

Рис. 4. Результат роботи системи

Розклад вхідного синусоїдального сигналу на низькочастотні та високочастотні компоненти зображений на рис. 4.

Висновок. У роботі представлено модифікацію алгоритму Малла для ефективної реалізації вейвлет-перетворення в базисі процесорного ядра ARM7. Забезпечено зменшення часу перетворення на 15 % порівняно з базовим алгоритмом.

1. Mallat S.G. *A Wavelet Tour of Signal Processing*, 1998. 2. Daubechies I. *Ten Lectures on Wavelets*. SIAM, 1992. 3. Баттлер К. *Вейвлет-анализ. Основы теории*. – М. 2004. – 280 с. 4. Чуи Ч. *Введение в вэйвлеты: Пер. с англ.* – М.: Мир, 2001. – 412 с. 5. Смит С. *Цифровая обработка сигналов. Практическое руководство для инженеров и научных работников: Пер. с англ.* А.Ю. Линовича, С.В. Витязева, И.С. Гусинского. – М.: Додэка-XXI, 2008. – 720 с. 6. <http://www.wavelet.org/>.

УДК 004.032.26

В.Я. Пуйда, Т.В. Торубка

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра електронно-обчислювальних машин

ВИДАЛЕННЯ ІМПУЛЬСНИХ ЗАВАД НА ЗОБРАЖЕННЯХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

© Пуйда В.Я., Торубка Т.В., 2009

Досліджено алгоритм адаптивної медіанної фільтрації. Розроблено програмний пакет для моделювання роботи алгоритму, який дає змогу усунути до 80% імпульсних завад на зображеннях літальних апаратів.

Adaptive median filtering algorithm is researched. A software package for simulation of the algorithm, which removes up to 80% of a impulse noise is developed.

Вступ. Жодна система реєстрації не забезпечує ідеальної якості зображень досліджуваних об'єктів. Зображення в процесі формування системами (фотографічними, голографічними, телевізійними) зазвичай піддаються дії завад. На відміну від так званих детермінованих спотворень, які часто описуються поелементними функціональними перетвореннями початкового зображення, для моделювання випадкових спотворень використовують моделі аддитивних, імпульсних і мультиплікативних завад.

Розглянемо модель імпульсних завад. Дія завад позначається не на всьому зображенні, а тільки у випадково розташованих точках. На зображенні такі завади виглядають ізольованими контрастними точками. Імпульсні завади характерні для систем передачі зображень по радіоканалах з використанням нелінійних методів модуляції, а також для цифрових систем передавання і зберігання зображень. Зокрема, імпульсні завади властиві пристроям введення зображень з телевізійної камери.

Постановка задачі. Дослідити та проаналізувати покращання якості зображень літальних апаратів, зашумлених імпульсними завадами.

Основна частина. Зазвичай зображення, сформовані різними прийнятними і скануючими пристроями, спотворюються дією завад. Це ускладнює як візуальний аналіз, так і автоматичну обробку. Ослаблення дії завад досягається фільтрацією. При фільтрації яскравість кожної точки, спотвореної завадою, замінюється деяким іншим значенням, визначеним спотвореним у меншому ступені. Оскільки зображення є двовимірною функцією координат та змінюється повільніше ніж завада, то це може слугувати основою для розроблення алгоритмів фільтрації. Метод адаптивної медіанної фільтрації найефективніший, якщо завади на зображенні мають імпульсний характер і являють собою обмежений набір пікових значень. Медіанний фільтр реалізується як процедура локальної обробки ковзним вікном різної форми (маскою), котре містить непарне число відрхунків зображення, і полягає в тому, що для кожного положення вікна відрхунки, які потрапили до нього, упорядковуються за збільшенням (чи зменшенням) значень. Середнє значення у такому перелікові називається медіаною даної групи з N відрхунків. Ця медіана замінює центральний відрхунок у вікні для обробленого сигналу. В результаті застосування медіанного фільтру похилі ділянки і різкі перепади значень яскравості на зображеннях не змінюються. Це дуже корисна властивість саме для зображень, на яких, як відомо, контури несуть основну інформацію. Водночас імпульсні завади, довжина яких менша за половину вікна, будуть пригнічені.

