

**МЕТОД ФІЛЬТРАЦІЇ ІМПУЛЬСНИХ ШУМІВ НА ВІДЕОЗОБРАЖЕННЯХ****Д.В. Палагін<sup>1</sup>, О.А. Палагіна<sup>2</sup>, В.В. Палагін<sup>3</sup>, О.С.Зорін<sup>4</sup>, О.О. Гожий<sup>5</sup>**<sup>1-4</sup>Черкаський державний технологічний університет  
б-р Шевченка, 460, м. Черкаси, 18006, Україна<sup>5</sup>Черкаський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України  
вул. Пастерівська 104, м. Черкаси, 18009, Україна  
e-mail: mr.padi111@gmail.com<sup>1</sup>, palahina@ukr.net<sup>2</sup>, palahin@ukr.net<sup>3</sup>,  
snjzrin@gmail.com<sup>4</sup>, hozhyi@ndekc.ck.ua<sup>5</sup>

В процесі формування та передачі зображень по каналах зв'язку вони піддаються впливу різних видів завад, що в ряді випадків призводить до погіршення візуальної якості і втрати ділянок зображень. Зменшення таких дефектів є актуальним завданням в багатьох прикладних задачах при фільтрації та відновленні даних. Досліджено методи та технології відновлення даних в задачах фільтрації цифрових зображень, що дало можливість сформулювати основні напрямки покращення процесів відновлення даних без погіршення їх якості. Роботу присвячено підвищенню ефективності фільтрації зображень при розробці нового методу найменших кінцевих різниць та створенню інтерактивного веб-сервісу його реалізації. Під час розробки методу було використано фізико-математичне трактування відновлення цифрових зображень при взаємодії з адитивними імпульсними шумами, застосована модель градієнтного аналізу при використанні кінцевих різниць піксельних значень зображень. Запропонований алгоритм використано для відновлення тестових зображень, проведено аналіз цифрової обробки у порівнянні з іншими відомими методами за допомогою кількісних та якісних характеристик. Перевагою запропонованих рішень реалізації нового методу відновлення даних є розробка інтернет-сервісу, який характеризується простотою практичної реалізації та високою якістю фільтрації у порівнянні з потужними, але складним для реалізації системами обробки зображень.

**Ключові слова:** цифрові зображення, імпульсні шуми, фільтрація, відновлення даних, градієнтний аналіз.

**Вступ**

Системи відновлення і фільтрації зображень є важливою і визначальною частиною сучасних комп'ютерних та інформаційно-телекомунікаційних систем спостереження, діагностики, моніторингу, контролю, управління, розвиток яких характеризується підвищеними вимогами до якості обробки інформації, зростанням рівня складності і розширенням функціональних можливостей. Проблеми, які виникають при вдосконаленні систем цього класу, пов'язані не тільки з технологічним оновленням, але й значною мірою зі створенням досконалих методів обробки сигналів, що являють собою випадкові процеси.

При аналізі технічних систем для оброблення та передачі інформації виділяється значна група, яка призначена для прийому та опрацювання зображень та відеоданих [1-3]. В зображеннях, які сформовані різними приймальними системами, при передачі зображень по каналах зв'язку часто виникають спотворення різної природи, в тому числі під впливом імпульсних завад [4-6]. Найпоширенішим видом таких завад є випадковий адитивний шум, який розглядається, як статистично незалежний від даних. Таке представлення взаємодії корисного сигналу та завад характеризується впливом імпульсних та флуктуаційних завад в телекомунікаційних системах та каналах зв'язку,

шумом квантування в різноманітних перетворювачах тощо та потребує застосування спеціалізованих методів їх усунення [7, 8].

Сфери застосування методів цифрової обробки зображень значно розширюються і активно застосовуються в промисловості, мистецтві, медицині тощо. Цифрова передача зображень по каналах зв'язку, формування зображень кращої якості, автоматизація обробки супутникових, медичних та інших зображень є предметом сучасних досліджень і розробок [9-13], в тому числі при застосуванні різноманітних статистичних методів [14, 15].

В сучасних методах фільтрації при оцінці корисного сигналу в довільній точці відеокадру опрацьовують значення яскравості сусідніх точок або точок ядра (для кольорового зображення беруть RGB-компоненти), базуючись на принципі схожості корисного сигналу в цих точках [7]. Поняття сусідніх точок є досить умовним і обирається в залежності від виду сигналу та завади. Окрім того, може враховуватися ступінь впливу далеких і близьких точок на кінцеве рішення, що приймається фільтром для відновлення зображень.

Велике різноманіття методів фільтрації зображень, які використовуються тільки для певних видів завад, застосування різних критеріїв оптимальності призводить до ускладнень при їх застосуванні та аналізі [11]. В літературі відомі класичні методи фільтрації, такі як медіанний фільтр, фільтр Гауса, фільтр Вінера [3, 7, 9] та інші, що використовуються у відомих сучасних програмних пакетах обробки зображень, часто не мають задовільної ефективності при обробці конкретних типів шумів та часто призводять до часткової втрати корисного сигналу.

