

УДК 519.673

К.С. Смеляков, І.В. Рубан

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

## АДАПТИВНА ПРОСТОРОВА ФІЛЬТРАЦІЯ ЗОБРАЖЕНЬ

Для підвищення ефективності аналізу об'єктів і сцен на аерофотознімках в умовах високого рівня шуму – з метою мінімізації ефекту розфокусування границь в роботі розглядається побудова методу адаптивної просторової фільтрації шуму, заснованого на адаптації лінійної маски фільтру до ліній рівня зображення по критерію мінімальної дисперсії і використанні фільтру зрізаного середнього.

**Ключові слова:** адаптація, фільтрація, маска, границя зображення, лінія.

## Вступ

**Постановка проблеми.** Проблема низької ефективності аналізу об'єктів на аерофотознімках у ряді практично значущих випадків обумовлена високим рівнем шуму. Отже, в таких умовах актуальною є задача зниження рівня шуму одержаних знімків.

Одним з найважливіших напрямів відносно поліпшення якості зображень є фільтрація шуму [1 – 3]. Ідея застосування просторових згладжуючих фільтрів достатньо ясна. Заміною початкових значень яскравості на середні значення по масці фільтру досягається зменшення різких перепадів яскравості. Оскільки випадковий шум характеризується якраз різкими скачками яскравості, найбільш очевидним застосуванням згладжування є придушення шуму [1].

При цьому з погляду подальшої обробки зображення фільтрація шуму служить для забезпечення стійкості сегментації до шуму і появи локальних дефектів [4, 5]. Згладжування також служить для усунення ефекту накладення для об'єктів на межі дозволу, і призводить до вирівнювання меж в сенсі усунення гілок границь.

Згладжування також дозволяє усунути биття яскравості, що виникає із-за сумарного впливу шуму і локальної неоднорідності поверхні об'єктів для наближення розподілу яскравості об'єкту до середнього. Проте контури, які звичайно представляють інтерес на зображенні, також характеризуються різкими перепадами яскравості, тому негативною стороною згладжування є розфокусування контурів. При цьому лінійні і малорозмірні зображення піддаються аналогічному розфокусуванню, причому в деяких випадках вони згладжуються повністю [6, 7].

Таким чином, хоча в даний час і розроблено досить велику кількість просторових фільтрів, проте їх застосування призводить до розфокусування меж зображень, причому ступінь розфокусування меж росте із зростанням радіуса маски фільтру.

**Мета роботи** полягає в тому, щоб розробити згладжуючий фільтр, застосування якого не призводить до розфокусування меж зображень і ліній.

## 1. Адаптація до положення границь зображення

Практично всі просторові згладжуючі фільтри в тих або інших умовах характеризуються прийнятним згладжуванням внутрішності зображень, проте при цьому вони характеризуються розфокусуванням границь зображень і ліній.

Отже, необхідно побудувати такий згладжуючий фільтр, який міг би з прийнятною якістю згладжувати не тільки внутрішність зображення, але і його границю без ефекту розфокусування. Для побудови такого фільтру пропонується розробити критерій, що дозволяє до фільтрації адаптувати положення маски фільтру до положення ліній рівня зображення з метою фільтрації зображення уздовж цих ліній рівня.

В цьому відношенні аналіз існуючих просторових фільтрів показує, що в них використовуються двовимірні маски. З метою адаптації до ліній рівнів зображення необхідно перейти від розгляду двовимірних масок до розгляду сімейств лінійних масок фільтру (рис. 1). На рис. 1 показані лише три лінійні маски сімейства, що дають при обертанні положення, показані на рис. 2; насправді відмінних один від одного масок (не співпадаючих при обертанні щодо вибраного елемента  $\times$ ) в сімействі більше.



Рис. 1. Побудова сімейства лінійних масок обертання  $3 \times 3$  елементу



Рис. 2. Положення масок обертання, даних на рис. 1

**Критерій адаптації маски** до лінії рівня: для заданого пікселя зображення (відміченого хрестом  $\times$ ) оптимальним в сенсі апроксимації лінії рівня вважа-