Медіанна фільтрація має й деякі недоліки. Зокрема, експериментально встановлено, що у такого методу відносно слабка ефективність при фільтрації так званих флуктуаційних завад. Крім того, із збільшенням розміру маски розмиваються контури зображення і знижується чіткість зображення.

Вказані недоліки методу можна зменшити до мінімуму, якщо скористатися медіанною фільтрацією з динамічним розміром маски (адаптивною медіанною фільтрацією).

Принцип обчислення центрального відліку при локальній обробці зображення ковзним вікном залишається незмінним. Ця медіана з набору впорядкованих відрхунків, що потрапили у вікно (маску), а розмір ковзного вікна (маски) динамічний і залежить від яскравості сусідніх пікселів.

Метою відновлення спотвореного зображення $y(n_1, n_2)$ є отримання з нього за допомогою деякої обробки зображення, яке близьке до ідеального зображення $x(n_1, n_2)$ за заданим критерієм. Зображення, що виходить у результаті обробки, називатимемо оцінкою початкового (ідеального) зображення $x(n_1, n_2)$. Визначимо помилку оцінювання в кожній точці зображення [4]:

$$e(n_1, n_2) = x'(n_1, n_2) - x(n_1, n_2), \quad (1)$$

$$n_1 = 0, 1, \dots, M_1 - 1, \quad n_2 = 0, 1, \dots, M_2 - 1,$$

а також середню квадратичну помилку (СКП) через її квадрат, тобто дисперсію помилки:

$$\varepsilon^{-2} = \frac{1}{M_1 M_2} \sum_{n_1=0}^{M_1-1} \sum_{n_2=0}^{M_2-1} (x'(n_1, n_2) - x(n_1, n_2))^2 \quad (2)$$

Критерій мінімуму квадрата СКП ($\varepsilon^{-2} \rightarrow \min$) є найуніверсальнішим і поширеним критерієм якості відновлення при розробленні алгоритмів фільтрації зображень. Проте цей критерій має недолік, що полягає в тому, що він не завжди узгоджується із суб'єктивним (психовізуальним) критерієм якості, заснованим переважно на точності передачі контурів.

Вказаний критерій є конструктивним і дає змогу теоретично розраховувати оптимальні (СКП) алгоритми фільтрації для розглянутих об'єктів спостереження. Проте оптимальні алгоритми виявляються складними для розрахунку і реалізації. В автоматизованих системах обробки зображень перевага віддається так званим квазіоптимальним алгоритмам, які дають СКП у деякому класі алгоритмів із заданою структурою і трохи відрізняються від оптимальних за цим критерієм. Зазвичай спектр завад містить вищі просторові частоти, ніж спектр ідеального зображення. Цей факт наводить на думку, що проста низькочастотна фільтрація може бути ефективним засобом придушення завад. У принципі будь-який фільтр з негативними коефіцієнтами має згладжувальні властивості. Можна запропонувати такі згладжувальні маски [4]:

$$A_1 = \frac{1}{9} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}, \quad A_2 = \frac{1}{10} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}, \quad A_3 = \frac{1}{16} \begin{pmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{pmatrix}. \quad (3)$$

Щоби процедура придушення завад не викликала зсуву яскравості початкового зображення, маски (3) відрізняються ступенем згладжування завад (у маски A1 вона максимальна, у A3 – мінімальна). Коефіцієнти маски вибирають експериментально. Із збільшенням ступеня згладжування завад відбувається також придушення високочастотної складової корисного зображення, що спричиняє зникнення дрібних деталей і розмивання контурів. Якщо необхідний ступінь згладжування із застосуванням маски розміру 3 і 3 не досягається, то слід використовувати згладжувальні маски великих розмірів (5x5, 7x7).

