

# МЕТОД ФІЛЬТРАЦІЇ ЦИФРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ НА ОСНОВІ БІЛАТЕРАЛЬНОГО ФІЛЬТРУ

Вінницький національний технічний університет

## Анотація

Запропоновано метод фільтрації цифрових зображень на основі білатерального фільтру та кратно-масштабного аналізу. На відміну від стандартної однорівневої білатеральної фільтрації, кратно-масштабна білатеральна фільтрація має можливість для усунення низькочастотних складових шуму. Білатеральна фільтрація працює в апроксимаційних субсмугах, крім того, її можна застосовувати із вейвлет-трешолдингом до субсмугу з деталями, де деякі компоненти шуму можуть бути ефективно виявлені і вилучені.

**Ключові слова:** цифрове зображення, фільтрація, шум, білатеральний фільтр, якість зображення.

## Abstract

A method of filtering digital images based on a bilateral filter and multiple-scale analysis is proposed. Unlike standard single-level bilateral filtering, multiscale bilateral filtering can eliminate low-frequency components of noise. Bilateral filtering works in approximation subbands, in addition, it can be applied with wavelet thresholding to subbands with details, where some noise components can be effectively detected and removed.

**Keywords:** digital image, filtering, noise, bilateral filter, image quality.

## Вступ

Сучасні системи опрацювання зображень (ЦОЗ) стикаються з викликами, такими як постійне зростання об'єму оброблюваної інформації, високі вимоги до якості обробки та умови низького співвідношення сигнал-шум. Отримання зображень в темний час доби призводить до значного погіршення якості через збільшення шуму, проявляючись у зернистості. Шум, спричинений підсиленням сигналу, негативно впливає на здатність стискання зображень. У сучасних ЦОЗ виникає необхідність вдосконалення якості зображень перед їхньою класифікацією та аналізом [1]. Фільтрація зображень вирішує цю проблему, але вона є тривалою та складною стадією попереднього оброблення. Існує багато методів фільтрації, кожен з яких має свої переваги та недоліки, але вони часто спеціалізуються на придушенні конкретного виду шуму [2]. Отже, поліпшення якості зображень є ключовим завданням для ЦОЗ, і це вимагає передового оброблення зображень з використанням різних методів фільтрації, залежно від конкретної задачі.

Метою цієї роботи є підвищення ефективності фільтрації цифрових зображень шляхом розроблення методу на основі білатерального фільтру, який враховує якісні характеристики зображення.

## Результати дослідження

Шум зображення не обов'язково є «білим» і може мати різні просторово-частотні характеристики (дрібнозернистий і крупнозернистий). Завдяки кратно-масштабному аналізу можна краще розрізнити шум та інформацію про зображення на кожному рівні розкладання. Тому вирішено ввести білатеральний фільтр до кратно-масштабної структури (рис. 1.).

Спочатку до зображення з шумом застосовується вейвлет розкладання для перетворення зображення на дві субсмуги: одна – низькочастотна  $L_a$ , яка містить низькочастотну інформацію та друга високочастотна  $H_a$ , яка виражає високочастотну інформацію. Далі, аналогічне перетворення застосовується для низькочастотної субсмуги  $L_a$ . При цьому наявні дві субсмуги – одна низько-високочастотна субсмуга  $LH_a$  та друга низько-низькочастотна  $LL_a$ . Після цього отриманий низько-низькочастотний сигнал проходить через розроблений білатеральний фільтр  $BF$ . Після цього отримаємо новий низько-низькочастотний сигнал, який перетворюється у нову низько-низькочастотну субсмугу  $LL_s$ . А до низько-високочастотного сигналу застосовується вейвлет трешолдинг  $BT$ . В

результаті цього отримуємо новий низько-високочастотний сигнал, який перетворюється у нову низько-високочастотну субсмугу  $LH_s$ .