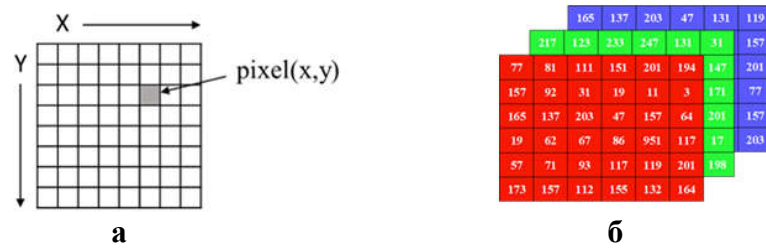
Головним завданням даної роботи є розробка та аналіз нового методу, який покращує результати фільтрації даних у порівнянні з існуючими підходами відновлення зображень.

## **Метою роботи**

Підвищення ефективності фільтрації зображень при розробці нового методу найменших кінцевих різниць (**МНКР**) та створення інтерактивного веб-сервісу його реалізації. Запропонований метод фільтрації дозволяє ефективно усунути імпульсні шуми з відеоданих з урахуванням апріорної інформації про шум без значного спотворення корисної інформації. Знайдені кількісні характеристики оцінки ефективності методу показують кращі результати фільтрації імпульсних шумів на зображенні у порівнянні з відомими.

## **Методи фільтрації зашумлених цифрових зображень**

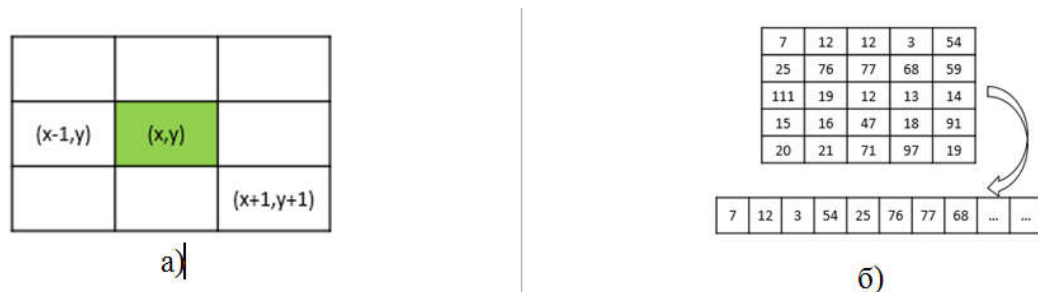
Фільтрації цифрових зображень ґрунтується на тому, що яскравість зображення змінюється повільніше по просторовим координатам у порівнянні з функцією завад [1, 7]. При обробці кадру і оцінюванні рівня яскравості пікселя в деякій точці враховують значення яскравості сусідніх пікселів (або значення RGB-компонент), ґрунтуючись на принципі схожості сигналу в цих точках або околиці. Сусідні пікселі можуть бути утворені найближчими для кадру пікселями (сусідніми пікселями), але можуть бути обрані, як більш складні структури і бути сильно віддаленими від досліджуваного пікселя. Тоді, вплив (або вага) різновіддалених пікселів на рішення, що приймаються фільтром для заданої точки кадру, буде різним. Цифрова фільтрації зображення ґрунтується на раціональному виборі даних з робочої точки та її околиці. Один кадр цифрового зображення представляється у вигляді двовимірної матриці розмірністю  $n \times m$  (рис. 1.1а), де яскравість пікселя позначено, як  $\text{pixel}(x,y)$ .



**Рис. 1.** а) Цифрове представлення інформації у вигляді двовимірного масиву; б) Цифрове представлення кольорового зображення у форматі RGB

Для чорно-білих зображень рівень яскравості пікселя приймає значення від нуля (чорний) до 255 (білий). Для кольорового зображення використовується три двовимірні масиви (по одному для каналів RGB) (рис.1.б)

На рис.2а представлено зображення одного кадру для досліджуваного пікселя  $(x, y)$  з координатами  $x$  та  $y$  та його сусідів. На рис.2.б демонструється перехід від двовимірного масиву до одновимірного при комп'ютерному представленні і обробці даних.



**Рис. 2.** Двовимірна модель цифрового зображення (а) та її трансформація для комп'ютерної обробки в одновимірний масив(б)

Для лінійної фільтрації кінцевий результат визначається лінійною комбінацією вхідних даних:

$$x^*(i, j) = \sum_{(i_l, j_l) \in S} a(i_l, j_l) * y(i - i_l, j - j_l) \quad (1)$$

де  $x^*(i, j)$  - відфільтроване значення корисного сигналу в точці з координатами  $(i, j)$  за множиною точок  $S$ , що утворюють околицю робочої точки,  $a(i_l, j_l)$  - коефіцієнти, які представляють двовимірну імпульсну характеристику.

Найбільш поширеним критерієм оптимальності для оцінки якості фільтрації зображень є мінімум середньоквадратичного відхилення і представляється функціоналом:

$$E \left\{ \left[ x(i, j) - \sum_{(i_l, j_l) \in S} a(i_l, j_l) * y(i - i_l, j - j_l) \right]^2 \right\} \quad (2)$$

де символом  $E\{*\}$  позначається оператор математичного сподівання.

