлет-перетворень, які дозволяють аналізувати сигнал у різних частотних діапазонах. Завдяки цьому можна окремо обробляти низькочастотні компоненти, що містять загальну структуру зображення, та високочастотні складові, які відповідають за деталі і межі об'єктів. Для двовимірної функції розклад за вейвлет-базисами виглядає [1] як:

$$f(x, y) = \sum_{i=-\infty}^{\infty} \sum_{j=-\infty}^{\infty} \lambda_{k,i,j}^{HH} \varphi_{k,i}(x) \varphi_{k,j}(y) + \sum_{\gamma=k}^{\infty} \sum_{i=-\infty}^{\infty} \sum_{j=-\infty}^{\infty} (\lambda_{\gamma,i,j}^{HV} \varphi_{\gamma,i}(x) \omega_{\gamma,j}(y) + \lambda_{\gamma,i,j}^{VH} \omega_{\gamma,i}(y) \varphi_{\gamma,j}(x)), \quad (1)$$

де $\varphi_{\gamma,i}(x) = 2^{\frac{\gamma}{2}} \varphi(2^{\gamma}x - i)$, $\omega_{\gamma,j}(y) = 2^{\frac{\gamma}{2}} \omega(2^{\gamma}y - j)$, значення x є глибиною вейвлет-розкладу функції, а коефіцієнти $\lambda_{k,i,j}^{HH}$, $\lambda_{\gamma,i,j}^{HV}$ та $\lambda_{\gamma,i,j}^{VH}$ називаються коефіцієнтами розкладки вейвлету.

Результати дослідження

У роботі здійснена обробка серії вихідних зображень з допомогою наступних базисів: db4, sym4, coif3, bior2.2, rbio2.2, haar, dmeu. Базис вейвлету будується з початкової функцій φ та ψ , які називаються відповідно масштабуючою та материнською вейвлет-функціями.

Для дослідження використані цифрові зображення очного дна фундус-камери з відкритої бази даних зображень HRF [2] роздільною здатністю 3504*2336 пкс у форматі .jpg та глибиною кольору 24. Для візуального оцінювання результатів обробки використано тестове зображення очного дна пацієнта із з діабетичною ретинопатією (12_dr.jpg) [2], наведено на рис.1. Вибір зображення зумовлений наявністю характерних ознак патології та складною структурою судинної сітки, що дозволяє об'єктивно оцінити якість роботи алгоритмів вейвлет-перетворення у складних клінічних умовах.

