

ISSN 1609-7742

# Наукові праці

Випуск 271, 2016

Серія

Комп'ютерні технології

ISSN 2311-1682

ІСТОРІЯ  
ЕКОЛОГІЯ  
ФІЛОЛОГІЯ  
ФІЛОСОФІЯ  
ЕКОНОМІКА  
СОЦІОЛОГІЯ  
ПЕДАГОГІКА  
ПОЛІТОЛОГІЯ  
РАДІОБІОЛОГІЯ  
ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА  
ДЕРЖАВНЕ УПРАВЛІННЯ  
КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ



# Наукові праці

Видається з грудня 2001 року

Науково-методичний журнал



Серія

**«КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ»**

Випуск 271, 2016

Том 283

Наказом МОН України від 06.03.2015 року № 261  
цей журнал включено до переліку наукових фахових видань  
з комп'ютерних наук, у яких можуть публікуватися результати  
дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук.

Засновник видання –  
Національний університет  
«Києво-Могилянська  
академія».  
Видання засноване у 2001 р.  
Свідоцтво КВ № 5817 від 30.01.2002 р.

**Перереєстрація:**  
Засновник видання –  
Миколаївський державний  
гуманітарний університет  
ім. Петра Могили  
Свідоцтво КВ № 9506 від 14.01.2005 р.

**Перереєстрація:**  
Засновник видання –  
Чорноморський державний  
університет ім. Петра Могили  
Свідоцтво КВ № 15281-3853ПР  
від 10.04.2009 р.

Рекомендовано до друку та поширення  
мережею Інтернет  
рішенням вченої ради  
Чорноморського національного  
університету ім. Петра Могили  
(протокол № 11 від 01.07.2016)

#### РЕДАКЦІЙНО-ВИДАВНИЧА РАДА

- |                         |  |
|-------------------------|--|
| <b>Клименко Л. П.</b>   | голова редакційно-видавничої ради, головний редактор журналу «Наукові праці», доктор технічних наук, професор, ректор ЧНУ імені Петра Могили   |
| <b>Беглиця В. П.</b>    | заступник голови редакційно-видавничої ради, заступник головного редактора журналу «Наукові праці», доктор наук з державного управління, доцент, проєктор з наукової роботи ЧНУ імені Петра Могили |
| <b>Смельянов В. М.</b>  | голова редколегії серії «Державне управління», доктор наук з державного управління, професор   |
| <b>Іванов М. С.</b>     | голова редколегії серії «Політологія», доктор політичних наук, професор  |
| <b>Мещанинов О. П.</b>  | голова редколегії серії «Педагогіка», доктор педагогічних наук, професор   |
| <b>Горлачук В. В.</b>   | голова редколегії серії «Економіка», доктор економічних наук, професор   |
| <b>Грабак Н. Х.</b>     | голова редколегії серії «Екологія», доктор сільськогосподарських наук, професор, старший науковий співробітник   |
| <b>Матвєєва Н. П.</b>   | голова редколегії серії «Філологія. Мовознавство», доктор філологічних наук, професор  |
| <b>Григор'єва Л. І.</b> | голова редколегії серії «Техногенна безпека. Радіобіологія», доктор біологічних наук, професор   |
| <b>Пронкевич О. В.</b>  | голова редколегії серії «Філологія. Літературознавство», доктор філологічних наук, професор  |
| <b>Тригуб П. М.</b>     | голова редколегії серії «Історія», доктор історичних наук, професор, академік УАН  |
| <b>Гавеля В. Л.</b>     | голова редколегії серії «Соціологія», доктор філософських наук, професор   |
| <b>Січко Д. С.</b>      | голова редколегії серії «Юриспруденція», кандидат юридичних наук, доцент   |
| <b>Фісун М. Т.</b>      | голова редколегії серії «Комп'ютерні технології», доктор технічних наук, професор, старший науковий співробітник, дійсний член УАН   |
| <b>Андрєєв В. І.</b>    | відповідальний секретар журналу «Наукові праці», кандидат технічних наук, доцент   |

**№ 34**

**Наукові праці : Науково-методичний журнал. – Вип. 271. Т. 283. Комп'ютерні технології. – Миколаїв : Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2016. – 124 с.**

У журналі представлено результати наукових робіт дослідників з різних регіонів України. Проблематика статей досить широка і торкається різноманітних теоретичних та прикладних аспектів сучасних комп'ютерних технологій.

#### РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ СЕРІЇ

1. **Фісун Микола Тихонович** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри інтелектуальних інформаційних систем Чорноморського національного університету імені Петра Могили (м. Миколаїв) – *голова редакційної колегії серії «Комп'ютерні технології»*;
2. **Бідюк Петро Іванович** – доктор технічних наук, професор Інституту прикладного системного аналізу (ННК ПІСА) (м. Київ) – *заступник голови редакційної колегії серії «Комп'ютерні технології»*;
3. **Гожий Олександр Петрович** – доктор технічних наук, доцент, в.о. професора кафедри комп'ютерної інженерії Чорноморського національного університету ім. Петра Могили (м. Миколаїв) – *відповідальний секретар редакційної колегії серії «Комп'ютерні технології»*;
4. **Глибовець Микола Миколайович** – доктор фізико-математичних наук, професор, декан факультету інформатики НаУКМА (м. Київ);
5. **Давилів Валерій Якович** – доктор технічних наук, професор кафедри математичних методів системного аналізу Інституту прикладного системного аналізу (ННК ПІСА НТУУ «КПІ») (м. Київ);
6. **Дихта Леонід Михайлович** – доктор технічних наук, професор кафедри прикладної та вищої математики Чорноморського національного університету імені Петра Могили (м. Миколаїв);
7. **Коваленко Ігор Іванович** – доктор технічних наук, професор, професор кафедри програмного забезпечення автоматизованих систем Національного університету кораблебудування імені адм. Макарова (м. Миколаїв);
8. **Кондратенко Юрій Паєнтілович** – доктор технічних наук, професор, професор кафедри інтелектуальних інформаційних систем Чорноморського національного університету імені Петра Могили (м. Миколаїв);
9. **Кутковецький Валентин Якович** – доктор технічних наук, професор, професор кафедри комп'ютерної інженерії Чорноморського національного університету імені Петра Могили (м. Миколаїв);
10. **Малахов Євген Валерійович** – доктор технічних наук, професор, професор кафедри математичного забезпечення комп'ютерних наук Одеського національного університету імені І. І. Мечникова (м. Одеса);
11. **Мещанинов Олександр Павлович** – доктор педагогічних наук, професор, професор кафедри інтелектуальних інформаційних систем Чорноморського національного університету імені Петра Могили (м. Миколаїв);
12. **Мусієнко Максим Павлович** – доктор технічних наук, професор, декан факультету комп'ютерних наук Чорноморського національного університету імені Петра Могили (м. Миколаїв);
13. **Приходько Сергій Борисович** – доктор технічних наук, доцент, завідувач кафедри програмного забезпечення автоматизованих систем Національного університету кораблебудування імені адм. Макарова (м. Миколаїв);
14. **Хомченко Анатолій Никифорович** – доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач кафедри прикладної та вищої математики Чорноморського національного університету імені Петра Могили (м. Миколаїв).

**ISSN 2311-1682**

Включено до Міжнародної науково-метричної бази даних Ulrichsweb  
(Ulrich's Periodicals Directory)

© Чорноморський національний університет імені Петра Могили, 2016

#### АДРЕСА РЕДАКЦІЇ:

54003, м. Миколаїв,  
вул. 68 Десантників, 10  
Тел.: (0512) 76-55-99, 76-55-81,  
факс: 50-00-69, 50-03-33,  
E-mail: avi@chmnu.edu.ua