Побудова оптимального фільтра полягає у знаходженні такого алгоритму обробки зображення, при якому середній квадрат помилки між оригінальним і відфільтрованим значенням  $\xi(i, j) = x(i, j) - x^*(i, j)$  є мінімальний.

Найпростіший варіант фільтрації полягає в присвоєнні центральному пікселю

нового значення як середньоарифметичного всіх його сусідів, значення яких відрізняються від значення центрального не більше ніж на деякий поріг. Прикладами таких фільтрів є прямокутний і круговий усереднюючий фільтр [7]. Більш ефективно усунення шуму можна здійснити, якщо вплив пікселів один на одного буде зменшуватися з відстанню за певним законом, заданим функцією Гауса. В цьому випадку кажуть про реалізацію *гаусової фільтрації*.

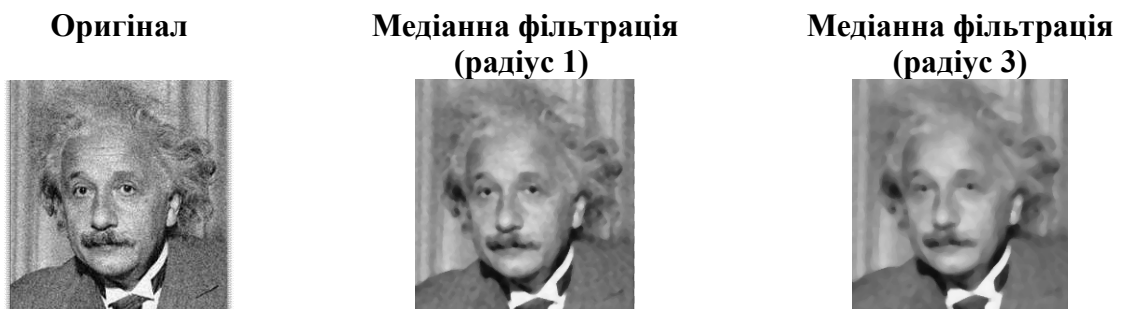
Застосування *медіанної фільтрації* - стандартний спосіб зменшення імпульсного шуму. Для кожного пікселя в деякій околиці (вікні) знаходиться медіанне значення і присвоюється тому пікселю, який обробляється. Значення відновленого зображення при медіанній фільтрації у довільній точці  $(x, y)$  буде мати вид:

$$\bar{f}(x, y) = med\{g(x, y)\} \quad (3)$$

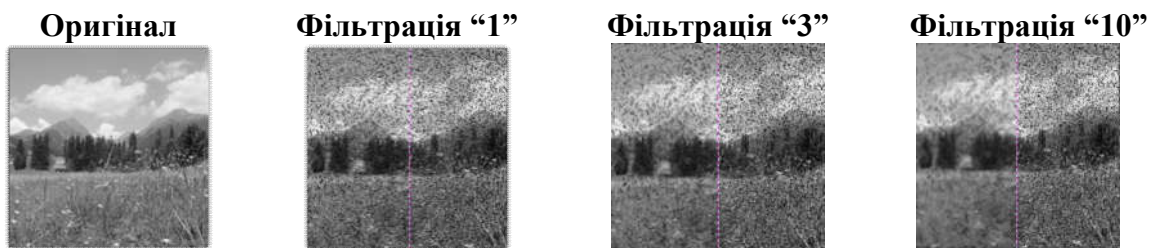
Такий вид фільтрації широко використовується у багатьох програмних додатках для фільтрації і відновлення даних, зокрема в пакетах *Adobe PhotoShop, Paint, GIMP* та ін., які не демонструють задовільної якості при фільтрації зображень з імпульсними завадами (див. рис.3).

Інший приклад використання широко вживаного пакету *GIMP* для фільтрації імпульсних шумів у вигляді чорних крапок (шум типу «Перець») так само не призводить до задовільних результатів при різних налаштуваннях – немає усунення шумів, спостерігається розмиття зображення (рис.4).

Розглянуті інші інструменти фільтрації, зокрема онлайн-сервіси: *Remove Noise Online* (<https://pinetools.com/remove-noise-image>), *Image Noise Reduction Online* (<https://online-photo-converter.com/image-noise-reduction>) та ін. Вони були задіяні в експерименті фільтрації зображення і не продемонстрували задовільного результату відновлювання зображення – немає повного усунення шумів, спостерігається суттєве розмиття зображення.



