

5. Рибалко Б. В. Геоінформаційні системи – новий крок в дослідженні земельних ресурсів / Б. В. Рибалко, С. П. Шукайло, Я. Ю. Сарикіна // Географічні інформаційні системи в аграрних університетах : тези доп. Міжнар. наук.-метод. конф., м. Херсон, 14-15 верес. 2006 р. – Херсон, 2006. – С. 69-70.

6. Сохнич А. Я. Формування ефективної підсистеми управління земельними ресурсами в умовах розвитку національної економіки / А. Я. Сохнич, М. С. Богіра. – Львів, 2016. – 62 с.

**Солярчук Ю. Інформаційні системи і технології у використанні та охороні земель**

Розглядаються питання застосування інформаційних систем у використанні та охороні земель. Підкреслюється, що інформаційні ресурси належать до найважливіших ресурсів, без використання яких неможливо приймати обґрунтовані, вірні проєктні та управлінські рішення.

**Ключові слова:** інформаційні системи, розвиток територій, використання та охорона земель, управління земельними ресурсами.

**Solyarchuk Y. Informational systems and technologies in land use and protection**

The question of application of the information system and technologies are explored at land use prognostication and land protect. It is underlined that informative resources behave to the most impotent resources, without which it is impossible to accept the correct administrative decisions.

**Key words:** information systems and development of land, use prognostication, land, resource management.

**Солярчук Ю. Информационные системы и технологии в использовании и охране земель**

Рассматриваются вопросы информационных систем в землепользовании и охране земель. Подчеркивается, что информационные ресурсы принадлежат к важнейшим ресурсам, без использования которых невозможно принимать обоснованные, верные проектные и управленческие решения.

**Ключевые слова:** информационные системы, развитие территорий, использование и охрана земель, управление земельными ресурсами.

*Стаття надійшла 12.05.2017*

УДК 517

**ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ФІЛЬТРАЦІЇ ШУМІВ  
НА КОСМІЧНИХ ЗНІМКАХ У ВИДИМОМУ ДІАПАЗОНІ СПЕКТРА**

*І. Маліна, к. т. н.*

*Львівський національний аграрний університет*

**Постановка проблеми.** Відомо, що здобуття будь-якого оптичного зображення, а особливо космічного, супроводиться різними шумами, викликаними шумом ПЗС-матриці, неідеальністю оптичної системи, впливом атмосфери тощо.

Тому будь-яке цифрове зображення тією чи іншою мірою зашумлене. Шуми цифрового зображення зазвичай виявляються у вигляді розрізаних некорельованих окремих елементів цифрового зображення, значення яких за яскравістю значно відрізняються від сусідніх.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У контексті поставленої проблеми існує декілька підходів до видалення шумів і методів фільтрації зображення [1; 3; 4].

**Постановка завдання.** Наше завдання – дослідити і запропонувати критерій вибору методу фільтрації зображення.

**Виклад основного матеріалу.** Розглянемо найпоширеніші методи фільтрації [1–4].

*Пороговий метод.* Суть цього найпростішого методу фільтрації шуму цифрових зображень полягає в тому, що для кожного елемента з координатами  $(i, j)$  обчислюють середнє значення групи елементів, сусідніх до елемента (без елемента з координатами  $(i, j)$ ) і порівнюють його зі значенням елемента з координатами  $(i, j)$ . Якщо значення елемента зображення з координатами  $(i, j)$  перевищує середнє значення на деяку порогову величину ( $e$ ), то елементу зображення з координатами  $(i, j)$  привласнюється середнє значення, в іншому разі його значення залишається тим самим. На практиці як сусідні елементи беруть вісім найближчих до нього.

У цьому випадку алгоритм фільтрації пороговим методом можна представити так:

$$\text{якщо } \left[ A_{i,j} - \left( \frac{1}{8} \sum_{k=i-1}^{i+1} \sum_{l=j-1}^{j+1} A_{k,l} - A_{i,j} \right) \right] \geq e, \text{ то } A_{i,j} = \left( \frac{1}{8} \sum_{k=i-1}^{i+1} \sum_{l=j-1}^{j+1} A_{k,l} - A_{i,j} \right), \quad (1)$$

$$\begin{array}{cccc} & j-1 & j & j+1 \\ i-1 & A_{i-1,j-1} & A_{i-1,j} & A_{i-1,j+1} \\ i & A_{i,j-1} & A_{i,j} & A_{i,j+1} \\ i+1 & A_{i+1,j-1} & A_{i+1,j} & A_{i+1,j+1} \end{array},$$

де  
або  $A_{i,j} = A_{i,j}$  для  $i = 2, \dots, n-1; j = 2, \dots, m-1$ .

