
RESEARCH ON ALGORITHMS FOR FILTRATION OF AERIAL AND RADAR IMAGES

Teodora PetrovaFaculty of Aviation, Vasil Levski National Military University, Dolna Mitropoliya, Bulgaria
teodorapetrova33@abv.bg

Abstract: In the 1960s a new special science of imagery began to develop – „imagery“, which deals with the study of the general image properties, the goals and tasks of their transformation, the processing and reproduction as well as the recognition of graphic images. Image forming, increasing image quality and the automated processing of aerial images including images captured from satellites, unmanned aircraft, radars equipped with synthesizing equipment and so on, are a subject of a number of researches and developments. The automatic analysis is widely applied in modern monitoring systems as the ones used in overwatch of areas, forests, asserting damage done on crops, reconnaissance and in the fire department services. In this article researches are conducted on the use of different image filtering methods from radar with synthesized aperture and aerial photography. The results indicate that filters can be used for image pre-treatment under different scenarios, but the appropriate filter and its parameters need to be carefully selected.

Keywords: monitoring the environment, image filtering, PCA, Aerial photography.

ИЗСЛЕДВАНЕ НА АЛГОРИТМИ ЗА ФИЛТРАЦИЯ НА АЕРОФОТО И РАДАРНИ ИЗОБРАЖЕНИЯ**Теодора Петрова**Факултет „Авиационен“ на Национален военен университет „Васил Левски“,
Долна Митрополия, България, teodorapetrova33@abv.bg

Резюме: През 60^{-те} години на миналия век започва да се развива нова особена наука за изображенията – „иконика“, която се занимава с изследването на общите свойства на изображението, целите и задачите на преобразуването им, обработката и възпроизвеждането както и разпознаването на графични образи. Формирането на изображения, повишаване на тяхното качество и автоматизираната обработка на аерофото изображения, включващи изображения направени от спътници, безпилотни летателни апарати, радари със синтезирана апертура и т. н., са предмет на редица изследвания и разработки. Автоматизираният анализ широко се прилага в системите за дистанционно наблюдение (мониторинг) на местности, гори, например при изчисляване на площта на нанесени щети, за наблюдение на реколтата, при разузнаване и в системата за противопожарна безопасност. В тази статия са направени изследвания за използване на различните методи за филтрация на изображения от радар със синтезирана апертура и аерофотоизображения. Резултатите показват, че филтрите могат да бъдат използвани за предварителна обработка на изображенията при различни задачи, но трябва внимателно да се избира подходящия филтър и неговите параметри.

Ключови думи: мониторинг на околната среда, филтрация на изображения, PCA, аерофотоизображения

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Цифровата обработка и разпознаването на изображението е интензивно развиваща се област в науката. Целта на настоящата статия е да се разкрият съвременните методи, които се прилагат при обработката на изображения получени от различни източници. Прилагането на различните методи за повишаване качеството на изображенията и резултатите, които са получени, са илюстрирани с фото изображения и радиолокационни изображения, получени от радар със синтезирана апертура (РСА). Всички алгоритми които са описани могат да бъдат реализирани с помощта на компютър (Грузман, Киричук, Косых, Перетягин, Спектор, 2000).

С развитието на технологиите стана достъпно заснемането на участъци от земната повърхност, чрез малки безпилотни въздухоплателни средства (ВС). Такива ВС се оборудват с навигационни системи, които използват приемници на глобалните спътникови навигационни системи и инерциални сензори (Петров, 2015). За да могат да се използват данните от такива навигационни системи за привързване на заснеманите изображения е необходимо те да бъдат с достатъчно висока точност. За осигуряване на точността се

използват различни алгоритми за намаляване на грешките от инерциалните сензори (Петров, 2010, с.18-22; Петров, 2010а, с.23-27, Петров Ж., 2010б, с.131; Antonov, 2018, p.156-159). Използването на такива ВС намалява значително разходите за заснемане на участъци от земната повърхност.

