

## МЕТОДИ ПЕРЕДОБРОБКИ ПАНОРАМНИХ СТОМАТОЛОГІЧНИХ РЕНТГЕНІВСЬКИХ ЗНІМКІВ ДЛЯ ЗАДАЧ ГЛИБОКОГО НАВЧАННЯ

Вінницький національний технічний університет, Україна

### Анотація

*В роботі представлено аналіз методів, що використовуються у попередній обробці панорамних стоматологічних рентгенівських знімків для задач глибокого навчання. Серед них: CLAHE, фільтр Гауса, двосторонній фільтр тощо. Ці методи можуть покращити точність моделей глибокого навчання для широкого спектру стоматологічних задач за рахунок зменшення впливу таких факторів, як варіативність якості зображення, наявність шумів та артефактів.*

**Ключові слова:** панорамні рентгенівські знімки зубів, попередня обробка, комп'ютерний зір, глибоке навчання

### Abstract

*The paper presents an analysis of methods used in pre-processing panoramic dental X-ray images for deep learning tasks. These methods include CLAHE, Gaussian filter, bilateral filter, and others. These methods can improve the accuracy of deep learning models for a wide range of dental tasks by reducing the impact of factors such as image quality variability, noise, and artifacts.*

**Keywords:** panoramic dental X-rays, pre-processing, computer vision, deep learning

### Вступ

Панорамні рентгенівські знімки зубів – важливий діагностичний інструмент у стоматології, який забезпечує повний огляд всього зубного ряду та навколишніх структур. В останні роки зростає інтерес до застосування методів глибокого навчання для аналізу панорамних знімків зубів для виконання різних завдань, таких як автоматична діагностика, планування лікування та оцінювання результатів. Однак, успіх алгоритмів глибокого навчання значною мірою залежить від якості та надійності даних. Тому попередня обробка панорамних рентгенівських знімків зубів стала важливим кроком для забезпечення точності та ефективності моделей глибокого навчання.

Із зростанням доступності панорамних стоматологічних рентгенівських апаратів кількість цифрових зображень стрімко зростає. Очікується, що ця тенденція буде зберігатися, що призведе до зростання кількості відповідних даних [1]. Але рентгенівські знімки можуть містити шуми, розмиття та інші артефакти, які впливають на якість моделей глибокого навчання. Дана робота містить аналіз найбільш поширених та ефективних методів попередньої обробки панорамних рентгенівських знімків зубів, включаючи CLAHE, фільтр Гауса, двосторонній фільтр тощо [2].

### Аналіз методів

Попередня обробка панорамних стоматологічних рентгенівських знімків є важливим кроком у завданнях глибокого навчання для покращення якості зображення та зменшення шуму. Далі розглянуто найбільш популярні та ефективні методи/фільтри, які використовуються для попередньої обробки рентгенівських знімків зубів.

1. Обмежене адаптивне вирівнювання гістограми (CLAHE – Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization): цей метод дозволяє підвищити контрастність та яскравість зображення, особливо в областях з низьким контрастом. Фільтр CLAHE покращує якість зображення, розділяючи зображення на невеликі блоки та вирівнюючи гістограму кожного блоку окремо, на відміну від вирівнювання гістограми всього зображення одразу. Однією з переваг CLAHE є його адаптивність. Рівень посилення контрастності, застосований до кожного блоку, може бути обмежений максимальним значенням, визначеним користувачем. Це значення, відоме як *clip limit*, запобігає надмірному посиленню шуму в низькоконтрастних областях зображення [3, 4]. Тому CLAHE може досягти балансу між підвищенням

контрастності зображення та збереженням його природного вигляду. Таким чином, фільтр CLANE (рис. 1) є потужним інструментом для підвищення контрастності та яскравості рентгенівських знімків зубів та широко застосовується для попередньої обробки панорамних стоматологічних рентгенівських знімків у завданнях глибокого навчання. Він може бути корисним як на етапі виконання розмітки, так і як засіб аугментації під час тренування моделі.