У загальному випадку, коли використовується довільна область елементів з координатами  $(i, j)$  із  $P$  рядків і  $Q$  стовпчиків ( $P$  і  $Q$  – непарні), алгоритм придушення шумів пороговим методом має такий вигляд:

$$\text{якщо } \left[ A_{i,j} - \left( \frac{1}{P \cdot Q - 1} \sum_{k=i-\frac{P-1}{2}}^{i+\frac{P-1}{2}} \sum_{l=j-\frac{Q-1}{2}}^{j+\frac{Q-1}{2}} A_{k,l} - A_{i,j} \right) \right] \geq e, \text{ то}$$

$$A_{i,j} = \left( \frac{1}{P \cdot Q - 1} \sum_{k=i-\frac{P-1}{2}}^{i+\frac{P-1}{2}} \sum_{l=j-\frac{Q-1}{2}}^{j+\frac{Q-1}{2}} A_{k,l} - A_{i,j} \right), \quad (2)$$

або  $A_{i,j} = A_{i,j}$  для  $i = \frac{P-1}{2}, \dots, n - \frac{P-1}{2}; j = \frac{Q-1}{2}, \dots, m - \frac{Q-1}{2}$ .

*Низькочастотна просторова фільтрація.* Раніше було зазначено, що шум цифрового зображення просторово декорельований, а в його спектрі, як правило, містяться вищі просторові частоти, ніж у спектрі самого зображення. Отже, проста низькочастотна просторова фільтрація може слугувати засобом придушення шумів. Для придушення шумів застосовують лінійні фільтри, які в процесі обробки перетворюють величину кожного елемента зображення в лінійній залежності від величини даного і сусідніх із ним елементів. Якщо вагова функція фільтрації не залежить від просторових координат, то такі фільтри належить до класу просторово-інваріантних.

Реалізація цього методу полягає в тому, що всі елементи цифрового зображення  $(F(i, j))$  послідовно підлягають операції двовимірної просторової згортки їх локальної області з маскою  $H$ , тобто

$$F_p(i, j) = F(i, j) \otimes H, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad j = 1, 2, \dots, m, \quad (3)$$

де  $F_p(i, j)$  – значення елемента зображення.

Як маску ( $H$ ) у цьому методі використовують двовимірні масиви вагових коефіцієнтів з розмірністю  $3 \times 3$  елемента, при цьому елементи, які входять до масиву, позитивні, а сам масив ( $H$ ) нормований:

$$\sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 H_{i,j} = 1$$

для здобуття одиничного коефіцієнта передачі, щоб операція придушення шумів не викликала зсуву середнього значення яскравості або іншого оптичного параметра результативного зображення. Найчастіше використовують маски (просторово-інваріантні, симетричні відносно точки) такого вигляду:

$$H_1 = \frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}; H_2 = \frac{1}{10} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}; H_3 = \frac{1}{16} \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}; H_4 = \frac{1}{5} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}; H_5 = \frac{1}{5} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \end{bmatrix}.$$

У цьому випадку алгоритм формування результативного цифрового зображення  $F_p(i, j)$  із згладжувальним масивом  $H$  розміром  $N \times N$  елементів ( $N$  – непарне) має такий вигляд:

$$F_p(i, j) = \sum_{k=1}^N \sum_{l=1}^N F\left(i - \frac{N+1}{2} + k, j - \frac{N+1}{2} + l\right) \cdot H(k, l) \quad (4)$$

Цифрові фільтри  $H1-H5$  мають різну ефективність придушення шуму. Фільтр  $H1$  найбільш ефективний, далі, у порядку зменшення шумопоглинання, йдуть  $H2$  і  $H3$ . Фільтр  $H4$  доцільно застосовувати до зображення, на якому переважають вертикально і горизонтально орієнтовані об'єкти прямокутної форми, а фільтр  $H5$  – для зображення з похило орієнтованими об'єктами. Основний недолік усіх розглянутих шумопоглинальних фільтрів полягає в тому, що разом із придушенням шуму на зображенні відбувається згладжування (розмивання) контурів [4].