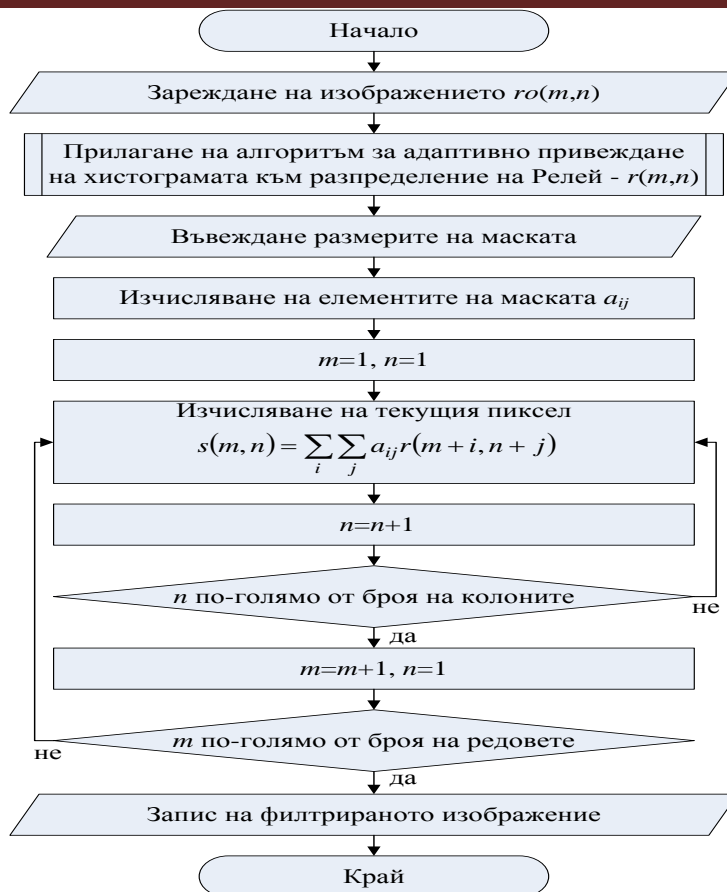
Методите за филтрация на аерофото и радарни изображения се изучават от курсанти, обучаващи се в НВУ „В. Левски“. Те се обучават на дистанционно пилотируем самолет „Radiocraft“, изработен от тях и на борда, на който е монтирана видеокамера.

Целта е на работата е да покаже възможностите на компютърната обработка на изображения за постигане на подобряване не само на зрителното възприятие на изображението, но и класификация на обектите, която се прави при анализа на изображенията.

2. МЕТОДИ ЗА ФИЛТРАЦИЯ НА ИЗОБРАЖЕНИЯ

Направени са изследвания за използване на различните методи за филтрация, при изображения от РСА и аерофотоизображения. Обикновено изображенията, независимо от какви сензори са формирани, се изкривяват под действието на шумове. Шумовете могат да се дължат на детектора (фотонни, топлинни и др. шумове), на нестабилност на източника на светлина, на нестабилност на самата платформа, на която е устройството, формиращо изображенията (Грузман, 1999; Рабинер, Гоулд, 1978). Това затруднява както визуалният анализ, извършван от човек-оператор, така и автоматичната обработка от компютър. При решаването на някоя задачи за обработка на изображения в ролята на шум могат се явяват едни или други компоненти от самото изображение. Например, при анализа на космическа снимка на земната повърхност може да стои задачата да се определят границите между отделните участъци – гора и поле, вода и суша и др. От гледна точка на тази задача отделните детайли от изображението вътре в разделяните области се явяват шум (Абрамов, Киричук, 1998, с.3).

