

МЕТОДИ ВИДІЛЕННЯ КОНТУРІВ НА ЗОБРАЖЕННЯХ ОКТ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Розглянуто методи виділення контурів на зображеннях ОКТ з використанням операторів Кенні, Собеля та Прюїтта. Здійснено обробку тестових зображень ОКТ кожним з них в середовищі MATLAB. Виконано порівняння результатів даних методів шляхом оцінки індексу структурної схожості

Ключові слова: оптична когерентна томографія, оператор Собеля, оператор Кенні, оператор Прюїтта, індекс структурної схожості

Abstract

This paper considers methods for extracting contours from OCT images – the Kenny operator, the Sobel operator and the Pruitt operator. The practical implementation of these methods is carried out and examples of processing test images using each of the methods in the MATLAB environment are given. The results of these methods are compared by evaluating the structural similarity index.

Keywords: optical coherence tomography, Sobel operator, Kenny operator, Pruitt operator, structural similarity index

Вступ

Оптична когерентна томографія (ОКТ) є сучасним неінвазивним методом діагностики, який широко використовується в офтальмологічній практиці для дослідження структур ока. Цей метод дозволяє отримувати зображення з високою роздільною здатністю, однак великий обсяг даних, що генеруються під час ОКТ, потребує автоматизованої обробки для ефективного аналізу та інтерпретації.

Однією з ключових задач обробки зображень ОКТ є виділення контурів на зображенні, що дозволяє визначати межі анатомічних шарів сітківки та виявляти патологічні зміни та проводити кількісний аналіз, зокрема вимірювання товщини. Крім того, автоматизоване виділення контурів значно зменшує час аналізу та знижує вплив суб'єктивних факторів, пов'язаних із ручною обробкою даних.

Виділення контурів на зображеннях ОКТ є складною задачею через наявність шуму, неоднорідність яскравості, низьку контрастність між шарами та можливі артефакти зображення. Тому для ефективного вирішення цієї задачі необхідно застосовувати сучасні методи обробки зображень, такі як фільтрація, використання операторів градієнта, наприклад, Кенні, Собеля або Прюїтт [1].

Оператор Робертса

Оператор Робертса є алгоритмом виділення контурів, що дозволяє отримати важливу структурну інформацію з різних об'єктів у системах комп'ютерного бачення, значно зменшуючи обсяг даних для подальшої обробки [2].

- Метод повинен точно виявляти якомога більше контурів, присутніх на зображенні.
- Точки контурів, виявлені оператором, повинні розташовуватися точно по центру цих контурів.
- Кожен контур на зображенні повинен бути позначений лише один раз, а шум не повинен призводити до виникнення хибних контурів.

Згортка вихідного зображення здійснюється за двома ядрами:

$$\begin{bmatrix} +1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \text{ та } \begin{bmatrix} 0 & +1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix}$$

Градієнт математично визначається як:

$$\nabla I(x, y) = G(x, y) = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}$$

де $I(x,y)$ – піксель на вихідному зображенні, $G_x(x,y)$ – піксель на зображенні після згортки першим ядром, а $G_y(x,y)$ – піксель на зображенні після згортки другим ядром. Напрямок градієнта визначається як:

$$\theta(x,y) = \arctan\left(\frac{G_y(x,y)}{G_x(x,y)}\right) - \frac{3\pi}{4}$$

Кут 0 градусів – вертикальне спрямування, оскільки напрямок максимального контрасту від чорного до білого на зображенні лежить зліва направо.