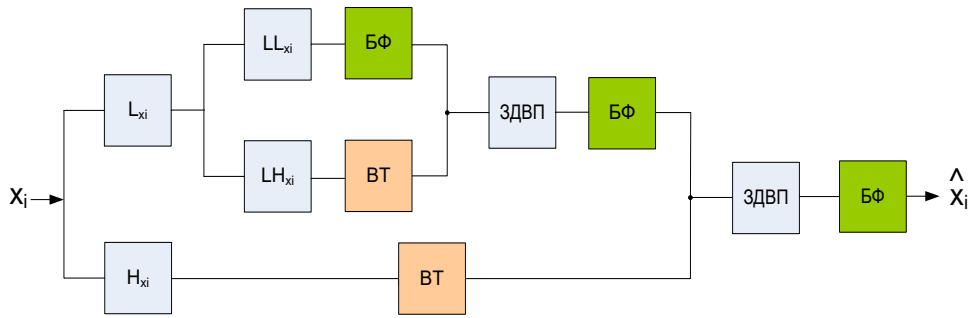


Рис.1 – Процес фільтрації кратномасштабним білатеральним фільтром

Далі отримані сигнали проходять через розроблений білатеральний фільтр та об'єднуються у нову низькочастотну субсмугу  $L_s$  за рахунок зворотного вейвлет-перетворення. До сигналу у високочастотній субсмугі  $H_a$  застосовується вейвлет трешолдинг  $ВТ$ . В результаті чого отримуємо новий високочастотний сигнал, який перетворюється у нову високочастотну субсмугу  $H_s$  за рахунок зворотного вейвлет-перетворення. Потім сигнали з двох нових субсмуг  $H_s$  та  $L_s$  знову проходять через розроблений білатеральний фільтр. Після цього отримується вихідне зображення.

Згідно процесу фільтрації, сигнал розбивається на його частоті субсмуги з допомогою вейвлет розкладання. Оскільки сигнал відновлюється, білатеральна фільтрація застосовується до апроксимуючих субсмуг. На відміну від стандартної однорівневої білатеральної фільтрації, кратномасштабна білатеральна фільтрація має можливість для усунення низькочастотних складових шуму. Білатеральна фільтрація працює в апроксимаційних субсмугах, крім того, її можна застосовувати із вейвлет-трешолдингом до субсмуг з деталями, де деякі компоненти шуму можуть бути ефективно виявлені і вилучені.

З метою дослідження ефективності запропонованої структури було проведено моделювання. Для кількісного порівняння, були змодельовані зображення з шумом шляхом додавання білого гаусівського шуму з різними стандартними відхиленнями. Ці зображення з шумом були потім очищені від шуму з використанням різних алгоритмів. Були розраховані PSNR результати. Для візуального порівняння були використані реальні зображення з шумом.

Для кожного тестового зображення, було побудовано три його версії з шумом шляхом додавання білого гаусівського шуму зі стандартним відхиленням 10, 20 і 30. Ці зображення були очищені від шуму з використанням чотирьох методів. Перший метод полягає у використанні Bayes Shrink і алгоритма вейвлет порогового оброблення [3]. Були використані п'ять рівнів розкладання; дисперсії шуму оцінювались за допомогою медіани [4]. Другий метод, що використовувався – білатеральний фільтр [5]. Ґрунтуючись на експериментах (див. додаток А), було вибрано наступні параметри для білатерального фільтру:  $\sigma_d = 1,8$ ,  $\sigma_r = 2x \sigma_n$ , і розмір блоку 11 x 11. Третій метод полягає у послідовному застосуванні Bayes Shrink [3] і білатерального фільтра [6]. Цей метод був включений для того, щоб побачити спільну дію Bayes Shrink [4] і білатерального фільтра [5] і порівняти його з запропонованим методом. Четвертий метод є запропонованим методом. Для запропонованого методу, для однорівневого розкладання були використані DB8 фільтри в Matlab.

