

Методи і системи оптично-електронної та цифрової обробки сигналів

(ПО), при наявності «солнечной дорожки». Учет явления «солнечной дорожки» в энергетическом расчете может существенно повлиять на технические характеристики такой ОЭС. За базовый используется расчет, выполненный для случая размещения ОЭС под водой. Анализируется возможность использования такого расчета для случая размещения ОЭС на борту летательного аппарата и наблюдения ПО сквозь морскую поверхность. Проведено численное моделирование освещенности в толще воды, которое учитывает компоненту, обусловленную собственно «солнечной дорожкой», и компоненту, обусловленную рассеянным в переднюю полусферу излучением. Показано, что полученные результаты расчета компоненты освещенности, обусловленной «солнечной дорожкой», существенно занижены по сравнению с результатами расчета освещенности в толще воды, проведенного без учета явления «солнечной дорожки». Определено, что главная причина такого несоответствия состоит в несовершенстве учета влияния волнения морской поверхности на прохождение оптического излучения сквозь границу сред «воздух-вода». Дальнейшее направление исследований связано с усовершенствованием учета этого влияния.

Ключевые слова: «солнечная дорожка», освещенность в толще воды, обнаружение подводных объектов.

N. M. Noga, I. N. Rusniak, V. T. Stefanovich

SE RI "Kvant", Kiev, Ukraine

FEATURES OF ENERGY ACCOUNTING OF ELECTRO-OPTICAL SYSTEMS OF UNDERWATER OBJECT DETECTION IN THE PRESENCE OF SOLAR PATH

Calculation of illumination in the water column that is the part of energy calculation of electro-optical system (EOS) of undersea object (UO) detection in the presence of "solar path" is considered. Taking into account of "solar path" phenomena in energy calculation may to considerably influence on technical characteristics for such EOS. Calculation for case of undersea EOS placement is taking as basic. Possibility to use of this calculation for case of aircraft side EOS placement and observation of UO through the sea surface is analyzed. Computational modeling of illumination in the water column with taking into account of "solar path" component and component of forward diffuse radiation is carried. It is display that the received results of calculation of "solar path" illumination component are considerably understated in comparison with results of calculation of water column illumination without "solar path" phenomena. It is identify that the main cause of this disagreement is the imperfection of accounting of rough sea phenomena influence on optical transmission through the surface "air-water". Further direction of study is associated with improvement of accounting of this influence.

Keywords: "solar path", illumination in the water column, detection of undersea objects.

Надійшла до редакції

16 серпня 2010 року

УДК 681.7.013.8

МЕТОД КОМБІНОВАНОЇ ФІЛЬТРАЦІЇ ЗОБРАЖЕНЬ

Захарченко В. С., Колобродов В. Г.

*Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут",
м. Київ, Україна*

Запропоновано новий метод обробки зображень із неоднорідними характеристиками фонового випромінювання. В процесі роботи досліджено метод фільтрації зображень на основі аналізу компонентів розкладу вейвлет-перетворення за допомогою методу повної варіації функції. Емпіричним методом отримано коефіцієнти фільтрації для виділення

об'єктів малого розміру в залежності від текстурного наповнення фону. Отримані результати перевірено за допомогою математичного моделювання. Подальші дослідження мають забезпечити виявлення об'єктів в зонах поділу середовищ.

Ключові слова: автоматичне виявлення, вейвлет-перетворення, нелінійна фільтрація.

Вступ

Системи огляду навколишнього простору із застосуванням інфрачервоних приймачів випромінювання дають змогу значно розширити діапазон спостереження і створювати системи «пасивного» огляду. Проте інфрачервоні приймачі випромінювання характеризуються більшими шумовими сигналами в порівнянні з приймачами видимого діапазону [1].

Рівень розвитку сучасних оптично-електронних систем спостереження (ОЕСС) дійшов до межі, за якою конструктивно досягти поліпшення якості роботи системи вкрай важко. Таким чином, з одного боку постає питання мінімізації вартості системи при збереженні характеристик, а з іншого – поліпшення характеристик за рахунок проведення обробки сформованих сигналів. Відомі методи обробки зображень дозволяють збільшити максимальну дальність виявлення, або підвищити імовірність правильного виявлення. Однак у цих методах є вагомий недолік – об'єкти мають бути відносно великого розміру $> 7 \times 7$ пікселів.