# ЗМІСТ

<i>Кутковецький В. Я., Турти М. Ю., Гриза О. В.</i> Гранульований геометричний образ хвороби в $n$ -вимірному просторі.....	9
<i>Сандлер А. К., Цюпко Ю. М.</i> Судновий волоконно-оптичний гідрофон .....	16
<i>Швед А. В.</i> Алгоритм вибору правила комбінування експертних свідочств .....	21
<i>Левенець Т. В., Кравець І. О.</i> Дослідження методів розпізнавання облич при використанні мобільних технологій .....	28
<i>Фісун М. Т., Дворецький М. Л., Юхатов А. В.</i> Порівняльний аналіз методів побудови OLAP-систем із використанням засобів MS SQL SERVER та ORACLE .....	36
<i>Коваленко І. І., Антіпова К. О., Кучара Ю. П.</i> Модель інформаційних потоків лінійно-функціональної організаційної структури управління великим наукомістким підприємством .....	43
<i>Кулик Я. А., Гармаш В. В., Маслій Р. В.</i> Реалізація та моделювання швидкої медіанної фільтрації .....	50
<i>Лифар В. О.</i> Інформаційне забезпечення системи управління техногенним ризиком.....	57
<i>Мельник Р. П., Мельник О. Г., Чепурний Г. П.</i> Підвищення інформаційної безпеки телекомунікаційної системи ДСНС України шляхом моніторингу інцидентів та оцінки ризику реалізації загроз безпеки .....	65
<i>Нікольський В. В., Нікольський М. В., Накул Ю. А.</i> Система підтримки прийняття рішення по навантаженню великотонажного контейнеровоза .....	70
<i>Рудницький В. М., Шувалова Л. А., Нестеренко О. Б.</i> Аналіз дворозрядних операцій криптографічного кодування по критерію строгого лавинного ефекту.....	74
<i>Кутковецький В. Я., Турти М. Ю., Гриза О. В.</i> Узагальнений медичний датчик для інтелектуальних систем.....	78
<i>Солобута Л. В., Солобута М. Є.</i> Логістичні моделі вантажоперевезень в мережі магазинів .....	83
<i>Цюпко Ю. М.</i> Волоконно-оптичний датчик метану .....	87
<i>Горшеньова К. Ю., Кравець І. О.</i> Розробка динамічних моделей вітряних електростанцій системою GPSS .....	92
<i>Давиденко Є. О.</i> Вибір модулів програмного забезпечення для реінжинірингу шляхом комбінування SWOT-аналізу та теорії ігор.....	98
<i>Максименко Ю. А.</i> Вплив перехідних процесів при підслідкуванні системою технічних засобів розвідки на процес зміни ефективності.....	102

## РЕАЛІЗАЦІЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ ШВИДКОЇ МЕДІАННОЇ ФІЛЬТРАЦІЇ

У статті пропонується використовувати модифікований медіанний фільтр, який використовує розбиття вектора даних на оброблювані блоки. Запропоновано програмно-апаратну та апаратну реалізацію медіанного фільтра. Експерименти показали ефективність даного фільтра при видаленні завад за критерієм імовірності вилучення імпульсної завади.

**Ключові слова:** медіанний фільтр; фільтрація сигналів; реалізація медіанного фільтра.

**Вступ.** В загальному вигляді цифрову фільтрацію можна представити у вигляді послідовності дій, як на рисунку 1 [1]. Для вилучення імпульсних завад широко використовуються медіанні фільтри, які вважаються перспективними [2]. Також медіанні фільтри можуть використовуватись для вилучення інших типів

завад. Медіанний фільтр базується на класичних методах [3] і полягає в оцінюванні рівня завади для дискретних сигналів з достатнім ступенем ймовірності завдяки тому, що математичне сподівання завади наближається до 0.

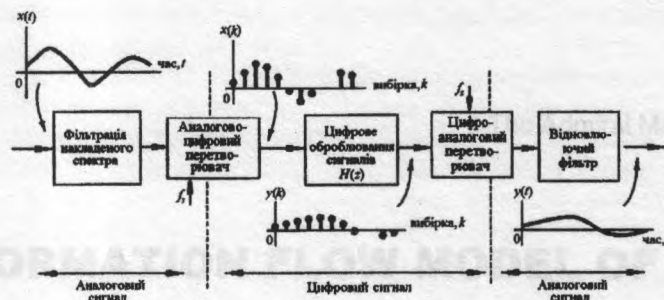


Рис.1. Узагальнена послідовність дій для цифрової фільтрації

Медіанний фільтр є ковзним вікном, яке використовує непарну кількість відрахунків  $N$  неперервного сигналу  $\hat{x}(t)$ . Вихідною величиною фільтра  $y_j$  є відрахунок, для якого у вікні існує  $(N-1)/2$  відрахунків менших або рівних йому за величиною (1)

Порядок фільтра  $N$  визначається розміром апертури (вікна), яке використовується для фільтрації. Найпростішим, за визначенням, є одновимірний медіанний фільтр із тривідрахунковим вікном. Для цього фільтра сформульовані основні принципи апаратної реалізації, але для фільтрів вищих порядків вона виявляється дуже складною. Програмна реалізація є

