

**ХАВАЛКО Віктор**

Національний університет "Львівська політехніка"

<https://orcid.org/0000-0002-9585-3078>e-mail: [Viktor.M.Khavalcko@lpnu.ua](mailto:Viktor.M.Khavalcko@lpnu.ua)**ЦАП Владіслав**

Національний університет "Львівська політехніка"

<https://orcid.org/0000-0002-8062-0079>e-mail: [vladyslav.tsap.mknssh.2021@lpnu.ua](mailto:vladyslav.tsap.mknssh.2021@lpnu.ua)**ЯРЧАК Андрій**

Національний університет "Львівська політехніка"

<https://orcid.org/0000-0002-1387-305X>e-mail: [andrii.yarchak.mknssh.2022@lpnu.ua](mailto:andrii.yarchak.mknssh.2022@lpnu.ua)

## АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ВИЯВЛЕННЯ ГРАНИЦЬ ОБ'ЄКТІВ В МЕДИЧНИХ ЗОБРАЖЕННЯХ

*Дуже часто у повсякденному житті доводиться регулювати певний процес і підтримувати певний стан, незважаючи на негативні впливи на результативність. Особливо це стосується медичної сфери, де все частіше зустрічаються пристрої та обладнання, на якому, після отримання знімку, можна застосовувати додаткові методи обробки зображення, перед безпосереднім використанням методів визначення границь. Більшість із цих пристроїв використовують прості або складні алгоритми для виконання завдань.*

*Саме тому актуальність вивчення різних аспектів алгоритмів сегментації, аналіз та порівняння різних типів медичних зображень, проведення експериментів над ними, порівняння застосування різних методів та їх налаштування є безсумнівним. Для експериментів та аналізу в статті запропоновано створити систему для імітації процесу, яка регулюватиметься користувачем. Результати дозволили сформулювати рекомендації щодо умов конкретного застосування методів.*

*Ключові слова: визначення границь, медичне зображення, попередня обробка зображень, python.*

KHAVALKO Viktor, TSAP Vladyslav, YARCHAK Andrii

Lviv Polytechnic National University

## EFFICIENCY ANALYSIS OF APPLICATION OF OBJECT BUNDARIS DETECTION METHODS IN MEDICAL IMAGES

*Very often in everyday life it is necessary to regulate a certain process and maintain a certain state, despite the negative effects on productivity. This is especially true in the medical field, where devices and equipment are increasingly common, on which, after receiving a picture, additional methods of image processing can be applied, before the direct use of boundary detection methods. Most of these devices use simple or complex algorithms to perform tasks.*

*That is why the relevance of studying different aspects of segmentation algorithms, analyzing and comparing different types of medical images, conducting experiments on them, comparing the use of different methods and their settings is unquestionable. In order to conduct experiments and comparative analysis, the article proposes to create a process simulation system that will be regulated by the user. The results made it possible to form recommendations regarding the conditions of specific application of the methods.*

*Keywords: boundaries detection, medical image, images pre-processing, python.*

### Постановка проблеми

Обробка зображень для виявлення, спостереження і класифікації об'єктів відноситься до області комп'ютерного зору. Цифрові зображення використовуються в широкому діапазоні деяких галузей, таких як системи безпеки, системи дистанційного зондування, військово та медичне застосування. Цифрові зображення відіграють важливу роль у медичній сфері і ця важливість не залежно від застосування застосувань. Зважаючи на особливості медичних діагнозів, заключень, тощо можна стверджувати, що в галузі медицини зображення потребують максимальної точності фактів, матеріалів, деталей, зокрема, візуального контенту. Однак при обробці медичних зображень існує достатньо нюансів, які можуть ускладнювати якість кінцевого результату. Найчастіше це контурні зображення внутрішніх органів чи їх ділянок (для виявлення добро- чи злоякісних утворень) тіла людини.

Найбільш важливими способами, які були піддані попереднім дослідженням усунення та зменшення шуму, є використання різних лінійних і нелінійних фільтрів. В роботі [1] показано, що усунення великої кількості шумів може пошкодити важливу інформацію на медичних зображеннях відоме як «true edge».

Для якіснішого порівняння потрібно створити інтерактивний застосунок програмного продукту з можливістю використання різних методів, алгоритмів виявлення границь, з можливістю, визначення ключових параметрів відповідних методів.

У цій роботі буде розглянуто задачі:

- використання певної низки методів виявлення границь, виявлення їх недоліків, способи покращення;
- можливі нові способи додаткової обробки (другорядні методи та алгоритмів), зокрема способи зменшення шуму, зберігаючи важливу інформацію в медичних зображеннях для контурів

об'єктів;

- класифікації відповідно до випадків використання.