**Рис. 3.** Результати фільтрації зашумленого зображення (тип шуму «Градації сірого») медіанним фільтром в пакеті *Adobe PhotoShop* (зображення взято з джерела <https://public.wikireading.ru>)

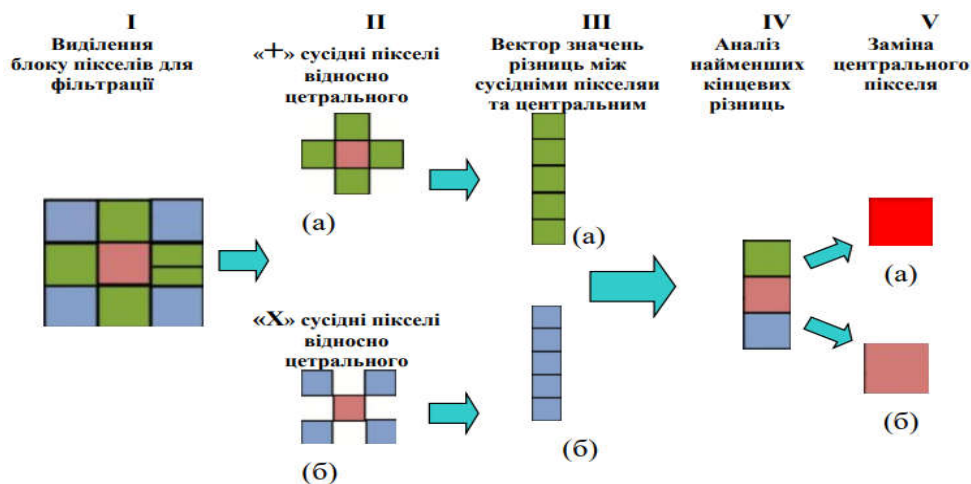


**Рис. 4.** Результати фільтрації зашумленого зображення (шум типу «Перець») в пакеті *GIMP* при різних налаштуваннях

Таким чином виникає необхідність в розробці нових методів і інструментальних засобів реалізації фільтрації зображень при впливі імпульсних шумів.

### Метод найменших кінцевих різниць для фільтрації імпульсних шумів на відео зображеннях

Всі лінійні алгоритми фільтрації призводять до згладжування різких перепадів яскравості цифрових зображень, що пройшли обробку. Такі процедури фільтрації є оптимальними при нормальному розподілі сигналів, шумів і спостережуваних даних. Проведений аналіз показує, що реальні зображення, які обробляються, мають інші характери розподілів. Одна з основних причин полягає в наявності у зображеннях різноманітних границь, перепадів яскравості та ін. Таким чином, зображення погано представляються у вигляді гаусових моделей розподілів яскравості. Це є однією з причин незадовільної передачі границь в зображеннях при застосуванні лінійної фільтрації. Часто при обробці даних та зображень спостерігається спотворення у вигляді імпульсних шумів різних видів. В цьому випадку на зображеннях спостерігаються білі, чорні або сірі крапки, хаотично розкидані по кадру. Застосування лінійної фільтрації в цьому випадку неефективно – кожен з вхідних імпульсів дає відгук у вигляді імпульсної характеристики фільтра, а їх сукупність сприяє поширенню помилки фільтрації на всю площу кадру. В роботі реалізується новий алгоритм фільтрації імпульсних шумів на основі розробленого методу найменших кінцевих різниць (МНКР). Запропонований авторський метод фільтрації відрізняється від медіанної фільтрації і призначений для зменшення впливу імпульсних шумів різних типів при збереженні чіткості і якості. Запропонований метод полягає в заміні досліджуваного пікселя з координатами  $(x,y)$  новим значенням таким чином, щоб різниця яскравості (або значення RGB для кольорових зображень) його значення з можливими сусідами була найменшою. Даний принцип проілюстрований на рис.5.

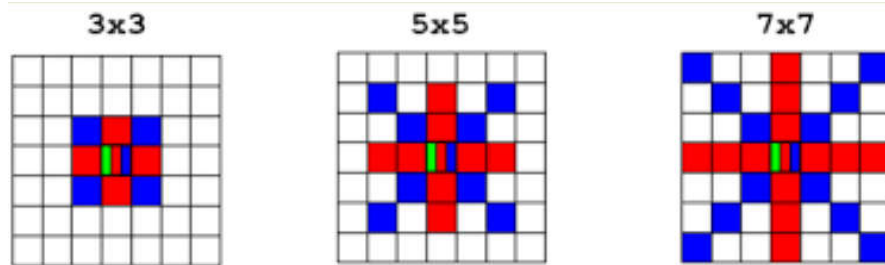


**Рис. 5.** Алгоритм заміни центрального пікселя досліджуваного ядра методом найменших кінцевих різниць

На рисунку 5 в якості ядра розглядається блок пікселів розміром  $3 \times 3$  і фільтрації підлягає центральне значення пікселя (виділено рожевим кольором) (I). В якості сусідніх пікселів розглядаються різні комбінації, зокрема комбінація «+», позначена на рис. 5.а (II), або комбінація «X», позначена, як рис.5.б (II). В результаті розгляду однієї з таких комбінацій сусідніх пікселів утворюється *вектор кінцевих різниць* (III), який розраховується як різниця рівнів яскравості сусідніх пікселів з центральним, та проводиться його аналіз (IV). Якщо в результаті заміни центрального значення (рожевий піксель) сума кінцевих різниць прийме менше значення, то досліджуваний

центральный піксель замінюється на нове значення ( $V, a$ ), а якщо ні, то залишається попереднє значення ( $V, b$ ).