суттєво простішою, оскільки для цифрових біполярних сигналів значення вихідного сигналу дорівнює арифметичній сумі (2)

$$y_j = \text{med} \{x_0, x_1, \dots, x_j, \dots, x_{N-2}, x_{N-1}\} \quad (1)$$

$$y_j = x_j + x_{j+1} + \dots + x_{j+N-2} + x_{j+N-1} \quad (2)$$

Медіанний фільтр характеризується нелінійним перетворенням сигналів, оскільки його властивості не передбачають виконання умови адитивності

$$\begin{cases} \text{med}(k \cdot x(i)) = k \cdot \text{med}(x(i)); \\ \text{med}(a + x(i)) = a + \text{med}(x(i)); \\ \text{med}(x(i) + g(i)) \neq \text{med}(x(i)) + \text{med}(g(i)), \end{cases} \quad (3)$$



де  $med(x)$  – оператор взяття медіани,  $k, a$  – постійні,  $x(i), g(i)$  – послідовності вибірок довжиною  $N$  [4].

$$y_i = med\{med\{x_0, x_1, \dots, x_{N/3-1}\}, med\{x_{N/3}, x_{N/3+1}, \dots, x_{2N/3-1}\}, med\{x_{2N/3}, x_{2N/3+1}, \dots, x_{N-1}\}\} \quad (4)$$

Запропонований метод швидкої медіанної фільтрації на відміну від існуючих методів оперує з обмеженою кількістю даних шляхом розбиття вектора даних на складові, що дозволяє значно скоротити час оброблювання сигналу в  $\log_2 N$  раз [5].

Даний метод швидкої медіанної фільтрації може використовуватись для ідентифікації прийнятих сигналів під час передавання інформації у інформаційно-вимірjuвальних, банківських та навігаційних системах, системах автоматизованого контролю та управління, відеоспостереження, охоронно-пожежної сигналізації тощо.

**Математичний апарат для моделювання процесу медіанної фільтрації.** Протягом часу  $[0, T]$  на вхід медіанного фільтра поступає сукупність сигналів  $x(t)$ . Інформативний сигнал  $x(t - \tau)$  має невідоме часове розташування  $\tau \in [0, T]$ , причому на цей інтервал припадає багато елементів розділу за затримкою. Потік імпульсів  $\chi(t)$  має вигляд

$$\chi(t) = \sum_{j=0}^{L-1} \kappa_{\chi,j} \cdot U_{\chi,j} \cdot f(t - \tau_{\chi,j}), \quad (5)$$

де  $U_{\chi,j}$  – амплітуда імпульсу в потоці  $\chi(t)$ ;  $\tau_j$  – його часове розташування;  $\kappa_{\chi,j}$  – коефіцієнт наявності імпульсної завади, який дорівнює одиниці з імовірністю  $p_{\chi}$  та нулю – з імовірністю  $(1 - p_{\chi})$ .

Таке задання завади відповідає потоку Бернуллі, для якого на інтервалі  $[0, T]$  існує не більше  $L$  точок. Статистика кожної точки характеризується частковою щільністю

$$s_j(\tau_j) = p_{\chi,j} \cdot w_j(\tau_j), \quad (6)$$

де  $p_{\chi,j}$  – імовірність появи  $j$ -того імпульсу;  $w_j(\tau_j)$  – розподіл моментів їх появи.

За умови виконання умови нормування  $\int_0^T w_j(\tau_j) d\tau_j = 1$ , при  $p_{\chi} = 1$  (на інтервалі часу  $[0, T]$  наявні всі  $L$  імпульсів) та  $w_j(\tau_j) = \delta(\tau - \tau_j)$ , потік  $\chi(t)$  визначається як детермінована імпульсна завада.

Якщо комбінований сигнал  $x(t)$  дискретизується за часом з інтервалом  $\Delta T$  і ці відрахунки піддаються ковзній рекурсивній медіанній фільтрації з апертурою  $N$ , то з урахуванням утворювальної функції  $\Theta(z)$  потоку Бернуллі (7) можна записати імовірність вилучення імпульсної завади як (8), або у випадку рівності всіх

З метою збільшення швидкодії запропоновано використовувати метод розбиття вектора даних на складові, що дає можливість збільшити швидкодію та виконувати паралельну обробку даних.