При розробці базису для узгодженого вейвлет-перетворення [2] можна досягти тих самих характеристик ОЕСС для цілей розміром 2×2 пікселі. Проте при малому відношенні сигнал/шум результат втрачає стійкість – збільшується імовірність пропуску об'єкту. Дослідження показали, що причиною цього є використання порогової фільтрації в області вейвлет-спектру.

Таким чином, постає задача розробки методу фільтрації, який би забезпечив можливість виявлення малорозмірних об'єктів при низькому контрасті за умови малого відношення сигнал/шум з низькою імовірністю пропуску цілі. Дослідження показали, що досягти такого ефекту можна при застосуванні комбінованого методу фільтрації при проведенні вейвлет-перетворення, який заключається в аналізі частини вейвлет-спектру із найбільшою концентрацією шуму за допомогою методики Тихонова.

Постановка задачі

Наразі відома велика кількість методів відновлення зображень, спотворених шумами [3], проте існують випадки, коли ці методи не можуть бути застосовані. Наприклад, при спостереженні об'єктів малого розміру поблизу границі поділу фонів із різною текстурою. Тому постає необхідність розробки методу, застосування якого дозволяло б виявляти об'єкти малого розміру в зображеннях із низьким контрастом при малих значеннях відношення сигнал/шум.

Аналіз методів покращення зображень

Попередні дослідження [2] показали, що використання вейвлет-перетворення узгодженого із передавальною функцією системи, дозволяє покращити зображення, але специфіка проведення вейвлет-аналізу не дозволяє то-

чно відновити зображення в регіонах із швидкою зміною інтенсивності. Це призводить до виникнення спотворень, які можуть приховати об'єкт присутній в зображенні, або бути хибно сприйнятими як реальний об'єкт.

Запропонований метод покращення зображень заснований на використанні узгодженого із імпульсним відгуком системи вейвлет-перетворення для аналізу сигналу [4, 5] та алгоритму фільтрації на основі методики Тихонова із застосуванням фільтрів Руїна-Ошера-Фатемі [6].

Методика Тихонова дозволяє за допомогою визначення повної варіації функції розділити зображення на регіони із сталими текстурними складовими, або повільними змінами в інтенсивності та згодом проаналізувати їх, не вносячи спотворення в областях, які розмежовують сусідні регіони.

Припустимо, що існує довільна функція u , яка визначена в просторі $\Omega \subset Z^2$ і описує отримане зображення. Тоді її повна варіація $TV(u)$ визначатиметься наступним чином:

$$TV(u) = \sum_{(x,y) \in \Omega} |Du(x,y)|, \quad (1)$$

де $Du(x,y)$ – дискретна апроксимація функції u у просторі (x,y) .

$$Du(x,y) = \begin{pmatrix} u(x+1,y) - u(x,y) \\ u(x,y+1) - u(x,y) \end{pmatrix}. \quad (2)$$

Метод Тихонова зводиться до знаходження такої функції u , що описує зображення, для котрої функція $E_\lambda(u)$ буде мінімальною:

$$E_\lambda(u) = \|u - u_0\|^2 + \lambda \cdot TV(u), \quad (3)$$

де $E_\lambda(u)$ – цільова функція, яка обирається за критерієм Рудіна-Ошера-Фатемі, λ – параметр, який визначає величину регіону фільтрації, u_0 – отримане повідомлення, $\|\cdot\|^2$ – квадратична норма матриці.

Пошук цільової функції ведеться за виразом

$$\min_u \int_{\Omega} |\nabla u_0| dx + \lambda \int_{\Omega} [u_0(x) - u(x) \log u_0(x)] dx; \quad (4)$$

$$\frac{1}{|\Omega|} \int_{\Omega} (u - u_0)^2 dx dy = \sigma^2.$$

Методика аналізу зображення складається із аналізу за допомогою квадратичної нормалізації Тихонова із різними масштабними коефіцієнтами, в результаті формується апроксимаційна функція та функція залишків.