Комбінація сусідніх пікселів або ядра може бути різною в залежності від задачі та параметрів налаштувань. Зокрема, може розглядатися комбінація виду «+» (рис.5.а) – 4 сусідніх пікселя, виду «X» (рис.5.б) – також 4 сусідніх пікселя, або їх повна комбінація «+X» – 8 сусідніх пікселів. Окрім того, можна модифікувати даний підхід і розглядати інші розміри та форми досліджуваного ядра, зокрема «3\*3», «5\*5», «7\*7» та ін. з відповідним підбором сусідів (див. рис.6.)



**Рис. 6.** Вибір розміру ядра і сусідніх пікселів типу «+», «X» та «+X», які беруть участь в обробці даних при застосуванні методу найменших кінцевих різниць

При реалізації даного методу фільтрації необхідно провести оцінювання ефективності відновлення даних. Оцінка результатів фільтрації проводилася за такими критеріями:

- 1) шляхом візуальної оцінки відфільтрованого зображення;
- 2) шляхом розрахунків середнього квадратичного відхилення (СКВ) (англ. *standard deviation*) інтенсивності яскравості пікселів:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{m \cdot n} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (x_{ij}^f - x_{ij}^{orig})^2} \quad (4)$$

де  $x_{ij}^f$  – значення яскравості відфільтрованого пікселя, а  $x_{ij}^{orig}$  – значення яскравості пікселя з оригінального зображення,  $m, n$  – розмірність кадра в піксельному представленні;

- 3) шляхом визначення відношення сигнал/шум (*SNR – signal to noise ratio*):

$$SNR = 10 \log \frac{255^2}{\sigma^2} \quad (5)$$

де  $\sigma^2$  – дисперсія (потужність) завади.

На основі запропонованого авторського методу фільтрації розроблений онлайн-сервіс, який дозволяє реалізувати нові алгоритми фільтрації з кращими показниками якості у порівнянні з відомими.

### Результати дослідження та їх обговорення

Розроблений додаток у вигляді веб-ресурсу, який реалізований із застосуванням мов програмування *JavaScript, HTML, CSS* та надає можливість вибору зображень або завантаження довільного графічного файлу, який підлягає фільтрації (див. рис.7). Інтерактивний веб-додаток містить наступні інструменти фільтрації, представлені на рис.8 та в табл.1.





Рис. 7. Фрагмент головної сторінки веб-додатку «Обробка зображення»

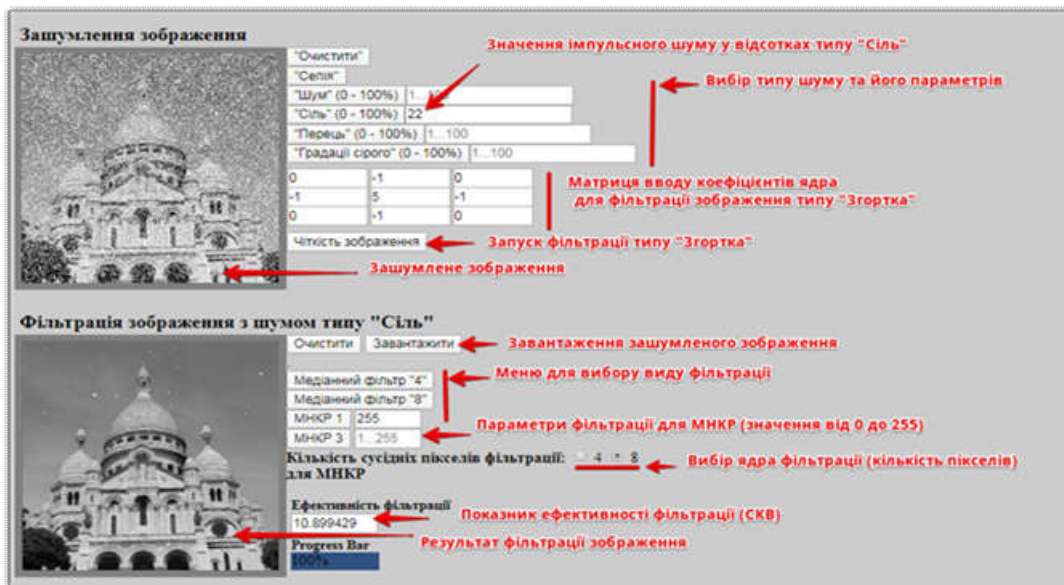


Рис. 8. Фрагмент головної сторінки веб-додатку з інструментами і налаштуваннями фільтрації зображення

Таблиця 1

Параметри фільтрації та тип шуму				
№	Тип фільтрації	Параметри фільтрації	Тип шуму	Критерій ефективності
1	Медіанна-4	«+» - 4	<ul style="list-style-type: none"> <li>«Сіль»; «Перець»;</li> <li>«Градації сірого»</li> </ul>	СКВ
2	Медіанна-8	«+X» - 8	<ul style="list-style-type: none"> <li>Сіль»; «Перець»;</li> <li>«Градації сірого»</li> </ul>	
3	МНКР-1	0...255 0...500	<ul style="list-style-type: none"> <li>«Сіль»; «Перець»;</li> <li>«Градації сірого»</li> </ul>	
4	МНКР-3	0...255 0...500	<ul style="list-style-type: none"> <li>Сіль»; «Перець»;</li> <li>«Градації сірого»</li> </ul>	