$p_j$ , для потоку Бернуллі (9). Якщо  $\frac{p_j}{\sum_{j=0}^{L-1} p_j} \ll 1$ , то

потік за своїми властивостями наближається до потоку Пуассона (10) [115]. Значення  $N \cdot \Delta T$  характеризує часовий інтервал, на якому беруться  $N$  відрахунків і тоді загальний вираз зводиться до (11).

$$\Theta(z) = \prod_{i=0}^{N-1} (1 + p_{\chi,i} \cdot (z-1)) = \sum_{i=0}^N p_{\chi,i} \cdot z^i, \quad (7)$$

$$\text{де } p_{\chi,i} = \frac{1}{i!} \cdot \left. \frac{\partial \Theta(z)}{\partial z^i} \right|_{z=0},$$

$$p_{np} = \sum_{i=0}^{N-1} p_i, \quad (8)$$

$$p_{np}^{(B)} = \sum_{i=0}^{N-1} C_N^i \cdot p_{\chi}^i \cdot (1 - p_{\chi})^{N-i}. \quad (9)$$

$$\Theta(z) = e^{\Lambda(z-1)}, \quad (10)$$

$$\text{де } \Lambda = \sum_{j=0}^{N-1} p_j \int_0^T w_j(\tau_j) d\tau_j = \sum_{j=0}^{N-1} p_j = \lambda \cdot N;$$

$$\lambda = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^{N-1} p_j \text{ – середня інтенсивність пуассонівського потоку в межах апертури ковзного рекурсивного медіанного фільтра.}$$

кого потоку в межах апертури ковзного рекурсивного медіанного фільтра.

$$p_{np}^{(P)} = \sum_{i=0}^{N-1} \frac{\Lambda^i}{i!} \cdot e^{-\Lambda}. \quad (11)$$

Для медіанного фільтра можна достатньо просто реалізувати алгоритм швидкого оброблювання, який базується на побудові різницевих матриць за допомогою порогової функції насичення  $F_{ij} = f(x_i - x_j)$ , в якій виконується умова (12). Для фільтра з апертурою  $N = 5$  при перших п'яти значеннях вектор  $F_0$  буде мати вигляд (13) або в узагальненому вигляді (14)

$$f(\Delta x) = \begin{cases} 1, \Delta x \geq 0; \\ 0, \Delta x < 0. \end{cases} \quad (12)$$

$$F_0 = |f(x_0 - x_0) \ f(x_1 - x_0) \ f(x_2 - x_0) \ f(x_3 - x_0) \ f(x_4 - x_0)|, \quad (13)$$

$$F_0 = |F_0 \ F_1 \ F_2 \ F_3 \ F_4|. \quad (14)$$

Цей вектор характеризує перепади між сусідніми відрахунками. Значеннями цих перепадів можна визначити, чи містить дана точка випадкову складову, тобто заваду. Зсув на одну позицію вздовж ряду

значень дає вектор  $F_1$  (15), або матрицю (16) в якій потрібно розраховувати лише одне (15) значення або дев'ять значень (16), розташованих у виділеній області.

$$F_1 = \|F_0 \quad F_1 \quad F_2 \quad \dots \quad F_5\|, \tag{15}$$

$$F_1 = \begin{pmatrix} F_{11} & F_{21} & F_{31} & F_{41} & \vdots & F_{51} \\ F_{12} & F_{22} & F_{32} & F_{42} & \vdots & F_{52} \\ F_{13} & F_{23} & F_{33} & F_{43} & \vdots & F_{53} \\ F_{14} & F_{24} & F_{34} & F_{44} & \vdots & F_{54} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ F_{15} & F_{25} & F_{35} & F_{45} & & F_{55} \end{pmatrix}. \tag{16}$$

Сума різниць значень  $F_{ij}$  за стовпчиками (17) показує номер значення по величині і дає можливість сортувати зареєстровані значення  $x_j$  за величиною: 1 відповідає мінімальному,  $N$  – максимальному, а  $(N+1)/2$  – медіанному значенню.