Оператор Собеля

Оператор Собеля — це один із найпопулярніших методів виділення контурів на зображеннях, який базується на обчисленні градієнта яскравості. Він використовує дві матриці (ядра) для обчислення градієнта у горизонтальному та вертикальному напрямках. Ці матриці дозволяють підсилити зміни яскравості, що відповідають границям об'єктів на зображенні. Недоліком даного алгоритму є достатньо груба апроксимація градієнту, що впливає на високочастотні коливання зображення. Матриці представляються як

$$G_y = \begin{bmatrix} +1 & +2 & +1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix} * A \quad G_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & +1 \\ -2 & 0 & +2 \\ -1 & 0 & +1 \end{bmatrix} * A$$

де “*” – двовимірна операція згортки, A - вихідне зображення. Градієнт яскравості G у кожній точці зображення обчислюється за формулою:

$$G = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}$$

Напрямок (кут) градієнту при цьому обчислюється як:

$$\theta = \arctan\left(\frac{G_y}{G_x}\right)$$

Оператор Прюїтт

Оператор Прюїтт є оператором дискретного диференціювання [2], який обчислює наближення градієнта функції яскравості зображення. У кожній точці зображення результат оператора Прюїтт є або відповідним вектором градієнту, або нормою цього вектора. Оператор Прюїтт ґрунтується на згортанні зображення з невеликим роздільним цілочисловим фільтром в горизонтальному та вертикальному напрямках, і відтак він не потребує значних обчислювальних потужностей у порівнянні з іншими наведеними алгоритмами. Недоліком даного оператора є наближення градієнта, що також впливає на високочастотні коливання зображення. Математичне представлення даного оператора:

$$G_x = \begin{bmatrix} +1 & 0 & -1 \\ +1 & 0 & -1 \\ +1 & 0 & -1 \end{bmatrix} * A \quad G_y = \begin{bmatrix} +1 & +1 & +1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix} * A$$

де “*” – двовимірна операція згортки, A - вихідне зображення. Градієнт яскравості G у кожній точці зображення обчислюється за формулою:

$$G = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}$$

Напрямок (кут) градієнту при цьому обчислюється як:

$$\theta = \operatorname{atan2}\left(\frac{G_y}{G_x}\right)$$

Порівняння на тестових зображеннях

Для оцінки результатів обробки тестових зображень використовувався метод оцінки індексу структурної схожості. Було здійснено обробку 50 тестових зображень ОКТ з публічної бази даних [3] за допомогою ПЗ MATLAB, після обробки кожного з зображень здійснено обчислення індексу структурної схожості за методом, описаним у роботі [4].

На рис.1 представлене вхідне зображення та зображення після обробки оператором Робертса.



Рис.1 – Обробка зображення з допомогою оператора Робертса

На рис.2 приведений результат обробки тестового зображення з допомогою оператора Собеля.

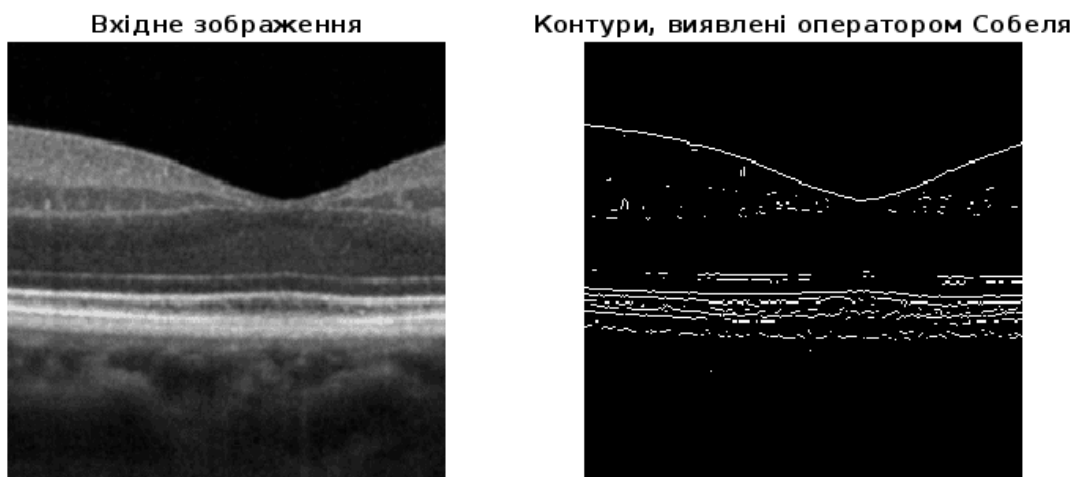


Рис.2 – Обробка зображення з допомогою оператора Робертса

На рис.3 представлений результат обробки зображення з допомогою оператор Прюїтт.