Визначення параметру λ за умови присутності гаусового шуму із середнім квадратичним відхиленням σ^2 проводиться вирішенням проблеми мінімізації цільової функції

$$\min_u \int_{\Omega} |\nabla u_0| dx; \quad (5)$$

По відношенню до

$$\int_{\Omega} (u(x) - u_0(x))^2 dx = \sigma^2. \quad (6)$$

Експериментально визначено параметр λ у відповідності до текстури фону та розміру об'єкту: $\lambda = 4..7$ (табл.1).

Табл. 1. Вибір параметру фільтрації λ

Об'єкт \ Фон	Малого розміру $1 \times 1 \dots 2 \times 2$	Середнього розміру $3 \times 3 \dots 6 \times 6$	Великого розміру $> 7 \times 7$
Однорідний	4	5	7
Текстурований	3	5	7
Комбінований	3	4	6

Результати досліджень

Для перевірки роботи методу використано тестове зображення (рис.1,а) із текстурними фонами неба та морської поверхні та межею їх поділу. Потім це зображення спотворюється шумами таким чином, щоб відношення сигнал/шум становило 3,5. Контраст цілі на фоні значно зменшується (рис. 1,б).

За раніше розробленою методикою [2] синтезується базис вейвлет-перетворення, узгоджений із передавальною функцією ОЕСС, та проводиться вейвлет-аналіз (рис. 2).

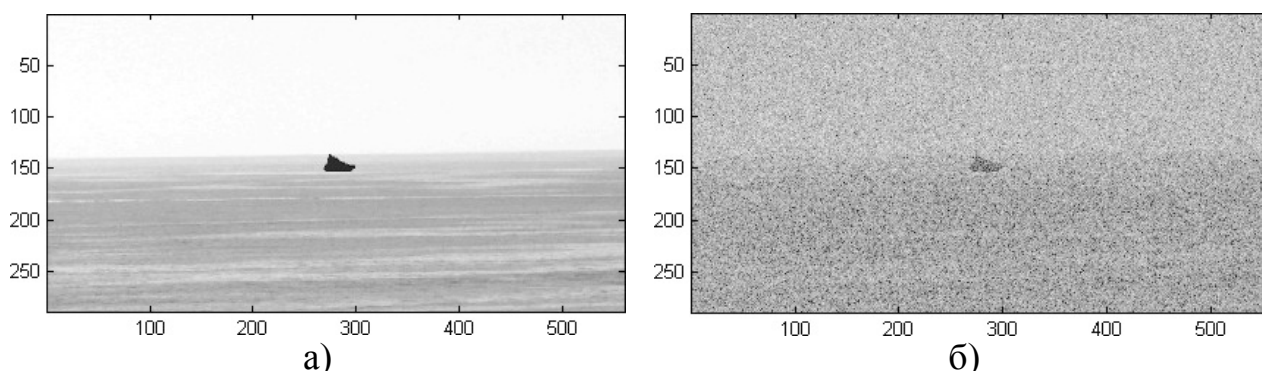


Рис. 1. Тестове зображення: а – вихідне; б – спотворене шумом.

Розклад двовимірного зображення у вейвлет-ряд представляються за допомогою чотирьох компонентів: апроксимацій та деталей у горизонтальному, діагональному та вертикальному напрямків. сформованих системою виразів:

$$\begin{aligned} u_{j+1}[n] &= u_j * hh[2n]; \\ d_{j+1}^{\text{гор}}[n] &= u_j * hg[2n]; \\ d_{j+1}^{\text{вер}}[n] &= u_j * gh[2n]; \\ d_{j+1}^{\text{діаг}}[n] &= u_j * gg[2n]. \end{aligned} \quad (7)$$

Згідно схеми аналізу спектру (рис. 3,а) вхідний сигнал $u_0(x, y)$, спотворений шумами, розкладається за низькочастотним $h(x, y)$ та високочастотним $g(x, y)$

фільтрами, які описують взаємодію сигналу із базисною функцією $\varphi(x, y)$ та материнським вейвлетом $\psi(x, y)$ [5].