*Медіанна фільтрація.* Розглянуті алгоритми фільтрації шумів мають істотний недолік – вони розмивають контури і границі на оброблюваному зображенні, що дуже негативно позначається на розв'язанні задачі виділення берегової лінії. Цього недоліку позбавлений метод медіанної фільтрації, який виявляється корисним для придушення шуму на цифровому зображенні. Медіанний фільтр являє собою симетричне ковзаюче вікно, яке охоплює непарне число елементів цифрового зображення і центр якого по черзі проходить усі елементи зображення. При медіанній фільтрації значення елемента зображення, яке збігається з центром медіанного фільтра, замінюється медіаною всіх елементів зображення у вікні. Медіаною дискретної послідовності  $a_1, a_2, \dots, a_n$  для непарного  $N \in$  той її елемент, для якого існує  $(N-1)/2$  елементів, менших або рівних йому за величиною, і  $(N-1)/2$  елементів, більших або рівних йому за величиною [2]. При одновимірній медіанній фільтрації використовують одновимірні медіанні фільтри: горизонтальні (рис. 1, а), вертикальні (рис.1, б) і двовимірні, найчастіше у вигляді квадратного (рис. 1, в), хрестоподібного (рис. 1, г) або діагонального (рис. 1, д) вікон.

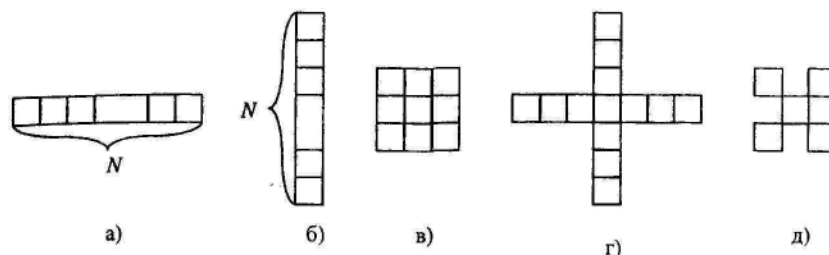


Рис. 1. Вікна одновимірної медіанної фільтрації.

Позитивною якістю медіанних фільтрів є те, що при фільтрації ними не відбувається згладжування перепадів яскравості, внаслідок цього різкість контурів на зображенні падає значно менше, ніж при низькочастотній фільтрації. Проте при медіанній фільтрації ефективно придушення шумів і небажана зміна контрасту в кожному конкретному випадку залежать від розмірів і форми вікна. Тому медіанну фільтрацію зображення з метою придушення шумів слід вважати евристичним методом і перевіряти ефективність фільтрації при різних розмірах і формах вікна.

*Фільтрація просторових частот.* Як уже наголошувалося, шуми зображення, як правило, містять у своєму просторовому спектрі набагато більш високочастотні складові, ніж складові, які входять до спектра самого зображення, тому вони можуть бути відфільтровані методами частотної фільтрації. Практична реалізація цього методу часто буває утруднена через те, що спектр зображення і спектр шуму перекриваються (рис. 2) і тому вибір частоти зрізу неоднозначний.



Рис. 2. Перекриття спектрів зображення і шуму.

Зменшення частоти зрізу веде до більшого придушення шумів і одночасно до придушення дрібних деталей зображення, збільшення ж частоти зрізу призводить до неповної фільтрації шумів. Дійсно, будь-яке зображення за допомогою перетворення Фур'є може бути представлене в частотній області у вигляді спектра просторових частот. Провівши в частотній області низькочастотну фільтрацію, тобто видаливши із спектра високочастотні складові, що відповідають шумам зображення, і виконавши зворотне перетворення Фур'є, можна отримати результативне зображення без присутності шумів.

Для дослідження розглянутих методів фільтрації були використані панхроматичні космічні знімки Landsat-7 з просторовим розділенням 15 м.

Найважливішою є побудова критерію, згідно з яким вибирається оптимальний алгоритм фільтрації. Нами запропонована методика вибору оптимального алгоритму фільтрації, яка ґрунтується на двох критеріях:

1. Обчислення статистичних характеристик зображення до і після фільтрації і вибір групи фільтрів, які забезпечують фільтрацію з найменшим зсувом середнього значення яскравості.