В роботі реалізована медіанна фільтрація «Медіанна-4» та «Медіанна-8» типу («+» – 4) і («+X» – 8) для можливості порівняння з результатами фільтрації при застосуванні відомих програмних додатків (наприклад, Adobe PhotoShop CS5), а також запропонований новий алгоритм фільтрації при однократному (МНКР-1) і трикратному (МНКР-3) застосуванні МНКР. В якості шумів моделюються імпульсні викиди типу «Сіль» (випадкові викиди з максимальною яскравістю 255), імпульсні викиди типу «Перець» (випадкові викиди з мінімальною яскравістю 0), імпульсні викиди типу «Градації сірого» (випадкові викиди яскравості в діапазоні 0..255).

Результат фільтрації шуму типу «Сіль» при 10% зашумленості при використанні різних фільтрів представлений на рис.9. Для цього, в першу чергу, було використано оригінальне, не спотворене зображення (а), щоб була можливість оцінити кількісні показники СКВ при застосуванні різних фільтрів.

На рисунку 9 наводиться результат застосування чотирьох фільтрів. Як видно, найкращий результат отримується при застосуванні авторської фільтрації методом МНКР при однократному (д) і трикратному (е) застосуванні у порівнянні з медіанною фільтрацією на 4 (в) і 8 (г) сусідніх компонент. Показник СКВ для різних видів фільтрації відрізняється і є найменшим для МНКР, що свідчить про його перевагу у порівнянні з медіанними фільтрами, які широко використовуються у різноманітних додатках. Проведені експериментальні дослідження фільтрації зображень різними методами при його заповненні адитивним шумом типу «Сіль», «Перець» та «Градації сірого» від 20% до 50%. Аналіз експериментів показав, що суттєвий вииграш проявляється при застосуванні саме нового методу відновлення даних у порівнянні з відомими результатами, зокрема медіанною фільтрацією. Чим більше зашумлене зображення, тим більше перевага у фільтрації при застосуванні МНКР (див. рис.10).

Проведені експериментальні дослідження фільтрації іншого типу шуму – «Сітка», «Смуги». Застосування добре відомих пакетів, наприклад Adobe PhotoShop та Gimp не дає якісного результату, в той час, як використання нового методу МНКР для кількості сусідніх пікселів фільтрації 8 дає найкращий результат, коли відфільтроване зображення майже повністю збігається з оригіналом (див. рис.11). Окрім того, в роботі реалізований додатковий сервіс обробки зображень з використанням згортки, що дає користувачу додаткові гнучкі можливості по модифікації об'єктів, зокрема збільшення їх чіткості та контрастності, виділення границь зображення, отримання ефекту розмиття, що усуває високочастотні завади на зображеннях (див. рис.12). Змінити коефіцієнти ядра користувач може самостійно шляхом експерименту та отримати інші цікаві результати фільтрації, наприклад з ядрами:

$$K_{-1} = \begin{pmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 5 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{pmatrix}, \quad K_{-2} = \begin{pmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 9 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{pmatrix}$$

Порівняльний аналіз ефективності фільтрації по параметру СКВ від степені зашумленості різними методами наведений на рис.13. З графіка видно, що застосування МНКР покращує результат фільтрації.

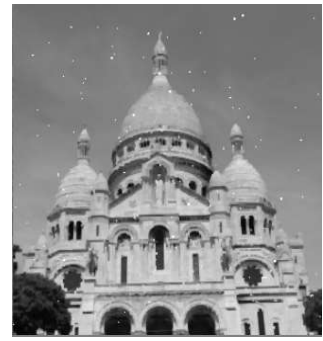




а) оригінальне зображення



б) зображення з імпульсним шумом типу «Сіль» - 10%



в) медіанна фільтрація («+» - 4), СКВ - 6.6912



г) медіанна фільтрація типу («+X» - 8), СКВ - 6.9286



д) фільтрація методом МНKP-1, СКВ - 6.4540

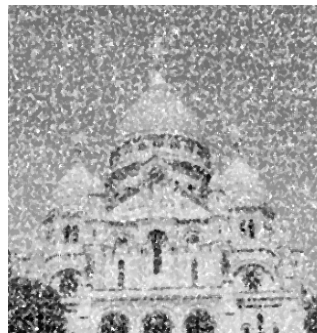


е) фільтрація методом МНKP-3, СКВ - 6.5752

**Рис. 9.** Результат фільтрації зображення при впливі імпульсного шуму типу «Сіль» при 10% заповненні



а) зображення з адитивним шумом типу «Сіль», 30%



б) медіанна фільтрація з використанням *Adobe PhotoShop*



в) медіанна фільтрація типу («+» - 4), СКВ - 10.5949



г) медіанна фільтрація типу («+X» - 8), СКВ - 8.6896



д) фільтрація методом МНKP-1, СКВ - 7.2143



е) фільтрація методом МНKP-3, СКВ - 6.7599

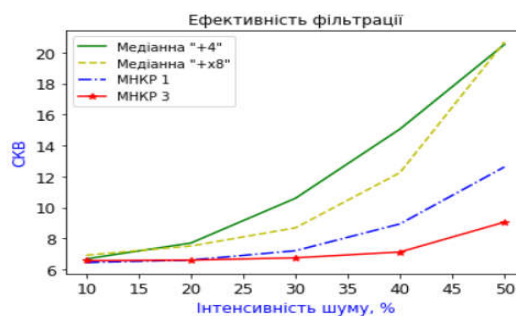
**Рис. 10.** Результат фільтрації зображення при впливі адитивного шуму типу «Сіль» при 30% заповненні