Для частини білатеральної фільтрації запропонованого методу, встановлюються параметри наступним чином:  $\sigma_d = 1,8$ , розмір блоку 11 x 11, і  $\sigma_r = 1,0 x \sigma_n$  на кожному рівні. У випадку оригінального білатерального фільтру,  $\sigma_r = 2 x \sigma_n$  був кращим вибором. Однак, для пропонованого методу це призводить до менших PSNR значень в середньому. Причина – подвійне застосування білатерального фільтра у запропонованому методі. Коли значення  $\sigma_r$  велике, текстура в зображенні була згладжена, що проводило до низького значення PSNR. Після декількох експериментів,  $\sigma_r = 1,0 x \sigma_n$  виявилась кращою з точки зору PSNR значень.

Значення PSNR для різних методів наведені у табл. 1.

Табл.1 – Порівняння за критерієм PSNR між різними методами при різних умовах шуму

Зображення	$\sigma$	Bayes Shrink [1]	Білатеральний фільтр [3]	[2] після [1]	OWT [2]	Запропонований метод
Barbara 512×512	10	31.25	31.37	30.92	32.18	31.79
	20	27.32	27.02	27.16	27.98	27.74
	30	25.34	24.69	25.23	25.83	25.61
Boats 512×512	10	31.94	32.08	31.93	32.69	32.48
	20	28.69	28.90	28.80	29.52	29.50
	30	27.13	27.50	27.34	27.89	27.77
Goldhill 512×512	10	31.94	32.08	31.93	32.69	32.48
	20	28.69	28.90	28.80	29.52	29.50
	30	27.13	27.50	27.34	27.89	27.77
Peppers 256×256	10	31.49	32.98	31.89	33.18	33.45
	20	27.85	29.07	28.01	29.33	30.20

### Висновки

Запропонований метод на 0.8 дБ краще, ніж оригінальний білатеральний фільтр і на 1.1 дБ краще, ніж метод Bayes Shrink в середньому. Послідовне застосування Bayes Shrink [4] і білатерального фільтра [3] лише трохи ефективніше, ніж просто Bayes Shrink і менш ефективне, ніж білатеральний фільтр. Таким чином, можна зробити висновок, що поліпшення запропонованого методу не пов'язане з спільною дією Bayes Shrink і білатерального фільтра, а пов'язане з використанням багаторівневої роздільної здатності в білатеральному фільтрі.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- 1) Malgouyres F. A noise selection approach of image restoration / F. Malgouyres // Applications in signal and image processing IX. – Vol 4478. – 2021. – P. 34 – 41.
- 2) Барченко К. В. Аналіз методів фільтрації зображень / Барченко К. В., Білошкурський С. С., Гармаш В. В. // Вісник Хмельницького національного університету. – 2012. – № 4. – С. 79. – ISSN 2226-9150.
- 3) Mitra S. Nonlinear Image Processing / S. Mitra, G. Sicuranza. – Academic Press, 2019. – 455 p. – ISBN 978-0-12-500451-0.
- 4) Jones T. R. Non-iterative, feature-preserving mesh smoothing / T. R. Jones, F. Durand, M. Desbrun // ACM Transactions on Graphics. – 2018. – Vol. 22. – № 3. – P. 943 – 949.
- 5) Buades A. A review of image denoising algorithms, with a new one / A. Buades, B. Coll, J. M. Morel. // SIAM Multiscale Modeling and Simulation. – 2005. – Vol. 4. – P. 490 – 530.
- 6) Durand F. Fast bilateral filtering for the display of high-dynamic-range images/ F. Durand, J. Dorsey // Int. Conf. on Computer Graphics and Interactive Techniques (ACM SIGGRAPH 2007), San Diego, CA, Aug. 2007. – P. 5 – 9.

**Салімонович Андрій Олександрович** — студент групи ІАКІТР-23м, факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: andrejsalimonovic@gmail.com

**Гармаш Володимир Володимирович** - канд. техн. наук, доцент кафедри автоматизації та інтелектуальних інформаційних технологій, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

**Salimonovych Andriy Oleksandrovych** - Faculty of Intelligent Information Technologies and Automation, Vinnitsia National Technical University, Vinnitsia, email: andrejsalimonovic@gmail.com

**Garmash Volodymyr Volodymyrovych** - Ph.D. (Eng), Assistant Professor of Department of Automation and Intelligent Information Technology, Vinnitsia National Technical University, Vinnitsia.