$$F_i = \sum_{j=0}^N F_{ij} = \sum_{j=0}^N f(x_i - x_j) \tag{17}$$

**Реалізація швидкої медіанної фільтрації.** Швидко медіанну фільтрацію досить просто реалізувати апаратно на програмованих засобах, наприклад на класичній мікропроцесорній структурі. Структурна схема для неї зображена на рисунку 3, а послідовність дій наступна (рисунк 2): після приймання блоку інформації і отримання сигналу «старт», аналогово-цифровий перетворювач виконує дискретизацію сигналу, формуючи сигнал «кінець перетворення» на виході, після завершення перетворення, подає дискретизовані значення до персонального комп'ютера через паралельний порт, розміщуючи їх у відповідних місцях оперативного запам'ятовуючого пристрою.

Далі центральний процесор виконує обробку послідовно всіх матриць медіанним фільтром за певною програмою, математичні засоби якої показані у (14)-(17). Дії продовжуються до тих пір, поки всі значення не будуть оброблені. Такий алгоритм дозволяє у випадку необхідності замість середнього вибрати інший ранжований елемент від мінімального до максимального. Схема програми для медіанного фільтра показана на рисунку 2 та 5. Цей пристрій повинен вбудовуватись у модем для приймального каналу у напівдуплексному режимі та вмикатись у певні періоди часу для повнодуплексного режиму передавання інформації. При програмній реалізації для використання при оброблюванні зображень даних аспект не має значення.

Вищеописаний спосіб оброблення прийнятих сигналів досить просто реалізувати на сучасній обчислювальній техніці. Пристрій для передавання та приймання дискретної інформації, вміщує канал передачі інформації, модем та класичну процесорну структуру.

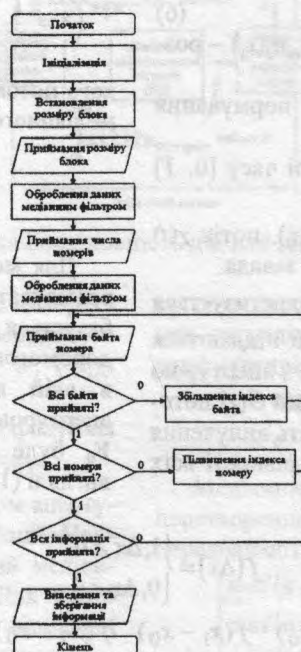


Рис. 2. Послідовність дій для швидкого медіанного фільтра [7]



Також можлива суто програмна реалізація медіанного фільтра на ПК. Цей спосіб використовується в основному для обробки зображень.

Структурна схема для апаратної реалізації медіанної фільтрації, показана на рисунку 3, складається з: центрального процесора, оперативного запам'ятовуючого пристрою, постійного запам'ятовуючого пристрою, з'єднаних системною шиною, монітора, клавіатури та носія інформації у складі персонального комп'ютера.

Альтернативна схема апаратної реалізації для швидкої медіанної фільтрації показана на рисунку 4. Дана схема вимагає менше затрат на реалізацію і має більшу швидкість при однаковій тактовій частоті, ніж схема на рисунку 3, але її реалізація дещо складніша і менш зручна для використання.

Послідовність дій для пристрою приймання інформації на рисунку 5.

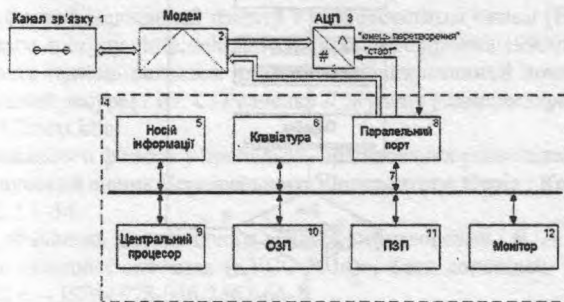


Рис. 3. Структурна схема пристрою для швидкої медіанної фільтрації [8]