Тъй като шумовете са случайни, то тяхното пълно премахване е невъзможно, но е възможно потискането им. Операцията при която се намаляват шумовете в изображенията обикновено се нарича филтрация. За разлика от разгледаните преди алгоритми при нея интензивността на пиксел в изходното изображение не се формира само от интензивността на съответния пиксел от входното изображение, а и от интензивността на пикселите в областта около него. Целта на филтрацията е да се замени стойността на интензивността на пиксела от входното изображение, която е изкривена от шумове, с друга стойност, която да бъде най-малко изкривена. Изображението представлява двумерна функция от пространствени координати, която се изменя по-бавно по тях (понякога много по-бавно), отколкото шума, който също е двумерна функция. В много случаи интензивността на пикселите от действителното изображение се променя значително по-бавно от пиксел към пиксел, отколкото тази на шума (Васильев, 1990; Khellaf, Beghdadi, 1991, pp. 589-592). Дори когато целта е да се отделят границите на обектите върху изображението, рязкото изменение на интензивността в тях е последвано от области с бавно изменение на интензивността. Освен това обикновено рязкото изменение на интензивността на границите на обектите е само в едно направление по изображението, докато при шума има изменение в много направления. Именно тези разлики между шума и действителното изображение дава възможност за намаляване влиянието на шума върху интензивността на даден пиксел да се използва обработката на интензивността на пикселите от област около него.



Фигура 1. Алгоритъм на работа при филтрация на PCA.

За оценка на полезния сигнал във всеки пиксел на изображението се разглежда някакво множество от съседни пиксели, като се използва сходството на сигнала в оценявания пиксел с тези пиксели. В други случаи, признака за сигнал се явяват резките изменения на яркостта. Обикновено, честотата на тези изменения е относително малка, така че на големи интервали между тях сигнала или е постоянен, или се изменя бавно. В този случай свойствата на сигнала също се проявяват при наблюдение не само на локалния пиксел, но и при анализа на околността му. Трябва да се има предвид, че понятието околност е доста условно. Тя може да бъде образувана само от съседните пиксели, но може да съдържа и достатъчно много и значително отдалечени пиксели от изображението. В проследения случай степента на влияние на далечните и близките точки върху решенията, които се приемат от филтъра за даден пиксел, ще са свършено различни (Фисенко, Фисенко, 2008; Ko, Lee, 1991a, pp.984-993). При обработката на изображения от PCA е използван алгоритъма, показан на фиг. 1.

3. РЕЗУЛТАТИ ОТ ПРИЛАГАНЕ НА АДАПТИВЕН АЛГОРИТЪМ ПРИ ФИЛТРАЦИЯ НА ИЗОБРАЖЕНИЯ

На фиг. 2 е показано част от 8 битово изображение от PCA след прилагане на адаптивен алгоритъм за привеждане на хистограмата към разпределение на релей с размер на областите 8x8 пиксела. Изображението е получено по данни предоставените за свободно ползване в сайта на Sandia National Laboratories, USA и има размери 427x653 пиксела. Частта от изображението, използвана за демонстриране на резултатите от изследванията, е с размери 1838x2510 пиксела



Фигура 2. Изображение от PCA за филтрация.

Както се вижда от фигурата на изображението се наблюдават смущения подобни на шума „сол-пипер”, но не идентични, тъй като пикселите им не са със стойности 0 и 255. Направена е обработка на това изображение при използване на различни филтри.

На фиг. 3 е показан резултатът от прилагане на осредняващ филтър с размери 3x3 пиксела и елементи на маската $a(i, j) = \frac{1}{9}$. В полученото изображение се наблюдава намаляване на шумовете, но те не са премахнати. Това показва, че е необходимо използване на друг филтър или осредняващ филтър с по-големи размери на маската.