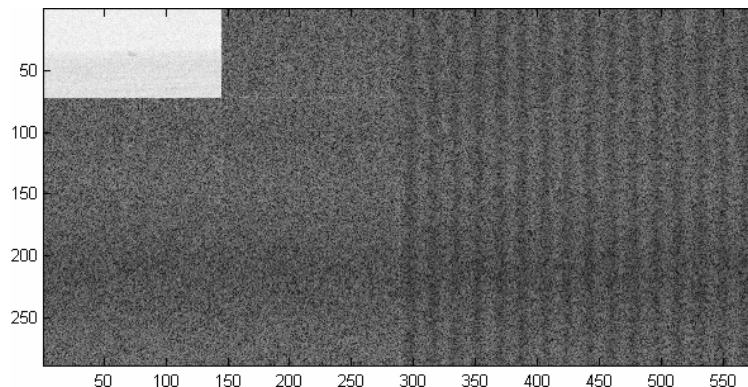


Рис. 2. Вейвлет-спектр тестового зображення, спотвореного шумами.

Ітерація розкладу повторюється, на кожному рівні розкладу проводиться порогова фільтрація коефіцієнтів $d_{thr}^i(x, y)$, фільтруються коефіцієнти апроксимації на останньому рівні розкладу $u_{thr}^2(x, y)$. При цьому незалежно від місця розташування всі коефіцієнти нижчі певного порогового значення прирівнюються нулю.

Зворотнє відновлення двовимірному сигналу проводиться за формулою

$$u_j[n] = u_{j+1} * h'h'[n] + d_{j+1}^{rop}[n] * g'h'[n] + d_{j+1}^{bep}[n] * h'g'[n] + d_{j+1}^{diag}[n] * g'g'. \quad (8)$$

Результати фільтрації вейвлет-спектру наведено на рис. 4,а, а відновлене зображення – на рис. 4,б.

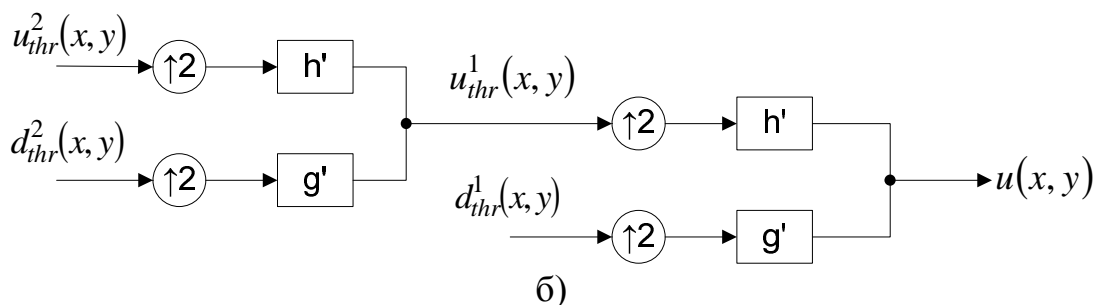
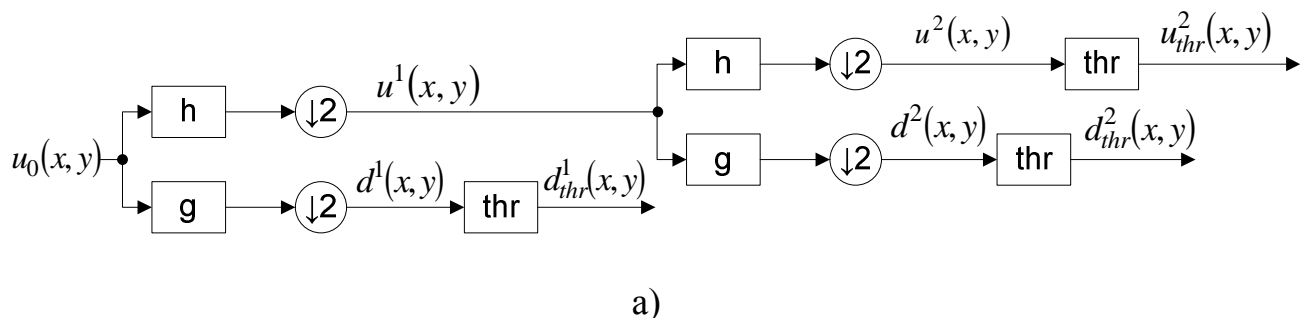