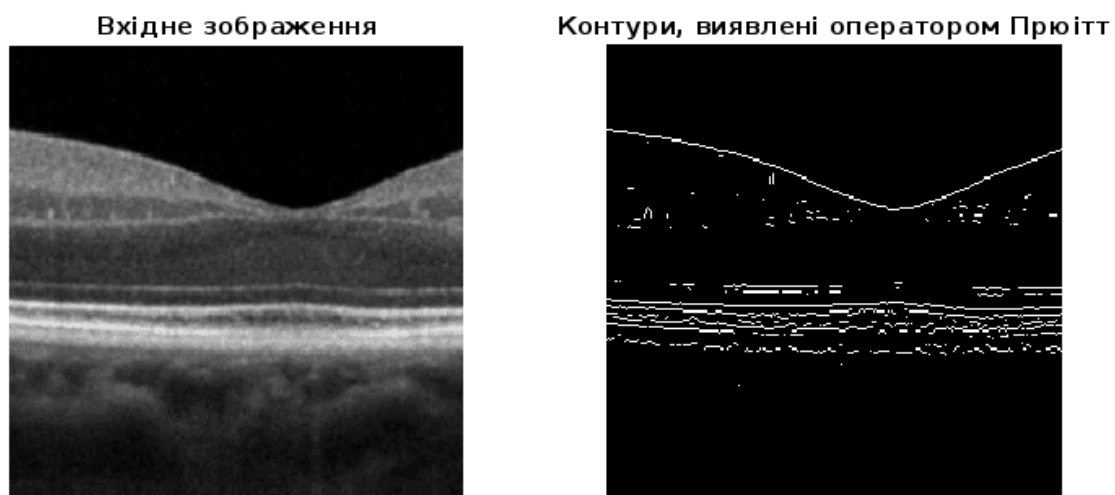


Рис.3 - Обробка зображення з допомогою оператора Прюїтт

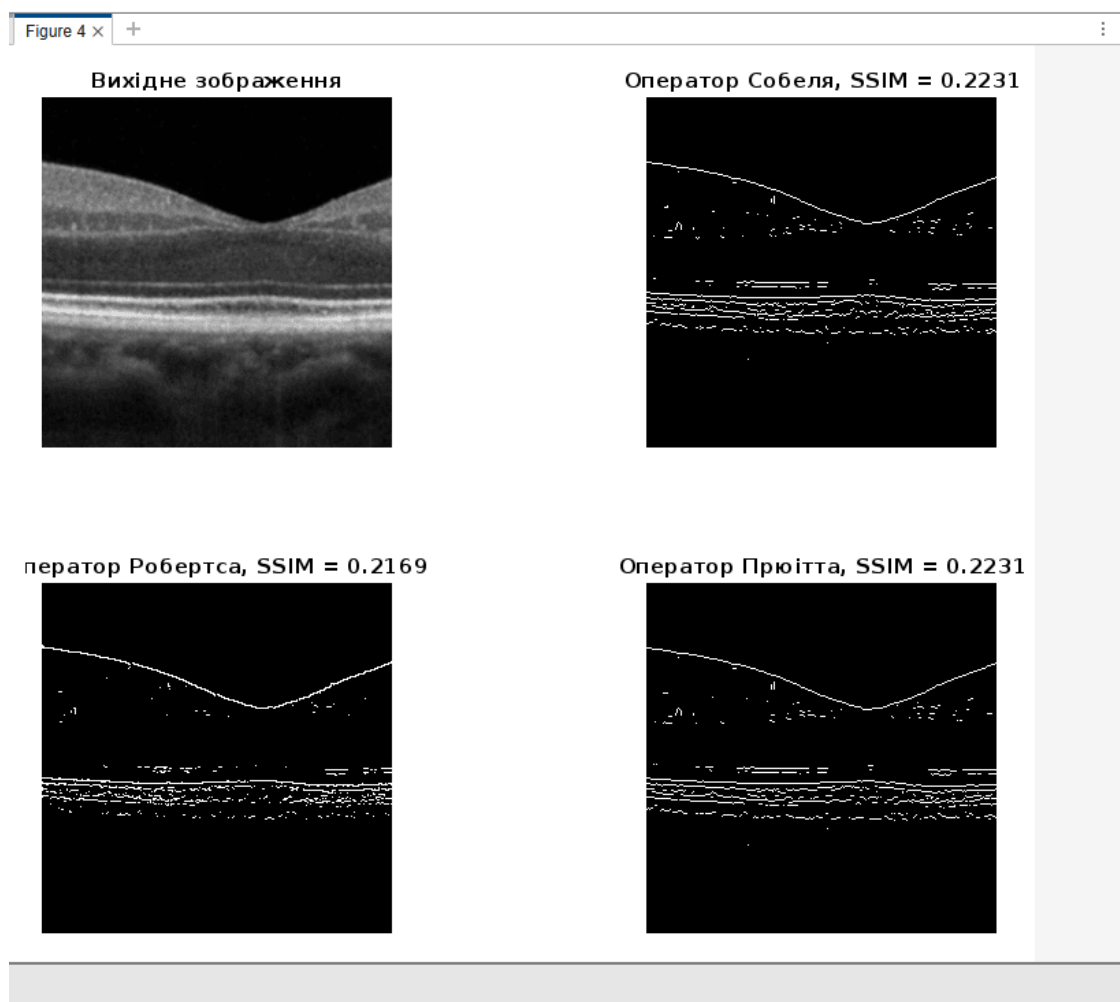


Рис.4 – Приклад обчислення індексу структурної схожості на одному із зображень

Висновки

В роботі здійснено порівняльний аналіз методів виділення контурів на зображеннях оптичної когерентної томографії з використанням операторів Робертса, Собеля та Прюїтт. Здійснено обробку 50 тестових зображень ОКТ тканин ока з відкритої бібліотеки [3]. Порівняння результатів обробки зображень здійснено на основі оцінки індексу структурної схожості. Виявлено, що при обробці тестової вибірки

зображень найкращий індекс структурної схожості (середній показник 0.22 - 0.23) у ОКТ зображень, оброблених за допомогою оператора Собеля, оператори Прюїтт та Робертса показали нижчий індекс структурної схожості (середні показники 0.20 – 0.21).

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Павлов С. В., Салдан Й. Р., Злепко С. М., Азаров О. Д., Тимченко Л. І., Абраменко Л. В. Методи попередньої обробки томографічних зображень очного дна. Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. 2019. № 2. С. 4-12.
2. Baoliang Yang, Fengming Jin, Mingdong Lei, " The Analysis and Implementation of Edge Detection Algorithms in Image Processing Based on Matlab" (2015) <https://www.atlantis-press.com/proceedings/icectt-15/25842670>