#### Аналіз останніх джерел

Алгоритми сегментації зображень, як правило, базуються на розривності та схожості значень інтенсивності зображення. В роботах [2, 3] встановлено, що розривність полягає в розділенні зображення на основі різких змін інтенсивності, а подібність — на розподілі зображення на ділянки, подібні відповідно до набору заздалегідь визначених критеріїв. Таким чином, вибір техніки сегментації зображення залежить від проблеми, яка розглядається.

Виявлення границь є частиною сегментації зображення. Ефективність багатьох завдань обробки зображень і завдань комп'ютерного зору залежить від досконалості виявлення значущих країв. Це один із методів виявлення розривів інтенсивності в цифровому зображенні.

Процес класифікації та розміщення різких розривів у зображенні називається виявленням границь. Розриви – це зміни концентрації пікселів, які відрізняють межі об'єктів у сцені. В роботі [4] проаналізовано класичні методи виявлення країв, які включають згортання зображення за допомогою оператора, тобто сконструйовані так, щоб бути сприйнятливим до великих градієнтів зображення, але повертаючи значення нуля в однорідних областях.

Виявлення границь є складним завданням у зображеннях із шумом, оскільки і краї, і шум містять високочастотний вміст. Зусилля зменшити шум призводять до нечітких і спотворених границь. В роботі [5] описано техніки, що використовуються для зображень із шумом, зазвичай мають більший обсяг, тому вони можуть містити достатньо загальні дані, щоб знизити кількість локалізованих пікселів із шумом. Це призводить до менш ідеальної локалізації виявлених границь. Основна мета виявлення границь зображення — зафіксувати важливу подію та змінити властивості. Це захоплення країв за допомогою детектора країв, який використовується в різних обробках зображень.

Методи виявлення країв в основному поділяються на дві групи, і базуються на пошуку та на перетині нуля. Перші виявляють границі, обчислюючи міру міцності краю, зазвичай вираз з похідною першого порядку, а потім шукають локальну спрямованість. В роботі [6] наведено інші методи, які базуються на перетині нуля і шукають цю особливість використовуючи вираз з похідною другого порядку.

Існує інший алгоритм, логіка та метод, який використовується та розроблено для виявлення границі зображення. Ці методи розроблені таким чином, щоб вони працювали для конкретних умов або під специфічним впливом шуму. Найпоширеніші алгоритми виявлення країв включають оператори Собеля, Превітта, Робертса, алгоритм детектора Кенні та методи нечіткої логіки.

**Метою роботи** є порівняти ефективність застосування різних методів виявлення границь та час їх виконання, вивчити їх особливості та сформулювати рекомендації щодо умов застосування.

#### Виклад основного матеріалу

Для проведення експериментів та аналізу потрібно розглянути застосування низки методів для медичних зображень різного типу, спроектувати симуляцію для відтворення процесу – створити інтерактивний застосунок з використанням цих методів та маніпуляцій над зображеннями. Варто проводити маніпуляції над зображеннями, що застосовуються в різних галузях медицини, а дасть змогу зрозуміти, що і як впливає на конкретний випадок, і вплив на подальші діагностики чи використанні зображення.

Ключовий момент в проектуванні системи – гнучкість, оскільки дана симуляція направлена на аналіз та порівняння різних типів методів. Тому необхідна можливість проводити експерименти з усіма методами та предметом дослідження умовно одночасно. У подальшому покращенні застосунку та професійному використанні це має сенс. Через значну кількість нюансів, які утворює той чи інший метод (шуми, деталі, чіткість границь) процес потрібно покращити додатковими інструментами, щоб результат був більш сприятливий для огляду, розуміння та аналізу.

Для цього також потрібно вираховувати або динамічно змінювати певні гіперпараметри відповідних методів динамічно або вручну. Пріоритет на перший варіант за можливості реалізації. Дані досліджень можна візуалізувати як графіки показників процесів. Це дасть можливість використовувати дані графіки для наглядної демонстрації певних процесів при їх класифікації. Важливим є те, що будь-яке зображення піддається впливу від зовнішніх або внутрішніх факторів, що викликає необхідність симулювати додаткові методи аналізу чи обробки. Тому безумовно значна частина досліджень буде проводитись вручну.

Для зручності варто додати інтерактивність виконання та застосування методів у застосунку. Це надає можливість повністю керувати процесом застосування методів, безпосередньо проводити різну симуляцію, щоб можна було порівняти результат кожного методу на будь-якому зображенні та порівняти результати для виявлення залежності результату від випадку.