Рис. 3. Схема обробки зображення з застосуванням порогової фільтрації, де: а – аналіз спектру, б – відновлення зображення.

Спостерігається незначне спотворення зображення об'єкту без зміни контрасту. Отже, при аналізі зображення все ще не можна чітко відрізнити ціль від фону, хоча відношення сигнал/шум збільшилося. При застосуванні алгоритму комбінованої фільтрації на основі методу Тихонова, фільтрація в області вейвлет-спектру проводиться із застосуванням фільтрів Рудіна-Ошера-Фатемі (рис. 5,а), а відновлюється зображення з використанням зворотного вейвлет-перетворення (рис. 5,б).

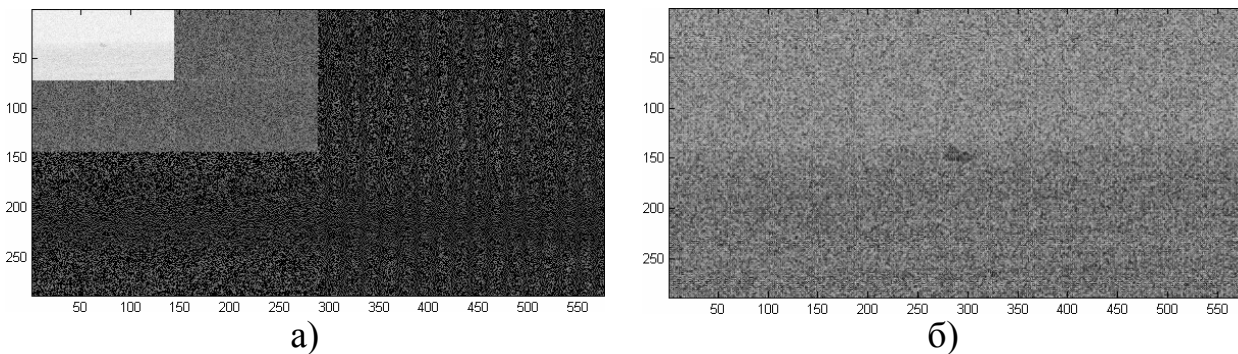


Рис. 4. Обробка зображення з застосуванням порогової фільтрації, де: а - вейвлет спектр; б – відновлене зображення.