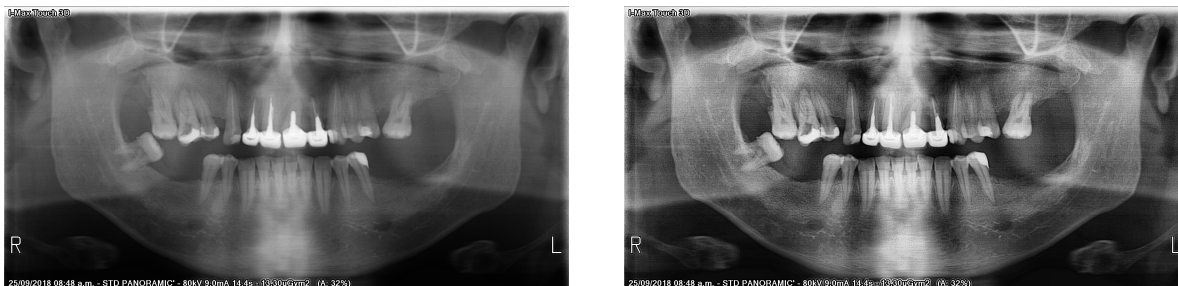


Рис. 1 – Приклад застосування фільтру CLANE до панорамного стоматологічного рентгенівського знімку [5].

2. Фільтр Гауса: цей фільтр широко використовується для завдань попередньої обробки зображень, включаючи попередню обробку рентгенівських знімків зубів, як правило, для зменшення зашумленості зображення. Основна ідея роботи фільтра Гауса полягає в тому, щоб замінити кожен піксель зображення на середньо зважений колір його навколишніх пікселів. Ці вагові коефіцієнти формуються за допомогою функції Гауса. Крива даної функції має максимальне значення в центрі і вирівнюється на краях, тобто пікселі, що знаходяться біля центру, мають більшу вагу, ніж ті, що знаходяться на краях зображення [1, 4]. Таким чином, слід ретельно підбирати значення параметрів фільтра (середньоквадратичне відхилення тощо) на основі конкретного завдання обробки зображення та бажаного результату.

3. Двосторонній фільтр: це згладжуючий фільтр, який використовується для збереження країв зображення з одночасним видаленням шуму. Цей фільтр працює враховуючи просторову відстань та різницю інтенсивності між пікселями. Іншими словами, двосторонній фільтр враховує як розташування, так і інтенсивність сусідніх пікселів під час фільтрації конкретного пікселя. Однею з головних переваг двостороннього фільтра є його здатність згладжувати зображення, зберігаючи краї та деталі, на відміну від фільтра Гауса. Це досягається вибіркоvim застосуванням фільтра до областей зображення, які є однорідними за інтенсивністю пікселів, зберігаючи чіткість країв і деталей [2, 6]. Ця властивість робить двосторонній фільтр особливо корисним для попередньої обробки рентгенівських знімків зубів, де збереження країв і деталей зубів та інших структур має вирішальне значення для точного аналізу.

4. Морфологічні операції: це набір операцій обробки зображення, які використовуються для аналізу та маніпулювання геометричною та топологічною структурою зображення, а також для виділення ознак із зображення. Вони включають ерозію, розширення, відкриття та закриття [5]. Дані операції зазвичай використовуються під час попередньої обробки панорамних стоматологічних рентгенівських знімків у задачах глибокого навчання, де метою є виділення функцій і підвищення якості зображення для подальшого аналізу.

5. Multiscale Retinex with Color Restoration (MSRCR): цей метод використовується для покращення контрастності та кольорного балансу зображення. Цей алгоритм заснований на теорії Retinex, яка стверджує, що зорова система людини сприймає колір об'єкта на основі його відбивної здатності, яка не залежить від умов освітлення. Основна ідея методу полягає в тому, щоб розділити вхідне зображення на кілька масштабів та після цього виконати експоненційне підсилення яскравості та контрастності зображення, а для відновлення кольорного балансу зображення виконується відновлення кольору. Покращене зображення в кожному масштабі потім об'єднується для формування остаточного вихідного зображення [4, 6].