На рис. 1 показано алгоритм фільтрації на основі адаптивної медіанної фільтрації. На етапі визначення зашумлених елементів визначаються пікселі, які були зашумлені імпульсними завадами (зашумленими вважаємо ті пікселі, значення яскравості яких дорівнює максимальній і мінімальній яскравості). Якщо піксель незашумлений, то він записується в буфер (тобто на наступному кроці фільтр працює з зображенням, що складається тільки з елементів початкового зображення, і не залежить від елементів, що піддалися спотворенню). Якщо піксель був зашумлений, то шукають незашумлені пікселі навколо і відновлюють цей піксель на їх основі. Якщо у цій послідовності рівень завад надто високий, то послідовність (розмір вікна) відповідно буде збільшена до досягнення прийняттого рівня завад. Слід зазначити, що буфер використовується для зменшення впливу зашумлених пікселів на вихідне зображення.

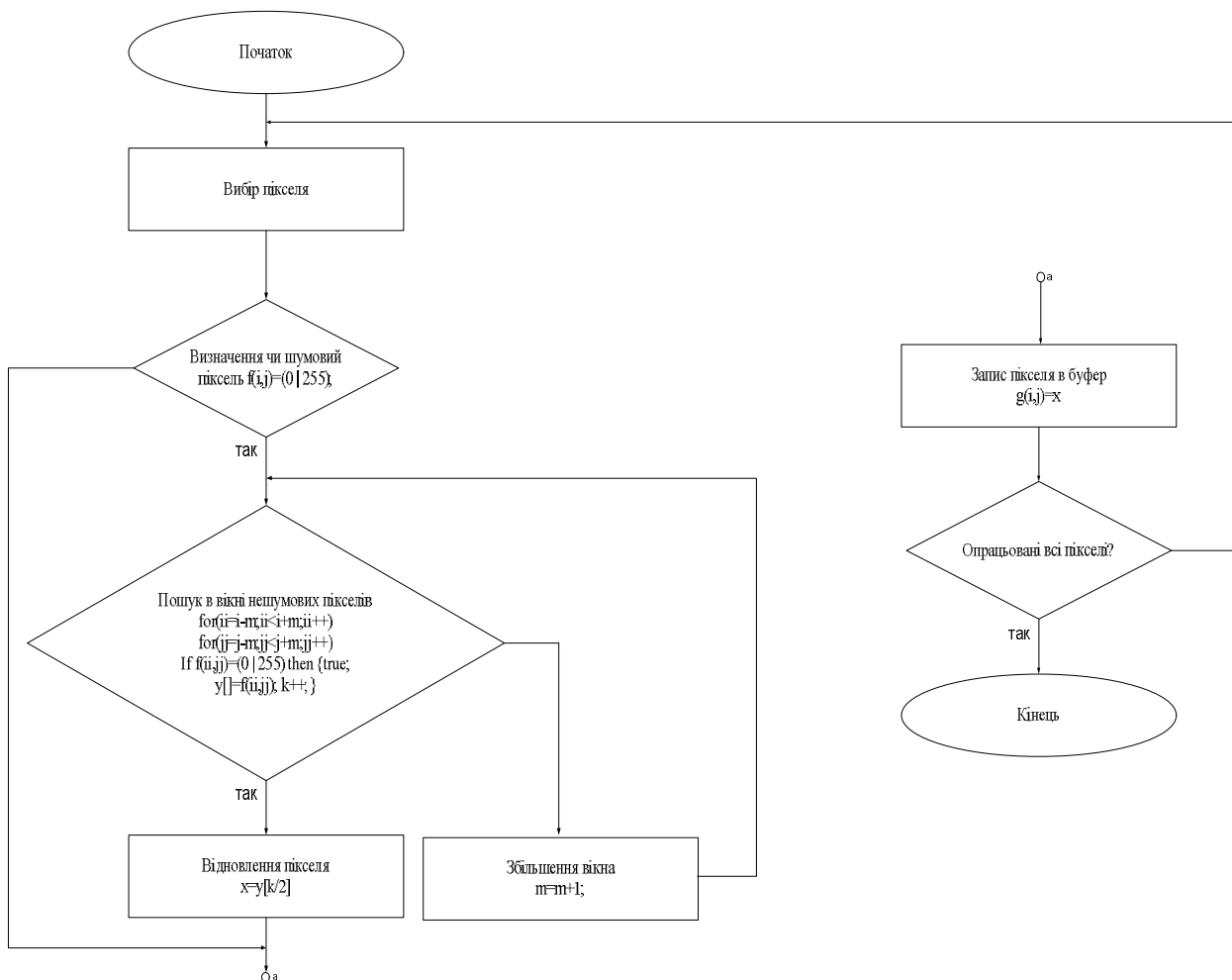
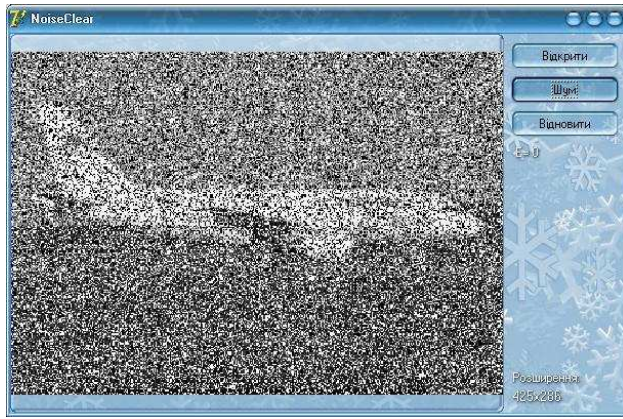