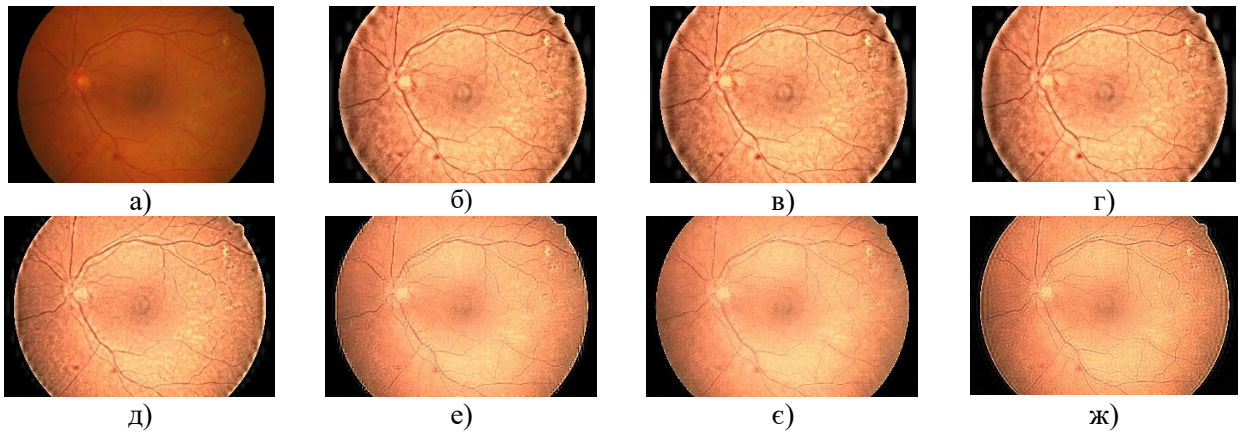


Рисунок 1 – Візуалізація результатів вейвлет-обробки зображення очного дна 12_dr.jpg [2]: а) оригінал; б) базис db4; в) базис sym4; г) базис coif3; д) базис bior2.2; е) базис rbio2.2; є) базис haar; ж) базис dmey.

Покращення якості зображення досягається за рахунок підсилення високочастотних коефіцієнтів вейвлет-декомпозиції, що дозволяє суттєво покращити якість дрібних структур та межі об'єктів, без зміни загальної яскравості зображення. Після модифікації коефіцієнтів виконане зворотне вейвлет-перетворення для отримання обробленого зображення з підсиленими деталями [3].

Оцінку результатів обробки зображень здійснено шляхом порівняння індексу структурної схожості (SSIM) та також шляхом вимірювання підсилення контрасту (ЕМЕ) на вибірці з 40 тестових зображень [2]. Графіки для порівняння приведені на рис.2 та рис.3 відповідно:

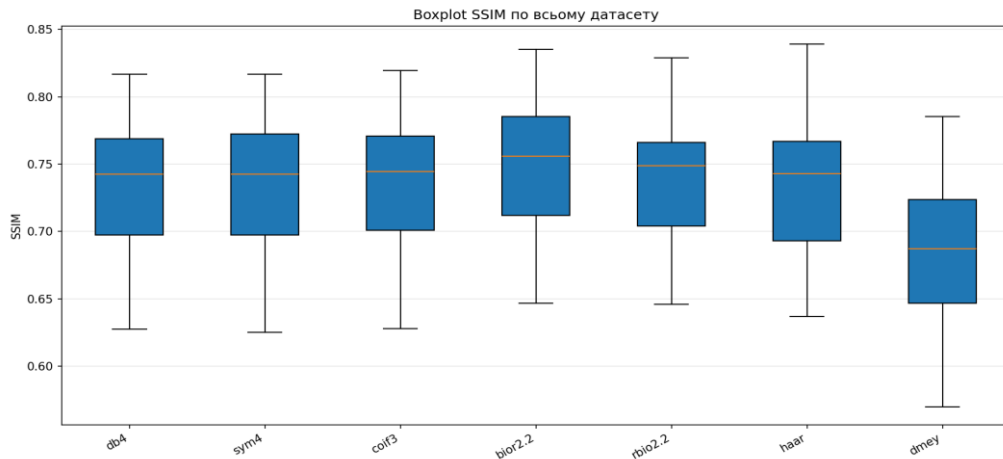


Рис.2 – Порівняння результатів обробки за SSIM

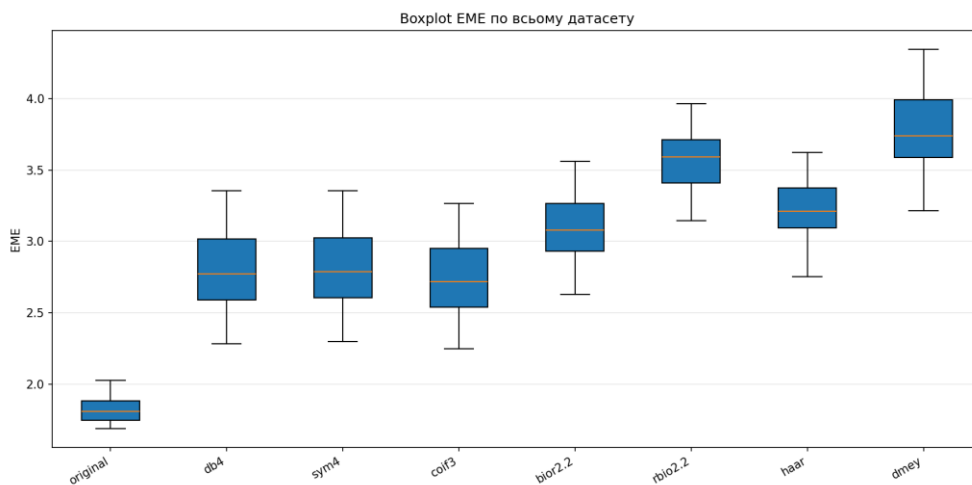


Рис.3 – Порівняння результатів обробки за ЕМЕ

Висновки

У роботі проведено порівняльний аналіз ефективності різних вейвлет-базисів для покращення якості медичних зображень за метриками SSIM та EME. Дослідження показало, що використання базисів db4, sym4, coif3 та bior2.2 забезпечує суттєве підвищення якості візуалізації. Водночас застосування функцій rbio2.2, haar та dmeu на певних типах зображень призводить до появи небажаних артефактів, які нівелюють дрібні деталі, що робить їх використання у медичній діагностиці недоцільним.

Отримані результати доповнюють запропонований раніше удосконалений метод адаптивної гістограмної еквалізації кольорових зображень очного дна [4], що дозволяє сформулювати комплексний підхід до попередньої обробки зображень очного дна. Перспективним напрямком подальших досліджень є розробка алгоритмів для автоматизованого підбору оптимального вейвлет-базису, а також інтеграція вейвлет-перетворень як етапу підготовки даних для підвищення точності автоматичної сегментації судинних структур.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Попередня вейвлет-обробка і використання методу головних компонент для вирішення задачі ідентифікації особи за фотографічним зображенням / Ю.В. Крак, К.С. Кручинін ; Київський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Київ, Україна, «Штучний інтелект» 1'2010. Режим доступу до ресурсу: <https://nasplib.isofts.kiev.ua/server/api/core/bitstreams/6ec580d0-3c1e-45c4-a3cd-7f9684eb02b3/content>
2. Visualization Tools for High Resolution Fundus Dataset / Dataset Ninja. Режим доступу до ресурсу: <https://datasetninja.com/high-resolution-fundus>
3. Mallat, S. A Wavelet Tour of Signal Processing [Електронний ресурс]. – 2023., с.205-261 – Режим доступу до ресурсу: <https://www.sciencedirect.com/book/9780123743701/a-wavelet-tour-of-signal-processing>
4. Андрікевич С. А., Тужанський С. Є. Удосконалений метод адаптивної гістограмної еквалізації кольорових зображень очного дна. *Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології*. 2025. № 49 (1). С. 82–88. <https://doi.org/10.31649/1681-7893-2025-49-1-82-88>

Андрікевич Сергій Анатолійович — аспірант кафедри біомедичної інженерії, Вінницького національного технічного університету, м. Вінниця, Україна, e-mail: andrikevuch.serhii@gmail.com

Щербатюк Артем Володимирович — аспірант кафедри біомедичної інженерії, Вінницького національного технічного університету, м. Вінниця, Україна, e-mail: scherbatyuk.art@gmail.com

Тужанський Станіслав Євгенович — к.т.н, доцент кафедри біомедичної інженерії та оптико-електронних систем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна, e-mail: slavat@vntu.edu.ua

Andrikevuch Serhii A. - Post-Graduate student the Biomedical Engineering, e-mail: andrikevuch.serhii@gmail.com

Shcherbatyuk Artem V. - Post-Graduate student the Biomedical Engineering, e-mail: scherbatyuk.art@gmail.com

Tuzhanskyi Stanislav Y. - Ph.D., Associate Professor of the Biomedical Engineering and Optical-Electronic Systems, e-mail: slavat@vntu.edu.ua