ється те положення маски сімейства, для якого, порівняно з рештою положень, дисперсія мінімальна

$$D_{opt} = \min_j \{D_j\},$$

де  $j$  – нумерація положень масок сімейства, а  $D_j$  – дисперсія  $j$ -го положення маски

$$D_j = \frac{1}{n_j} \sum_{i=1}^{n_j} (f_j^i - \bar{f}_j)^2,$$

де  $\{f_j^i\}_{i=1, n_j}$  – яскравості пікселів зображення, визначуваних  $j$ -м положенням маски з кількістю елементів  $n_j$  і з середньою яскравістю

$$\bar{f}_j = \frac{1}{n_j} \sum_{i=1}^{n_j} f_j^i.$$

Для фільтрації екстремальних спостережень доцільно скористатися принципом зрізаного середнього: для ряду  $\{f_j^i\}_{i=1, n_j}$  знайти і вивести в початок  $k$  мінімальних, а в кінець  $k$  максимальних значень  $2k < n_j$ ; після цього знайти середнє і дисперсію

$$\bar{f}_j = \frac{1}{n_j - 2k} \sum_{i=1+k}^{n_j-k} f_j^i, \quad D_j = \frac{1}{n_j - 2k} \sum_{i=1+k}^{n_j-k} (f_j^i - \bar{f}_j)^2.$$

За рахунок застосування запропонованого критерію для границі зображення (лінії) адаптація до лінії рівня – це опосередковано адаптація до положення границі.

Таким чином, який би фільтр (після адаптації) надалі не був застосований, фільтрація проводитиметься коректно – уздовж границі.

Для внутрішності зображення, очевидно, застосування запропонованого критерію також поліпшить якість фільтрації.

Як наводилося вище, кількість відмінних один від одного масок в сімействі досить велика; з урахуванням обертання кількість положень масок обчислюється десятками, а із значним зростанням радіусу – сотнями.

При цьому кількість масок сімейства із зростанням радіусу маски зростає по порядку величини поліноміально, також як і трудомісткість використання масок для цілей адаптації (для окремо взятого пікселя зображення); у першому випадку – відповідно поліному другого порядку, а в другому – відповідно поліному третього порядку.

Тому для зниження трудомісткості і задоволення вимогам за часом в збиток оптимальності доцільно не використовувати повний набір масок, а для заданої точності побудувати скорочене сімейство масок для основних практично значущих апроксимацій ліній рівнів.

Розглянуті вище лінійні маски будувалися як проходячи крізь заданий піксель – центр маски. При розгляді ліній такий підхід приводитиме до згладжування кінців. Для усунення цього ефекту доцільно перейти до розгляду несиметричних масок, де заданий піксель є кінцем маски, а не її центром (рис. 3).

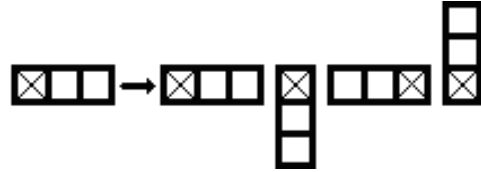


Рис. 3. Несиметрична лінійна маска обертання  $3 \times 3$  елементу, і її положення

Для таких масок можлива ситуація дублювання положень маски для сусідніх елементів (рис. 4); для її виключення з метою зниження трудомісткості доцільно спочатку розрахувати дисперсію для можливих положень маски, а вже потім і проводити фільтрацію на основі одержаних оцінок дисперсії.



Рис. 4. Збіги положення масок пікселів 1, 2

Зазначимо, що за основу технології адаптації маски обертанням була узята технологія, описана в [4] для двовимірних масок. Проте при використанні двовимірних масок втрачається ключова ідея адаптації до лінії рівня, що для об'єктів з не гладкою межею і лінії неприйнятно.

## 2. Фільтрація зображень

В даний час для цілей фільтрації запропоновано велику кількість фільтрів. Для цілей згладжування найбільш широко вживаними є усереднюючі фільтри і фільтри, які використовують порядкові статистики. Якщо провести аналіз то найбільш відомі фільтри цих двох груп: середньоарифметичний і медіанний фільтри [1, 4]

$$F_e : f' = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n f_i; \quad F_{med} : f' = \text{med} \{f_i\}_i,$$

де  $\{f_i\}_{i=1, n}$  – яскравості пікселів визначена поточним положенням маски фільтру, а  $f'$  – згладжена яскравість даного пікселя.

Середньоарифметичний фільтр характеризується мінімальною трудомісткістю; для внутрішності зображень цей фільтр дає краще наближення яскравостей пікселів до середнього, а медіанний обмежений в цьому відношенні існуючими значеннями яскравості.

У той же час медіанний фільтр реалізує концепцію виключення екстремальних спостережень, що має особливу важливість при непарній кількості шумів різних знаків, а також істотно менше згладжує границі зображень: фактично, застосування

медіанного фільтру приводить до локального вирівнювання границь зображень [5].

Ключова задача, що вирішується в ході фільтрації шуму – максимальне наближення розподілу яскравості внутрішності об'єктів і фону до їх апроксимація середнім значенням.