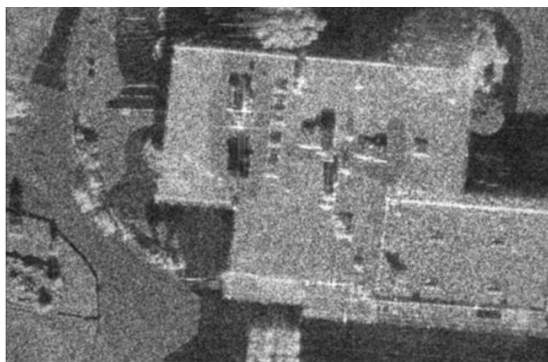
На фиг. 4 е показан резултатът от прилагане на гаусов филтър с размери 3x3 и СКО на импулсната характеристика $\sigma = 0,5$. Елементите на маската са изчислени от съотношение (Keys, 1981a, p.1153-1160):

$$(1) \quad a(i, j) = \frac{e^{-\frac{i^2+j^2}{2\sigma^2}}}{\sum_i \sum_j e^{-\frac{i^2+j^2}{2\sigma^2}}}$$

където σ е средноквадратичното отклонение (СКО) на импулсната характеристика.

$$\mathbf{a} = \begin{bmatrix} 0,0113 & 0,0838 & 0,0113 \\ 0,0838 & 0,6193 & 0,0838 \\ 0,0113 & 0,0838 & 0,0113 \end{bmatrix} .$$

Както се вижда от фигурата този филтър по-малко намалява шумовете. Това е лесно може да се обясни като се анализират елементите на маската. Вижда се, че над 60% от стойността на текущия пиксел се определя от самия него, докато съседните по ред и колона пиксели имат влияние от 8,38%, а тези по диагонала само 1,13%. Може да се очаква, че увеличаването на размера или на СКО би довело до по-добро филтриране на шумовете.



Фигура 3. Използване на осредняващ филтър с размери 3x3 пиксела.



Фигура 4. Използване на гаусов филтър с размери 3x3 пиксела и $\sigma = 0,5$.

На фиг. 5 е показан резултатът от прилагане на гаусов филтър с размери 3x3 и СКО на импулсната характеристика $\sigma = 1$. Елементите на маската, изчислени от съотношение (1) са:

$$\mathbf{a} = \begin{bmatrix} 0,0751 & 0,1238 & 0,0751 \\ 0,1238 & 0,2042 & 0,1238 \\ 0,0751 & 0,1238 & 0,0751 \end{bmatrix}.$$



Фигура 5. Използване на гаусов филтър с размери 3x3 пиксела и $\sigma = 1$.

Полученото изображение визуално е близко до полученото след използване на осредняващ филтър. Това което ги отличава при анализ на изображението, наблюдавано в пълен размер върху монитора на компютър, е по-слабото размиване на контурите на обектите при гаусовия филтър.

На фиг. 6 е показан резултатът от прилагане на адаптивен филтър на Винер с размери 3x3. При него от алгоритъма, показан на фиг. 1, отпада операцията изчисляване елементите на маската, а стойността на текущия пиксел се намира по съотношения (Fung, 1987, p.1649; Lee, 1998).

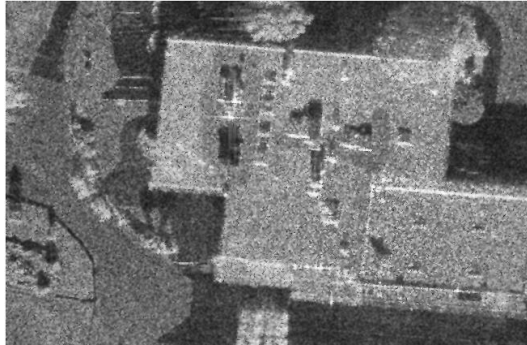
$$(2) \quad \mu(m,n) = \frac{1}{n_s} \sum_i \sum_j y(m-i, n-j),$$

$$(3) \quad s(m,n) = y(m,n) - \frac{\sigma_v^2}{\sigma^2(m,n)} [y(m,n) - \mu(m,n)].$$

При тази филтрация се наблюдава по-малко размиване на контурите, но има остатъчен импулсен шум върху изображението.