**Рис. 11.** Результат фільтрації зображення при впливі адитивного шуму типу «Смуги» (зображення взято з джерела <http://decsai.ugr.es/cvg/CG/base.htm>)



**Рис. 12.** Результат збільшення чіткості зображення при застосуванні згорточних операцій ядром  $K_1$ ,  $K_2$  та Sobel

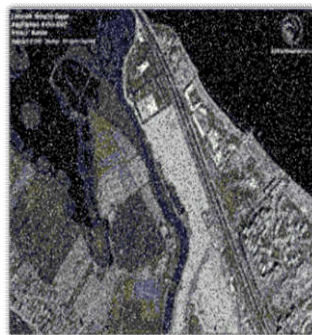


**Рис. 13.** Порівняльна характеристика ефективності фільтрації по параметру СКВ від степені зашумленості різними методами

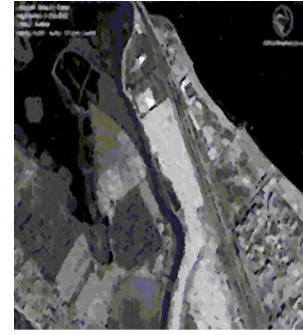
Як видно з рисунків (рис.12), якість зображення та деталізація збільшились, що надає зображенню додаткової реалістичності. Можна покращити результати фільтрації зображень при комбінації запропонованих методів та застосуванні згорткових операцій. На рис.14 наведений результат фільтрації зображення фотографії місцевості, зробленої з супутника (режим доступу <https://www.ijert.org/research/removal-of-salt-and-pepper-noise-from-satellite-images-IJERTV2IS110634.pdf>), яке вражене імпульсними завадами. Показано, що застосування звичайної медіанної фільтрації не дає бажаного ефекту, оскільки призводить до погіршення чіткості зображення. Тому було застосовано фільтрацію новим методом МНКР-3 (кількість сусідніх пікселів фільтрації 8, фільтрація шуму типу «Сіль»), далі була збільшена чіткість зображення при застосуванні згорткового фільтра  $K_1$ , і, окрім того, додаткова медіанна фільтрація типу («+» - 8). В результаті отримано відфільтроване зображення, максимально наближене до оригіналу, чого неможливо досягнути при застосуванні стандартних інструментів онлайн-сервісів та відомих графічних редакторів.



Оригінальне зображення



Зображення з імпульсним шумом

Фільтрація методом МНКР-3, кількість сусідніх пікселів фільтрації 8, режим фільтрації - «Сіль», додаткова обробка фільтром згортки  $K_1$ , медіанна фільтрація типу («+» - 8)

**Рис. 14.** Результат фільтрації зображень при додатковому застосуванні згорткових операцій

## Висновки

У роботі створений інтернет-сервіс фільтрації зображень на основі запропонованого нового методу найменших кінцевих різниць, що складає наукову новизну роботи та дозволяє покращити процедуру відновлення даних у порівнянні з відомими методами, зокрема з методом медіанної фільтрації, який є типовим інструментом багатьох графічних додатків.

Проведені дослідження ефективності запропонованого методу при впливі шумів різних типів та інтенсивності по критеріям візуального сприйняття, параметра СКВ та параметра відношення сигнал/шум. Ці показники вказують, що новий підхід обробки даних при їх спотворенні імпульсними шумами значно випереджає відомі результати.

Практична значущість роботи полягає у розробці інтерактивного інтернет-сервісу, який може застосовуватись для вивчення і дослідження процесів фільтрації зображень, відновленні даних при пошкодженні імпульсним шумами, у науково-дослідницьких проектах при виконанні процедур фільтрації зображення без погіршення їх якості.

Перспективи подальших досліджень полягають у розробці і дослідженні нових методів фільтрації інших типів шумів.



Перевагою створеного інтернет-сервісу є реалізація гнучких та ефективних функцій фільтрації цифрових зображень, яка відсутня у загальновідомих графічних пакетах *Adobe PhotoShop, Paint, GIMP* та ін.

Окрім того, запропоновані рішення у вигляді інтернет-сервісу є гарним компромісом між простотою практичної реалізації і якістю фільтрації у порівнянні з потужними, але складними для реалізації та ресурсоемними системами обробки зображень.