Тому природною є комбінація усереднюючого і медіанного фільтру у вигляді фільтру зрізаного середнього.

Суть роботи *фільтру зрізаного середнього*  $F_{tm}$  полягає в тому, щоб для даного положення маски фільтру для ряду  $\{f_i\}_{i=1,n}$  знайти і вивести в початок ряду  $k$  мінімальних, а в кінець  $k$  максимальних значень; після цього на безлічі тих значень яскравості, що залишилися  $\{f_i\}_{i=1+k,n-k}$  застосувати усереднюючий фільтр шуму [1]

$$F_{tm}: f' = \frac{1}{n-2k} \sum_{i=1+k}^{n-k} f_i, \quad 2k < n.$$

За рахунок можливості управління параметром  $k$  такий фільтр  $F_{tm}$  дозволяє адаптуватися до просторового рівня зашумлення і при якісному згладжуванні внутрішності знижувати ступінь згладжування меж.

При межових значеннях параметра  $k$  запропонований фільтр є або середньоарифметичним (при  $k = 0$ ), або медіанним (при  $k = n/2$ ).

Отже, приходимо до найважливішої концепції фільтрації, суть якої полягає в тому, щоб проводити фільтрацію з використанням процедури виключення екстремальних спостережень.

Таким чином, приходимо до *методу адаптивної фільтрації*, суть якого полягає в тому, щоб в ході обертання знайти положення лінійної маски фільтру з мінімальною дисперсією і замінити яскравість заданого пікселя згладженим для знайденого положення маски, на основі застосування фільтру зрізаного середнього.

## АДАПТИВНАЯ ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ФИЛЬТРАЦИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ

К.С. Смяляков, И.В. Рубан

*Для повышения эффективности анализа объектов и сцен на аэрофотоснимках в условиях высокого уровня шума – с целью минимизации эффекта разфокусирования границ в работе рассматривается построение метода адаптивной пространственной фильтрации шума, основанного на адаптации линейной маски фильтра к линиям уровня изображения по критерию минимальной дисперсии и использовании фильтра срезанного среднего.*

**Ключевые слова:** адаптация, фильтрация, маска, граница изображения, линия.

## ADAPTIVE SPATIAL IMAGE FILTERING

I.V. Ruban, K.S. Smelyakov

*For increasing the efficiency of object and scene analysis on air photos at high level of noises, with the aim to minimize the bound motion-blur, an adapted spatial noise filtration method is proposed which is based on adaptation of linear filter mask to the image level lines with the minimal variance criterion and making use of truncated average filter.*

**Keywords:** adaptation, filtration, mask, border of image, line.

## Висновки

Для вирішення проблеми низької ефективності аналізу аерофотознімків в умовах зашумлення – при розфокуванні границь в роботі запропоновано метод адаптивної просторової фільтрації, заснований на адаптації лінійної маски фільтру до ліній рівня зображення за критерієм мінімальної дисперсії і використанні фільтру зрізаного середнього.

При цьому показано, що по трудомісткості адаптація на основі запропонованого в роботі критерію може бути досить трудомісткою. Проте при використанні розумної кількості лінійних масок обертання можна добитися прийнятної трудомісткості при збереженні якості фільтрації.

## Список літератури

1. R. Gonzalez, R. Woods *Digital Image Processing. Second Edition.* – Prentice Hall, 2002. – 793p.
2. Д. Форсайт, Ж. Понс *Компьютерное зрение. Современный подход: Пер. с англ. – М.: Вильямс, 2004. – 928 с.*
3. Б. Яне *Цифровая обработка изображений.* – М.: Техносфера, 2007. – 584 с.
4. M. Sonka, V. Hlavak, R. Boyle *Image processing, analysis, and machine vision.* – California (USA): Cole Publishing Company, 1999. – 770p.
5. Смяляков К.С. *Модели и методы сегментации границ изображений нерегулярного вида на основе адаптивных масок: Дис. ... канд. техн. наук: 09.03.05. – Х., 2005. – 162 с.*
6. Л. Шапиро, Дж. Стокман *Компьютерное зрение: пер. с англ. – М.: БИНОМ, 2006. – 752 с.*
7. *Введение в контурный анализ; приложения к обработке изображений и сигналов / Я.А. Фурман, А.В. Кревецкий, А.К. Передрегов, А.А. Роженицов, Р.Г. Хафизов, И.Л. Егوشина, А.Н. Леухин / Под ред. Я.А. Фурмана. – 2-е изд., испр. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 592 с.*

Надійшла до редколегії 1.10.2008

**Рецензент:** д-р фіз.-мат. наук, проф. С.В. Смяляков, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.