На фиг. 7 е показан резултатът от прилагане на медианен филтър на Винер с размери 3x3. При него от алгоритъма, показан на фиг. 1, отпада операцията изчисляване елементите на маската, а за стойност на

текущия пиксел се взема стойността на този пиксел от областта 3x3, която се явява медиана на пикселите в нея.



Фигура 6. Използване на адаптивен филтър на Винер с размери 3x3 пиксела.



Фигура 7. Използване на медианен филтър.

От всички разгледани филтри никой не осигурява пълно изчистване на шума. Най-слабо е намаляването на шума при използване на гаусов филтър със СКО $\sigma = 0,5$. Увеличаването на СКО при гаусовия филтър води до приближаването му към осредняващ. При размери на маската 3x3 за елементите и при гаусов филтър със СКО $\sigma = 2$ от израз (1) се получава:

$$\mathbf{a} = \begin{bmatrix} 0,1019 & 0,1154 & 0,1019 \\ 0,1154 & 0,1308 & 0,1154 \\ 0,1019 & 0,1154 & 0,1019 \end{bmatrix},$$

докато стойността на елементите при осредняващ филтър е $a_{ij} = 0,1111$.

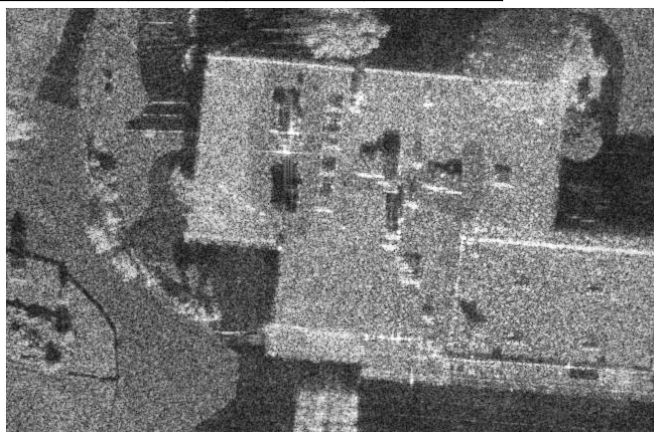
На фиг. 8 е показан резултатът от прилагане на осредняващ филтър с размери 5x5 пиксела и елементи на маската $a(i, j) = 0,04$.



Фигура 8. Използване на осредняващ филтър с размери 3x3 пиксела.

При тази филтрация премахването на зърнестата структура на изображението е по-голямо от всички филтри с размери 3x3, но и размиването на контурите е най-голямо. Ако се налага последващо отделяне на контурите на обектите, то това би влошило резултатите.

На фиг. 9 е показан резултатът от прилагане на гаусов филтър с размери 5x5 и СКО на импулсната характеристика $\sigma = 0,5$. Елементите на маската, изчислени от съотношение (1) са:

$$\mathbf{a} = \begin{bmatrix} 6,96 \times 10^{-8} & 2,81 \times 10^{-5} & 0,0002 & 2,81 \times 10^{-5} & 6,96 \times 10^{-8} \\ 2,81 \times 10^{-5} & 0,0113 & 0,0837 & 0,0113 & 2,81 \times 10^{-5} \\ 0,0002 & 0,0837 & 0,6187 & 0,0837 & 0,0002 \\ 2,81 \times 10^{-5} & 0,0113 & 0,0837 & 0,0113 & 2,81 \times 10^{-5} \\ 6,96 \times 10^{-8} & 2,81 \times 10^{-5} & 0,0002 & 2,81 \times 10^{-5} & 6,96 \times 10^{-8} \end{bmatrix} .$$


Фигура 9. Използване на гаусов филтър с размери 5x5 пиксела и $\sigma = 0,5$.