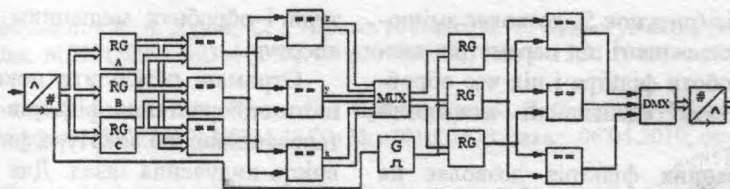


Рис. 4. Схема апаратної реалізації для швидкої медіанної фільтрації



Рис. 5. Послідовність дій для пристрою передавання інформації з використанням



## швидкої медіанної фільтрації

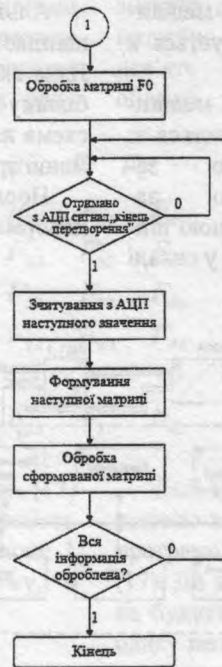


Рис. 5. Аркуш 2

Програмна реалізація (рисунок 5) дозволяє змінювати апертуру вікна в залежності від параметрів сигналу перед початком роботи фільтра і під час оброблення, тобто реалізувати адаптивний медіанний фільтр.

Використання медіанних фільтрів дозволяє на порядок підвищити ефективність вилучення імпульсних завад, а реалізація швидкого алгоритму – в чотири рази зменшити час оброблення прийнятих сигналів в системах передавання інформації і відповідно зменшити завантаження процесора [9].

Для експерименту достатньо перевірити медіанні фільтри з мінімальними апертурами  $N = 3$  та  $N = 5$ . При цьому доцільно реалізувати алгоритм швидкого оброблення, наведений вище.

Для оцінки ефективності роботи доцільно сформувати дискретний сигнал достатньо складної форми, піддати його дії адитивного білого шуму різної амплі-

туди і обробити медіанним фільтром при вибраній апертурі.

Отримані результати показують високу ефективність використання фільтрів такого типу. З рисунку також видно, що апертура фільтра впливає на ефективність вилучення завад. Для малої імовірності появи завади різниці в розмірі вікна апертури дуже суттєва. В реальних умовах фільтр зі вказаною апертурою дозволяє забезпечити якість обробки сигналу фільтром достатню, щоб на приймальному боці можна було правильно ідентифікувати сигнал.

Результати розрахунків залежності імовірності вилучення імпульсної завади на основі (11) від імовірності  $p_x$  для медіанних фільтрів з різними апертурами наведені на рисунку 6. Отримані результати показують високу ефективність використання фільтрів такого типу.

Результати моделювання медіанного фільтра з використанням середовища LabView показані в [6].

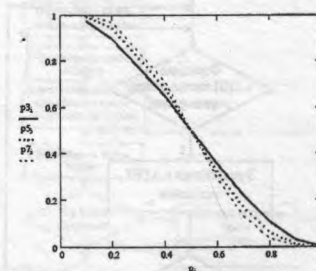


Рис. 6. Залежність імовірності вилучення імпульсної завади  $p_N$  від імовірності  $p_x$  для медіанних фільтрів з апертурами  $N = 3, 5, 7$

**Основні результати і висновки.** У статті запропоновано метод швидкої медіанної фільтрації з використанням розбиття вектора даних на складові. Цей спосіб дозволяє підвищити швидкість і є перспективним для використання з урахуванням паралельності

оброблення даних. Без урахування паралельності цей метод дозволяє скоротити час оброблення сигналу в  $\log_2 N$  раз, з урахуванням паралельності – ще в  $\log_2 N - 1$  раз.

Додавання швидкої медіанної фільтрації підвищує ефективність передавання інформації, але це відбувається за рахунок ускладнення апаратної частини та збільшення часу на обробку даних. Використання швидкої медіанної фільтрації дає збільшення швидкості оброблювання даних порівняно з використанням