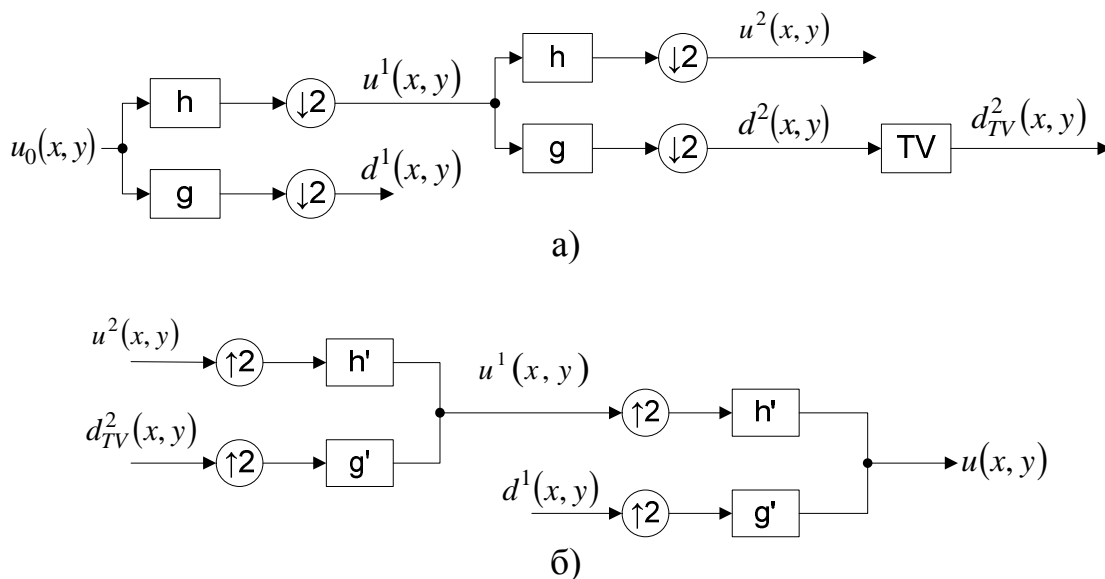


Рис. 5. Схема комбінованої обробки зображення з застосуванням фільтрів Рудіна-Ошера-Фатемі, де: а – аналіз спектру; б – відновлення зображення.

При проведенні комбінованої фільтрації обробку проходять деталі найменшого рівню розкладу, в яких міститься шумова складова та граничні переходи між елементами текстур. У відновленні приймає участь вихідна апроксимація та деталі останнього рівня, які були оброблені за допомогою фільтрів (3). Таким чином обробка вихідного сигналу здійснюється за меншу кількість ітерацій, а спотворення, викликані втратою малих коефіцієнтів при застосуванні порогової обробки відсутні.

З рис. 5 і рис. 6 чітко видно, що, крім збільшення контрасту об'єкту, фон стає більш рівномірним – тобто зменшується його текстурованість. Отже, окрім зниження шумів збільшується контраст об'єкту в зображенні, що у результаті призводить до зменшення імовірності його пропуску.

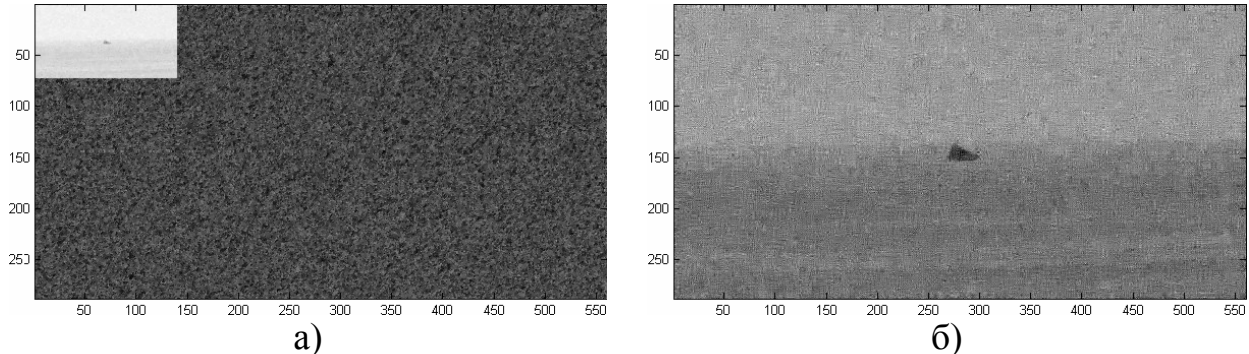


Рис. 6. Обробка зображення з застосуванням фільтрів Рудіна-Ошера-Фатемі, де: а - вейвлет спектр, б – відновлене зображення.

Із порівняння рис. 6,б, 1,а та 1,б видно, що в результаті проведення комбінованої фільтрації можна досягти покращення якості зображення шляхом підвищення відношення сигнал/шум та збільшення контрасту об'єкту.

Нижче на рис. 7 наведено фрагмент зображення, який містить об'єкт, розміщений поблизу поділу двох різних середовищ.