## Список літератури

1. Яне Б. Цифровая обработка изображений. М.: Техносфера, 2007.
2. Вовк С.М., Гнатушенко В.В., Бондаренко М.В. Методи обробки зображень та комп'ютерний зір. Дніпро: ЛІРА, 2016.
3. Грузман И.С., Киричук В.С., Косых В.П., Перетягин Г.И., Спектор А.А. Цифровая обработка изображений в информационных системах. Новосибирск: НГТУ, 2000.
4. Торубка Т.В., Пуйда В.Я. Метод видалення адитивних шумів на зображеннях літальних апаратів. *Вісник Національного університету "Львівська політехніка" – Комп'ютерні системи та мережі*. 2013. № 773. С.131-136,
5. Білинський Й.Й., Ратушний П.М. Методи та система оброблення слабконтрастних зображень для оцінювання показників мікрокапілярів кінцівок людини. Вінниця: ВНТУ, 2012.
6. Кветний Р.Н., Богач І.В., Бойко О.Р. Комп'ютерне моделювання систем та процесів. Методи обчислень. Частина 2. Вінниця: ВНТУ, 2013.
7. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. М.: Техносфера, 2012.
8. Van Trees H.L., Bell K.L. Bayesian Bounds for Parameter Estimation and Nonlinear Filtering/Tracking. Piscataway, NJ: Wiley-IEEE Press, 2007.
9. Burger W., Burge M.J. Principles of Digital Image Processing. Advanced Methods. London: Springer-Verlag, 2013.
10. Sharma V., Soni D., Srivastava D. Filtration Based Noise Reduction Technique in an Image. *4th International Conference on Internet of Things: Smart Innovation and Usages (IoT-SIU)*, 2019.
11. Hsu Ch.Y., Tsui T.S., Yu S.S., Tseng K.K. Salt and Pepper Noise Reduction by Cellular Automata. *Int. J. of Applied Science and Engineering*. 2011. V.9, No. 3, P. 143-160.
12. Zhang Y., Liu Y., Li X., Zhang C. Salt and pepper noise removal in surveillance video based on low-rank matrix recovery. *Computational Visual Media*. 2015. V.1, No.1, P. 59-68.
13. Jin L., Liu H., Zhang W., Song E. Video oriented filter for impulse noise reduction. *Journal of Visual Communication and Image Representation*. 2018. V.55, P.1-11.
14. Палагін В.В., Івченко О.В., Ведерніков Д.А. Статистичне оцінювання параметрів негаусових корельованих випадкових процесів. Черкаси: ФОП Гордієнко Є.І., 2018.
15. Palahin V., Juhár J. Joint Signal parameters estimation in non-Gaussian noise by the method of polynomial maximization. *Journal of Electrical Engineering*. 2016. V.67, No.3.P.217–221.

**METHOD OF PULSE NOISES FILTRATION ON VIDEO IMAGES**D. Palahin<sup>1</sup>, O. Palahina<sup>2</sup>, V. Palahin<sup>3</sup>, O. Zorin<sup>4</sup>, O. Hozhyi<sup>5</sup><sup>1-4</sup>Cherkasy State Technological University

Shevchenko blvd., 460, Cherkasy, Ukraine, 18005

<sup>5</sup>Cherkasy scientific research forensic centre MIA of Ukraine

Pasterivska st., 104, Cherkasy, Ukraine, 18000

e-mails: mr.padi111@gmail.com<sup>1</sup>, palahina@ukr.net<sup>2</sup>, palahin@ukr.net<sup>3</sup>,snjzrin@gmail.com<sup>4</sup>, hozhyi@ndekc.ck.ua<sup>5</sup>

In the process of forming and transmitting images through communication channels, they are exposed to various types of noise, which in some cases leads to deterioration of visual quality and loss of areas of images. Reducing such defects is an urgent task in many applications in filtering and recovering data. Methods and technologies of data recovery in digital image filtering problems have been studied, which made it possible to formulate the main directions of improving data recovery processes without deteriorating their quality. Known classical filtering methods, such as the median filter, Gaussian filter, Wiener filter and others, used in known modern image processing software packages, often do not have satisfactory efficiency in processing specific types of noise and often lead to partial loss of useful signal. The aim of the work is to increase the efficiency of image filtering in the development of a new method of the smallest finite differences and the creation of an interactive web service for its implementation. The proposed method of filtering allows you to effectively eliminate pulsed noise from video data, taking into account a priori information about the noise without significant distortion of useful information. The found quantitative characteristics of the evaluation of the efficiency of the method show better results of pulse noise filtering in the image in comparison with the known ones. During the development of the method, a physic-mathematical interpretation of the recovery of digital images when interacting with additive pulse noise was used, and a gradient analysis model was used using the final differences of the pixel values of the images. The proposed algorithm is used to restore test images, the analysis of digital processing in comparison with other known methods using quantitative and qualitative characteristics. The advantage of the created Internet service is the implementation of flexible and efficient functions of digital image filtering, which is absent in the well-known graphics packages Adobe Photoshop, Paint, GIMP and others. In addition, the proposed solutions in the form of an Internet service are a good compromise between ease of implementation and quality of filtering, compared to powerful but difficult to implement and resource-intensive image processing systems.

**Keywords:** digital images, pulse noise, data filtering and recovery, gradient analysis.