Також існують інші, менш популярні фільтри, які можуть також бути корисними для попередньої обробки стоматологічних знімків в задачах глибокого навчання: медіанна фільтрація, оператор/фільтр Собеля, дискретний оператор Лапласа [4]. Перспективним напрямком дослідження також є комбінування зазначених вище методів.

## Висновок

Отже, у роботі проаналізовано найбільш популярні та ефективні методи попередньої обробки панорамних стоматологічних рентгенівських знімків, які можуть суттєво покращити точність та робастність моделей глибокого навчання щодо аналізу зображень зубів. Показано, що попередня обробка зображень є важливим кроком для покращення точності та ефективності алгоритмів глибокого навчання на всіх етапах побудови моделей.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Amir Hossein Abdi, Shohreh Kasaei, Mojdeh Mehdizadehb. "Automatic segmentation of mandible in panoramic x-ray." J Med Imaging (Bellingham), 2(4), 2015: 044003. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4652330/>.
2. Simon, S. S., Joseph, X. F. "Pre-Processing of Dental X-Ray Images Using Adaptive Histogram Equalization Method." Italianisch, 9(1), 87–96, 2019. Available at: <https://www.italienisch.nl/index.php/VerlagSauerlander/article/view/45>.
3. Xiaoqing Liu, Kunlun Gao, Bo Liu, Chengwei Pan, Kongming Liang, Lifeng Yan, Jiechao Ma, Fujin He, Shu Zhang, Siyuan Pan, Yizhou Yu. "Advances in Deep Learning-Based Medical Image Analysis." Health Data Science, 2021. Available at: <https://downloads.spi.sciencemag.org/hds/2021/8786793.pdf>.
4. P. Vasuki, J. Kanimozhi, M. Balkis Devi. "A survey on image preprocessing techniques for diverse fields of medical imagery." 2017 IEEE International Conference on Electrical, Instrumentation and Communication Engineering (ICEICE), 2017. Available at: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8192443>.
5. Vicente Reinaldo Fretes López, Carlos G. Adorno, Julio César Mello Román, José Luis Vázquez Noguera, Ricardo Gariba Silva, Horacio Legal-Ayala, Jorge Daniel Mello-Román, Ricardo Daniel Escobar Torres, Jacques Facon. "Panoramic radiography database." Zenodo, 2021. Available at: <https://zenodo.org/record/4457648#.Y UTM-xBzAA>.
6. R. Beulah Jeyavathana, Dr. R. Balasubramanian, A. Anbarasa Pandian. "A Survey: Analysis on Pre-processing and Segmentation Techniques for Medical Images." International Journal of Research and Scientific Innovation (IJRSI), 2016. Available at: [https://www.researchgate.net/profile/Anbarasa-Pandian/publication/305502844\\_A\\_Survey\\_Analysis\\_on\\_Pre-processing\\_and\\_Segmentation\\_Techniques\\_for\\_Medical\\_Images/links/5792520a08aed51475aed3f5/A-Survey-Analysis-on-Pre-processing-and-Segmentation-Techniques-for-Medical-Images.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Anbarasa-Pandian/publication/305502844_A_Survey_Analysis_on_Pre-processing_and_Segmentation_Techniques_for_Medical_Images/links/5792520a08aed51475aed3f5/A-Survey-Analysis-on-Pre-processing-and-Segmentation-Techniques-for-Medical-Images.pdf).

**Коменчук Олег Вікторович** — аспірант, факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [komenchuk77@gmail.com](mailto:komenchuk77@gmail.com)

**Мокін Олександр Борисович** — д-р техн. наук, професор, професор кафедри системного аналізу та інформаційних технологій, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [abmokin@gmail.com](mailto:abmokin@gmail.com).

**Komenchuk Oleh** — graduate student, Faculty of Intelligent Information Technologies and Automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [komenchuk77@gmail.com](mailto:komenchuk77@gmail.com)

**Mokin Oleksandr** — Dr. Sc. (Eng.), Prof., Professor of the Department of System Analysis and Information Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [abmokin@gmail.com](mailto:abmokin@gmail.com).