2. Побудова для вибраних фільтрів різницевого зображення між початковим і фільтрованим зображенням та вибір за статистичними характеристиками різницевого зображення (максимумом дисперсії) оптимального фільтра.

Стандартними методами виявлення змін (після проведення радіометричної нормалізації зображень) є віднімання яскравостей одного знімка від яскравостей іншого. До позитивних сторін такого способу пошуку змін, як обчислення різниці, належать простота, стійкість і зрозуміла інтерпретація, до недоліків – припущення

про лінійну пропорційність зміни яскравостей шуканим змінам для всіх об'єктів на знімку.

Для успішної роботи алгоритму необхідно, щоб оброблювані растри задовольняли такі вимоги: растрові канали мають бути добре поєднаними; рекомендується використовувати зображення, отримані в близькі за сезоном дати; оброблювані зображення повинні мати однаковий розмір у пікселях і просторове розділення.

Після виконання процедури віднімання яскравостей будують растр із значеннями вірогідності – результатом виконання операції є растровий шар, значення яскравості якого, приведені в діапазон значень (0-1), показують вірогідність відмінності вихідних зображень. Виконується така операція [4]:

$$R = A - BA,$$

де  $R$  – проміжний результат,  $A$  – вихідний растр,  $BA$  – результат регресії аналізованого растра на початковий.

У таблиці наведені результати дослідження різних методів фільтрації для космічних зображень Landsat-7.

Таблиця

Результати дослідження різних методів фільтрації

Метод фільтрації	Пороговий метод	Фільтрація просторових частот	Медіанна фільтрація	Низькочастотна просторова фільтрація	Вихідні зображення
Середнє значення яскравості зображення після фільтрації	69,4658	69,4123	69,4208	69,4002	69,4657
Середньоквадратична похибка яскравості зображення після фільтрації	56,4386	56,4113	56,7184	56,7437	56,9211
Середнє значення яскравості різницевого зображення	0,498756	0,496018	0,46838	0,461528	
Середньоквадратична похибка яскравості різницевого зображення	0,289489	0,292118	0,295008	0,295242	

**Висновки.** Результати дослідження показують, що оптимальним методом фільтрації для панхроматичних зображень Landsat-7 є медіанна фільтрація. Медіанна фільтрація найкраще відповідає висунутим нами критеріям, а саме: мінімальний зсув

середнього значення яскравості і максимальне значення дисперсії яскравостей різницевого зображення.

Запропонована методика дає змогу підібрати оптимальний метод фільтрації для різних космічних зображень, отриманих у видимому діапазоні спектра.

#### **Бібліографічний список**

1. Прэтт У. Цифровая обработка изображений : пер.с англ. Кн. 1 / У. Прэтт. – М. : Мир, 1982. – 312 с.
2. Фокс А. Вычислительная геометрия. Применение в проектировании и на производстве : пер. с англ. / А. Фокс, М. Пратт. – М. : Мир, 1982. – 304 с.
3. Цифровая обработка изображений в информационных системах / [И. С. Грузман, В. С. Киричук и др.]. – Новосибирск : НГТУ, 2002. – 352 с.
4. Яне Б. Цифровая обработка изображений : учеб. пособие / Б. Яне. – М. : Техносфера, 2007. – 584 с.

#### **Маліна І. Дослідження методів фільтрації шумів на космічних знімках у видимому діапазоні спектра**

Виконано аналіз найбільш поширених методів фільтрації шумів, досліджено і запропоновано критерії вибору методу фільтрації зображення.

**Ключові слова:** фільтрація, шуми, зображення, спектр, методи.

#### **Malina I. Investigation of the methods of noise filtration on space images in the visible spectrum range**

An analysis is executed the most widespread methods of filtration of noises, investigational and offered criteria of choice of method of filtration of image.

**Key words:** filtration, noises, images, spectrum, methods.

#### **Малина И. Исследование методов фильтрации шумов на космических снимках в видимом диапазоне спектра**

Выполнен анализ наиболее распространенных методов фильтрации шумов, исследованы и предложены критерии выбора метода фильтрации изображения.

**Ключевые слова:** фильтрация, шумы, изображения, спектр, методы.

*Стаття надійшла 15.05.2017*