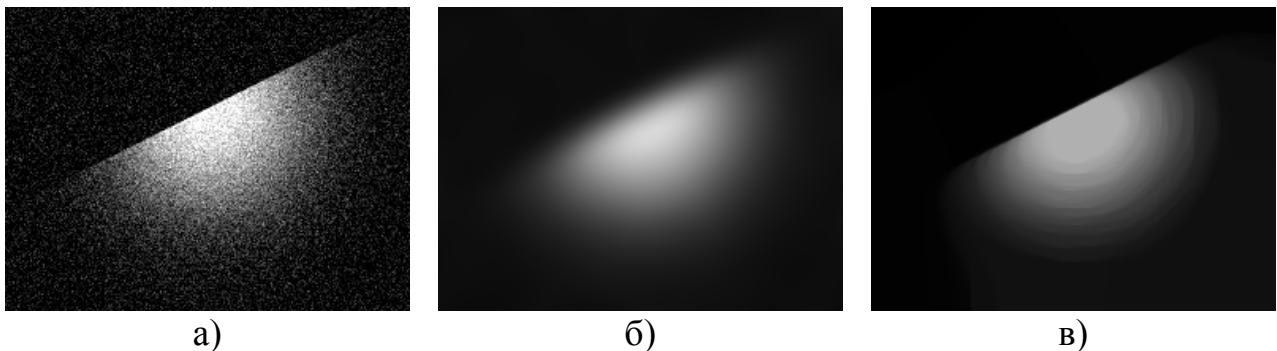


Рис. 7. Зображення об'єкту на границі поділу двох середовищ, де: а – спотворене зображення, б – відновлене із застосуванням лінійної узгодженої фільтрації; в – відновлене із застосуванням нелінійної фільтрації.

Запропоновані методи можуть бути застосовані не лише в ОЕСС, але і в інших системах технічного бачення, які стикаються із проблемою виявлення об'єктів із малим контрастом в зображеннях на неоднорідному фоні, або поблизу границі поділу двох фонів із різною текстурою.

Під час проведення досліджень виявлено, що запропонований метод не дає стійких результатів виявлення цілей малого розміру, які містяться безпосередньо на межі поділу середовищ із різною текстурою. Подальші дослідження можуть бути направлені на розробку алгоритмів підвищення імовірності виявлення малорозмірних об'єктів на межі поділу середовищ із різною текстурою.

Висновки

Проведені дослідження доводять, що застосування алгоритмів обробки зображень із збереженням форми сигналів на основі методики Тихонова із застосуванням фільтрів Рудіна-Ошера-Фатемі дозволяє підвищити співвідношення сигнал/шум при наявності в зображенні об'єктів малого розміру із низьким рівнем контрасту в полі зору. На основі моделювання досліджено вплив текстурного фону, та складено таблицю залежності розміру регіону фільтрації від величини об'єкту та текстурного фону.

Подальші дослідження мають наукову та практичну цінність з метою розвитку алгоритму обробки пограничних зон розділення фонів із різною текстурою для збільшення імовірності виявлення об'єктів, які містяться в цих зонах.

Література

1. Тарасов М. М. Инфракрасные системы «смотрящего» типа / Ю. Г. Якушенков. – М.: Логос, 2004. – 444 с.
2. Колобродов В. Г. Розробка універсальних вейвлет-базисів для задач підвищення якості зображення / В. Г. Колобродов, В. С. Захарченко // Вісник НТУУ «КПІ». Серія приладобудування. – 2008. – Вип. 36. – С. 20-24.
3. Сато Ю. Обработка сигналов. Первое знакомство / Пер. с яп.; под ред. Ё. Амэмия, М.: "Додэка-XXI", 2002. – 176 с.
4. Добеши И. Десять лекций по вейвлетам. – Москва – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001. – 412 с.
5. Малла С. Вейвлеты в обработке сигналов: Пер. с англ. – М.: Мир, 2005. – 671 с.
6. Сергиенко А. Б. Цифровая обработка сигналов. – СПб.: Питер, 2002. – 608 с.