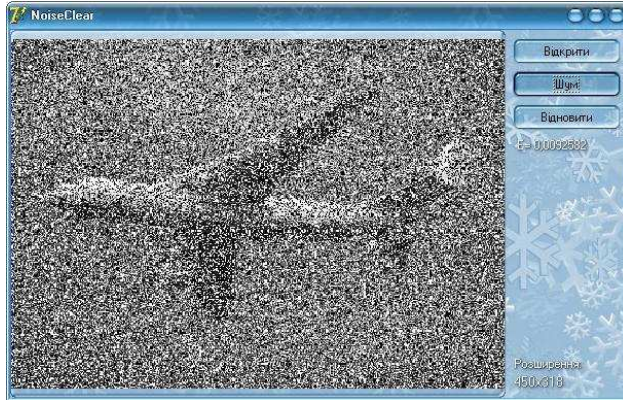
Рис. 1. Граф-схема алгоритму фільтрації



а



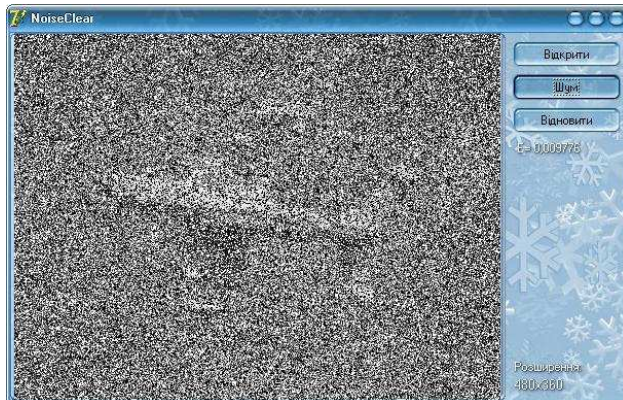
б



в



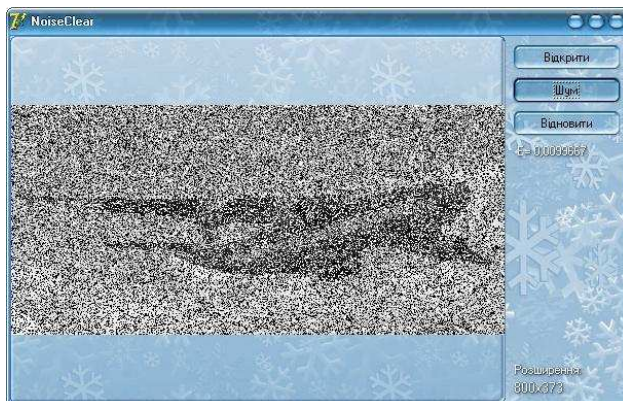
г



д



е



ж



з

Рис. 2. Зашумлене зображення(а, в, д, ж)