Отже, для коректної роботи системи, від чого залежать результати майбутніх експериментів та для відповідності очікуваними цілям, необхідні наступні кроки:

- спроектувати систему для симуляції процесу, яка в свою чергу має можливість:
  - застосування методів виявлення країв, деякі з яких потребують регулювання параметрів;
  - симуляція інтерактивності;
- провести порівняння різних варіацій алгоритмів виявлення границь.
- проаналізувати поведінку цих методів та залежність від певних факторів та випадків використання.

- оцінити загальну роботу процесу та його аналізу.

Основою для програмної реалізації виступила мова програмування Python, модулі для роботи із математичними обчисленнями NumPy, для програмної побудови інтерактивного вікна Tkinter та для роботи із зображеннями Cv2 та Pillow.

В рамках досліджень проведено такі експерименти:

- застосування методів для перевірки коректності роботи програми симуляції;
- аналіз зображень (розгляд інтенсивності та насиченості інформації на зображеннях);
- регуляція параметрів відповідних методів для виявлення відносно кращого результату;
- порівняння підібраних коефіцієнтів, та корегованих результатів алгоритмів.
- визначення релевантності методів до окремих випадків використання.

Було проведено порівняння різних методів, але даний експеримент не може бути достатньо об'єктивним, оскільки ефективність та точність навіть алгоритмів, які регулюються, залежить від користувача та його здібностей. Більшість методів поведилися по-різному, тому що специфіка кожного відрізняється не дивлячись на схожість деяких з них, зокрема в даному випадку – це алгоритми Собеля, Робертса та Превітта (рис. 1). З алгоритмом Канні виникає дискомфорт через необхідність підбору правильних параметрів порогів.

Варто відзначити, що незважаючи на попередні результати, використання усіх методів є доцільним для кожного типу зображення окремої ситуації, але класифікація, а точніше асоціативність відповідно до випадку повинна бути визначена або припущена. Найкращим варіантом також неможливо назвати один з алгоритмів, оскільки кожен може мати перевагу у певних аспектах. Однак, якщо алгоритм можна вважати універсальним для всіх випадків, то можна припустити, що це основна прикмета найкращого варіанту, оскільки він універсальний і найкраще пристосовується до різних негативних чинників.

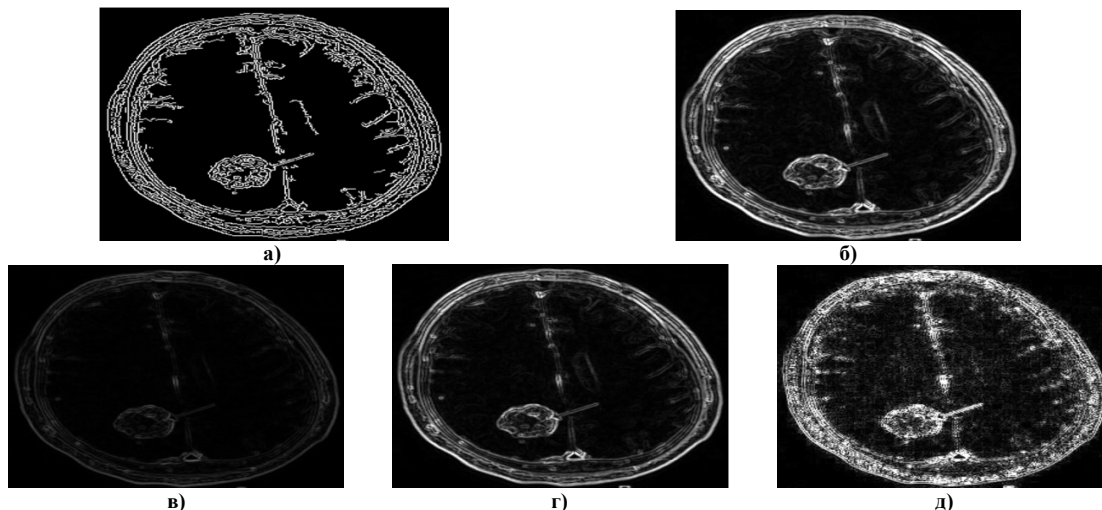


Рис. 1. Результат застосування методів а) Канні; б) Собеля; в) Робертса; г) Превітта; д) Марра для МРТ-зображення

Дуже складною є проблема оцінки результатів, отриманих різними методами з різними параметрами. Були проведені широкі дослідження щодо створення багатьох різних підходів і алгоритмів для сегментації зображень, але все ще важко оцінити, чи дає один алгоритм більш точний результат, ніж існуючі алгоритми.