медіанної фільтрації при тій самій апертурі фільтра, при цьому апаратна частина відрізняється не суттєво. У випадку програмної реалізації приріст швидкості оброблювання даних має таке саме значення і відбувається за рахунок більшого розміру пам'яті.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Williams Arthur B., Taylors Fred J. Electronic Filter Design Handbook / Arthur Williams B., Fred Taylors J. – New York: McGraw-Hill, 1988. – ISBN 0-07-070434-1.
2. Вороб'єв Н. Одномерный цифровой медианный фильтр с трёхотсчётным окном [Електронний ресурс] / Н. Вороб'єв // Chip News, 1999. – № 8. – Режим доступу : <http://chipinfo.ru/literature/chipnews/199908/29.html>.
3. Радченко Ю. С. Эффективность приёма сигналов на фоне комбинированной помехи с дополнительной обработкой в медианном фильтре [Електронний ресурс] / Ю. С. Радченко // Журнал радиоэлектроники. – 2001. – № 7. – Режим доступу : <http://jre.cplire.ru/win/jul01/2/text.html>.
4. Кулик А. Я. Використання медіанного фільтра у проблемно-орієнтованих розподілених комп'ютерних системах / А. Я. Кулик, Я. А. Кулик // Науковий вісник Чернівецького Університету. Серія : Комп'ютерні системи та компоненти. – 2010. – № 1. – Т. 1. – В. 1. – С. 51–54.
5. Кулик Я. А. Розпаралелення обчислень для швидкого вейвлет-перетворення / Я. А. Кулик // XII Міжнародна конференція «Контроль і управління в складних системах (КУСС-2014)». Тези доповідей. Вінниця, 14-16 жовтня 2014 року. – Вінниця : ВНТУ. – 2014. – 222 с. – ISBN 978-966-2462-66-1.
6. Кулик Я. А. МОДЕЛЮВАННЯ ШВИДКОГО МЕДІАННОГО ФІЛЬТРА У СЕРЕДОВИЩІ LABVIEW / Я. А. Кулик // Матеріали IV Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених з автоматичного управління присвяченої дню космонавтики / Під ред. В. В. Марасанова та ін. – Херсон : ХНТУ, 2016. – 232 с. – ISBN 978-617-7273-28-7.
7. Спосіб передавання інформації / Я. А. Кулик, С. Г. Кривогубченко, Д. С. Кривогубченко [та ін.] // Патент на корисну модель № 50279. Україна, МПК (2009) H03M 13/00. № u201000359; заявл. 15.01.2010; опубл. 25.05.2010; Бюл № 10. – 2010.
8. Пристрій для передавання інформації / Я. А. Кулик, С. Г. Кривогубченко, Д. С. Кривогубченко [та ін.] // Патент на корисну модель № 53497. Україна, МПК (2009) H03M 13/00. № u201003873; заявл. 06.04.2010; опубл. 11.10.2010; Бюл № 19. – 2010.
9. Кулик Ярослав Анатолійович. Методи та засоби оброблювання дискретних сигналів у мережах з високим рівнем завад : дис. ... канд. техн. наук : 05.13.05 / Кулик Ярослав Анатолійович. – Вінниця, 2015. – 169 с. – Бібліогр. : с. 82–90.

**Я. А. Кулик,  
В. В. Гармаш,  
Р. В. Маслий,**

Вінницький національний технічний університет,  
г. Вінниця, Україна

## РЕАЛИЗАЦИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЕ БЫСТРОЙ МЕДИАННОЙ ФИЛЬТРАЦИИ

В данной статье предлагается использовать модифицированный медианный фильтр, который использует разбиение вектора данных на обрабатываемые блоки. Предложено программно-аппаратную и аппаратную реализацию медианного фильтра. Эксперименты показали эффективность данного фильтра при удалении помех по критерию вероятности извлечения импульсной помехи.

**Ключевые слова:** медианный фильтр; фильтрация сигналов; реализация медианного фильтра



Y. A. Kulik,  
V. V. Garmash,  
R. V. Masliy,  
Vinnitsa National Technical University,  
Vinnitsa, Ukraine

## IMPLEMENTATION AND MODELLING OF FAST MEDIAN FILTERING

*In this article has been proposed the use of a modified median filter that uses partitioning vector data, which is processed in blocks. Has been proposed a hardware-software and hardware implementation of the modified median filter. Experiments have shown the effectiveness of the filter by removing noise criterion for the probability impulse noise removal.*

**Key words:** median filter; signals filtering; median filter implementation.

**Рецензенти:** д. т. н., проф., зав. каф. програмного забезпечення ВНТУ, **А. М. Петух;**  
д. т. н., проф., член Міжнародної асоціації IEEE,  
зав. каф. системного програмування ЧДТУ, **А. М. Рудницький.**

© Кулик Я. А., Гармаш В. В., Маслій Р. В., 2016

*Дата надходження статті до редколегії 20.04.16*