Рис. 2. Відновлене зображення (б, г, е, з)

Для моделювання роботи алгоритму розроблено програмний пакет. Цей пакет реалізує три функції: відкрити зображення, додати завади і відновити зображення. Параметр E показує середню квадратичну помилку при відновленні зображення. Під відновленням зображення розуміють виконання алгоритму адаптивної медіанної фільтрації, тобто видалення імпульсних завад. Порівняно з середовищем MATLAB цей програмний пакет відновлює зображення в декілька разів швидше, що свідчить про ефективну реалізацію алгоритму. Складність реалізації алгоритму полягає в оптимізації його для обробки зображення з мінімальними затратами часу, оскільки від збільшення розширення зображення час обробки збільшується. Візьмемо для прикладу зображення літальних апаратів та промодельюємо роботу алгоритму видалення завад. Результати обробки зображень наведено на рис. 2, *a, в, д, ж* – зашумлене зображення та рис. 4, *б, г, е, з* – відновлене зображення.

Алгоритм на основі адаптивної медіанної фільтрації має такі переваги:

- ✓ видалення імпульсних завад із зображень з мінімальним спотворенням;
- ✓ прості математичні розрахунки, які не вимагають багато пам'яті та часу на обчислення, що є критичним.

Як видно з результатів роботи програми (рис. 2), вона дає змогу усунути до 80% завад. Для оцінювання ефективності фільтрації використаємо середню квадратичну помилку (СКП) 2. Відповідно СКП для зображень дорівнює $E_1 = 0,0092582$, $E_2 = 0,009776$, $E_3 = 0,0099667$, $E_4 = 0,0091817$. Загалом СКП є меншою за 1%, що доводить, що цей алгоритм є доволі ефективним проти імпульсних завад.

Якщо прийняти, що x – ширина, а y – висота відеозображення, то можна підрахувати необхідну пам'ять для обробки зображення за формулою :

$$\text{mem} = 2(x \cdot y) + 225 + 43; \quad (4)$$

Відповідно можна підрахувати кількість необхідної пам'яті для реалізації цього алгоритму, якщо розширення зображення становить $528 \cdot 384$:

$$\text{mem} = 2(528 \cdot 384) + 225 + 43 = 405772 \text{ (байт)} = 0.4 \text{ (Mb)} .$$

Висновки. В роботі проведено моделювання алгоритму адаптивної медіанної фільтрації на зображеннях літальних апаратів з використанням розробленого програмного пакета для дослідження алгоритмів покращання якості зображень. Середня квадратична помилка для зображень є меншою за 1%, що свідчить про ефективність цього алгоритму проти імпульсних завад. Відповідно алгоритм можна застосовувати у спеціалізованих комп'ютерних системах, а саме камерах, фотоапаратах або для видалення імпульсних завад з зображень та інше. Цей алгоритм фільтрації доволі ефективно покращує якість зображень. Надалі планується адаптувати алгоритм для усунення адитивних завад.

1. Гонсалес Р., Вудс Р. *Цифровая обработка изображений*. – 2005. 2. Ерош И.Л., Сергеев М.Б., Соловьев Н.В. – *Обработка и распознавание изображений в системах превентивной безопасности*. – 2005. 3. Хуанг Т.С. *Быстрые алгоритмы в цифровой обработке изображений: преобразования и медианные фильтры*. – М.: Радио и связь, 1984. 4. Соيفер В.А. *Компьютерная обработка изображений*. 5. Роджерс Д., Адамс Дж. *Математические основы машинной графики*. – 2001. 6. Шикин Е.В., Боресков А.В. *Компьютерная графика. Динамика, реалистические изображения*. – 1995. 7. Аммерал Л. *Принципы программирования в машинной графике*. – 1992.