Вибрані основними показники якості зображення (IQM) – це показники якості, які використовуються для оцінки систем зображення або методів кодування/обробки. Одним із прикладів вимірювання якості на основі країв є показник Пратта. Оцінювання точності відбувається завдяки визначенню кількості правильних пікселів країв за зміщенням виявлених країв від ідеального.

Завдяки отриманим результатам побудовано графіки залежності експерименту від алгоритму (рис. 2, 3), але, незалежно від випадку використання (типу наявної проблеми).

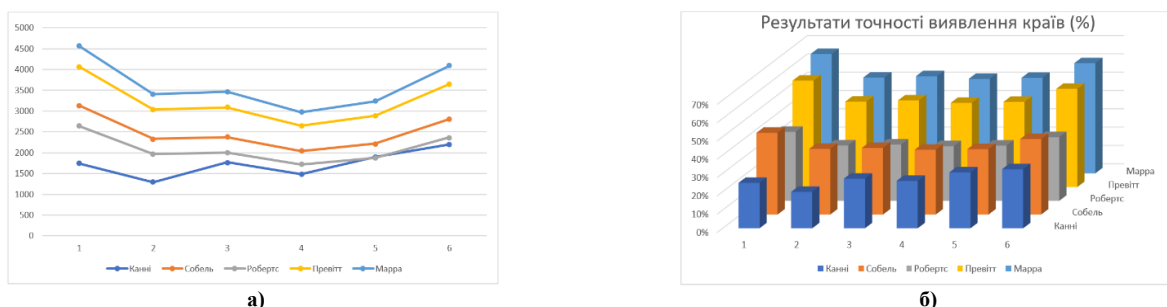


Рис. 2. Результати точності виявлення країв для різних експериментів: а) кількість вірних пікселів; б) у відсотковому представленні

### Висновки

Порівнюючи результати, отримані у експериментах, визначено асоціативність використання методів відносно ситуації. Детектор Канні є найпопулярнішим та часто вважається найкращим, та він є просто найбільш універсальний. В міру своєї гнучкості, алгоритм потребує практичних навичок використання, оскільки часто вимагає уміння визначати коректні пороги інтенсивності. З виявлених країв зображення при проведенні експериментів встановлено, що цей алгоритм використовує покращений шаблон виявлення і отримав результат з 100% інтенсивністю у порівнянні з методиками фільтрів Собеля, Превітта та Робертса. Цей алгоритм має потужніші можливості пошуку країв і більш повні межі. Використання алгоритму найефективніше у випадках коли потрібно побачити чітку форму твердих елементів тіла (кісток, хрящів тощо) та/або їх деформації.

Оператори Собеля, Робертса і Превітта між собою відрізняються лише формою та значеннями ядра, а отже порівнювати їх можна групою з іншими. Перший використовується у алгоритмі детектора Канні, тому ймовірно можна замінити його на два інші. Інтенсивність виявлення та інформаційна цінність у них значно відрізняється. Ці методи краще використовувати для виявлення дефектів глибоко у органах чи просто у тілі, для виявлення пухлин, виділення їх контурів форм та згинів тощо. Виявлення відбувається так, що вони зосереджують інформацію, яка потрібна для діагностики затінюючи те, що далі чи те, що перед ними.

### References

1. Awalludin E. A., Hitam M. S., Yussof W.N J H. W., Bachok Z. Modification of canny edge detection for coral reef components estimation distribution from underwater video transect, 2017 IEEE International Conference on Signal and Image Processing Applications (ICSIPA), 2017, pp. 413-418, doi: 10.1109/ICSIPA.2017.8120646.
2. Shichun P., Jian L. & Guoping Y. Medical image edge detection based on EMD method. Wuhan Univ. J. Nat. Sci. 11, 1287–1291 (2006). <https://doi.org/10.1007/BF02829253>
3. Mittal M. et al. An Efficient Edge Detection Approach to Provide Better Edge Connectivity for Image Analysis, in IEEE Access, vol. 7, pp. 33240-33255, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2902579.
4. Kim M., Lee B.-D. A Simple Generic Method for Effective Boundary Extraction in Medical Image Segmentation, IEEE Access, vol. 9, p. 103875–103884, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3099936.
5. Muthukrishnan R. Edge Detection Techniques For Image Segmentation. International journal of computer science and information technology, 2011, vol. 3. P. 259-267. 10.5121/ijcsit.
6. Gudmundsson M., El-Kwae E.A., Kabuka M.R. Edge detection in medical images using a genetic algorithm. IEEE Trans Med Imaging. 1998 Jun; 17(3):469-74. doi: 10.1109/42.712136. PMID: 9735910.