References

1. Tarasov M. M. Forward looking Infrared Systems / J.G. Yakushenkov. – М.: Logos, 2004. – 444 p. [rus]
2. Kolobrodov V. G. Design of universal wavelet-basis for image enhancement / V.G. Kolobrodov, V. S. Zakharchenko // Bulletin of NTUU “Kyiv Polytechnic Institute”. Series INSTRUMENT MAKING. – 2008. Vol. 36. – P. 20-24. [ukr]
3. Sato Y. Signal Processing. First Steps. / Trans from Japanese ed. E. Amemiya, М.: "Dodeka XXI", 2002. – 176 p. [rus]
4. Daubechies I. Ten Lectures on Wavelets – Moscow-Izhevsk: SRC “Regular & Chaotic Dynamics”, 2001 – 421 p. [rus]
5. Mallat S. A wavelet tour of signal processing. – М.: Mir, 2005 – 671 p. [rus]
6. Sergienko A. B. Digital Signal Processing. – Spb.: Piter, 2002. – 608 p. [rus]

В. С. Захарченко, В. Г. Колобродов

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина

МЕТОД КОМБИНИРОВАННОЙ ФИЛЬТРАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Предложен новый метод обработки изображений с неоднородными характеристиками фонового излучения. В процессе работы исследован метод фильтрации изображений на основе анализа компонентов разложения вейвлет-преобразования при помощи метода полной вариации функции. Эмпирическим путем получены коэффициенты фильтрации для выделения малоразмерных объектов в зависимости от текстурного наполнения фона. Полученные ре-

зультати перевірені при допомозі математического моделювання. Дальнейшие исследования должны обеспечить обнаружение объектов вблизи зон раздела сред.

Ключевые слова: автоматическое обнаружение, вейвлет-преобразование, нелинейная фильтрация.

V. S. Zakharchenko, V. G. Kolobrodov

National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine

HYBRID IMAGE ENHANCEMENT ALGORITHM

A new approach to image enhancement in presence of nonuniform clutter distribution has been developed. The analysis is performed over the wavelet decomposition by applying total variation denoising method. The value of the thresholding coefficients versus background texture for small object detection has been empirically obtained. The results were tested by means of mathematical modeling. The further research must provide the detection of objects near the border of different clutters.

Keywords: automatic target detection, wavelet transform, nonlinear image denoising.

*Надійшла до редакції
10 листопада 2011 року*

УДК 621.384.3

УЗГОДЖЕННЯ ДІАМЕТРІВ ВХІДНИХ ЗІНИЦЬ ДЗЕРКАЛЬНО-ЛІНЗОВОГО ОБ'ЄКТИВУ ДВОКАНАЛЬНОЇ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННОЇ СИСТЕМИ СПОСТЕРЕЖЕННЯ

Рибалко М. С., Микитенко В. І., Мамута О. Д.

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,
м. Київ, Україна*

В роботі запропонована методика узгодження діаметрів вхідних зіниць дзеркально-лінзового об'єктиву двоканальної оптико-електронної системи спостереження, побудованого за коаксіальною схемою. Методика ґрунтується на використанні (максимізації) показника успішності виконання задачі, що враховує як параметри і характеристики оптико-електронної системи спостереження, так і характеристики зорової системи спостерігача. За допомогою запропонованої методики проведено узгодження діаметрів вхідних зіниць оптичної системи телевізійного та тепловізійного каналів двоканальної оптико-електронної системи спостереження, розташованої на борту бронетанкової техніки, при невеликих значеннях кута поля зору.

Ключові слова: оптико-електронна система спостереження, вхідна зіниця, показник успішності виконання задачі.

Вступ. Постановка проблеми

При проектуванні двоканальних оптико-електронних систем спостереження (ОЕСС) важливою задачею є вибір схеми побудови оптичної системи (ОС). Найчастіше використовуються схема з повністю автономними спектральними каналами [1, 2], схема із одноканальною ОС та з багатодіапазонним матричним приймачем випромінювання (МПВ) [1], коаксіальна схема ОС [3]. Причому останнє схемотехнічне рішення на базі дзеркально-лінзових об'єктивів, побудованих за коаксіальною схемою [3], можна віднести до найефективніших. В