3. Kermany, Daniel; Zhang, Kang; Goldbaum, Michael (2018), "Large Dataset of Labeled Optical Coherence Tomography (OCT) and Chest X-Ray Images", Mendeley Data, V3, doi: 10.17632/rscbjbr9sj.3 <https://datasetninja.com/zhang-lab-data-oct>
4. D. M. Rouse and S. S. Hemami, "Understanding and simplifying the structural similarity metric," 2008 15th IEEE International Conference on Image Processing, San Diego, CA, USA, 2008, pp. 1188-1191, doi: 10.1109/ICIP.2008.4711973. <https://ieeexplore.ieee.org/document/4711973>

Щербатюк Артем Володимирович - аспірант кафедри біомедичної інженерії та оптико-електронних систем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, shcherbatyuk.art@gmail.com

Тужанський Станіслав Євгенович – к.т.н, доцент кафедри біомедичної інженерії та оптико-електронних систем, Вінницький національний технічний університет, slavat@vntu.edu.ua

Shcherbatyuk Artem V. - Postgraduate student, Department of Biomedical Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, shcherbatyuk.art@gmail.com

Tuzhanskyi Stanislav Y. - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Biomedical Engineering and Optoelectronic Systems, Vinnytsia National Technical University, slavat@vntu.edu.ua