Няма визуални разлики между полученото изображение и това при гаусов филтър с размери 3x3 пиксела и $\sigma = 0,5$ (фиг. 4). Това е следствие на стойностите на елементите в маските на двата филтъра. От една страна стойностите на централните 9 елемента от маската на филтъра с размери 5x5 са много близки до стойностите на елементите в маската на филтъра с размери 3x3. От друга страна стойностите на останалите елементи по периферията на маската са много малки. Направените изчисления показват, че ако всички пиксели от изображението, припокриващи се с външните елементи на маската, имат стойност 255, то формираната от тези елементи стойност, която участва във формиране на интензивността на текущия (централния) пиксел е 0,2691. Следователно, ако тези пиксели бъдат изключени от обработката, то крайната (целочислена 8 битова) стойност на текущия пиксел няма да се промени с повече от 1.

На фиг. 10 е показан резултатът от прилагане на гаусов филтър с размери 5x5 и СКО на импулсната характеристика $\sigma = 1$. Елементите на маската, изчислени от съотношение (1) са:

$$\mathbf{a} = \begin{bmatrix} 0,003 & 0,0133 & 0,0219 & 0,0133 & 0,003 \\ 0,0133 & 0,0596 & 0,0983 & 0,0596 & 0,0133 \\ 0,0219 & 0,0983 & 0,1621 & 0,0983 & 0,0219 \\ 0,0133 & 0,0596 & 0,0983 & 0,0596 & 0,0133 \\ 0,003 & 0,0133 & 0,0219 & 0,0133 & 0,003 \end{bmatrix} .$$



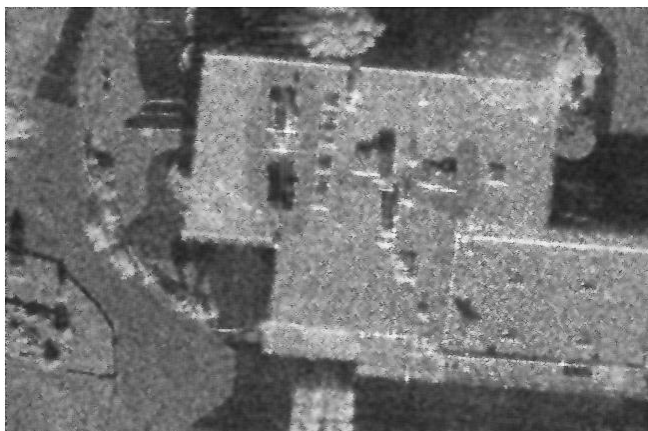
Фигура 10. Използване на гаусов филтър с размери 5x5 пиксела и $\sigma = 1$.

Шумът в полученото изображение е значително по-малък, отколкото при гаусов филтър със СКО $\sigma = 0,5$ (фиг. 9) и в същото време размиването на контурите е по-слабо, отколкото при осредняващ филтър (фиг. 8). Получените резултати показват, че при използване на гаусов филтър трябва съвместно да се подбират размерите и СКО. При малки размери на филтъра е нецелесъобразно използване на големи стойности за СКО, тъй като тогава филтъра се доближава до осредняващ филтър, който изисква по-малко математически операции. Когато размерите на филтъра са по-големи, използването на малки стойности за СКО прави филтъра практически еквивалентен на такъв с по-малки размери.

На фиг. 11 е показан резултатът от прилагане на адаптивен филтър на Винер с размери 5x5. Полученото изображение е с най-малко ниво на шумове в сравнение с получените от разгледаните до тук филтри, но все още върху него се забелязва наличие на импулсен шум. Наличието на такъв шум дава основание да се изследва резултата от прилагане на медианен филтър.

На фиг. 12 е показан резултатът от прилагане на медианен филтър с размери 5x5. При него се получава изображение с ниско ниво на шума и без остатъчен импулсен шум. От друга страна цялостното изображение изглежда леко разфокусирано в сравнение с изображенията получени от гаусовия филтър и адаптивния филтър на Винер.

Ниското ниво на шума в изображението, филтрирано с адаптивен филтър на Винер, и наличието на импулсен шум в него води до извода, че могат да се очакват по-добри резултати при последователно прилагане на адаптивен филтър на Винер и медианен филтър.

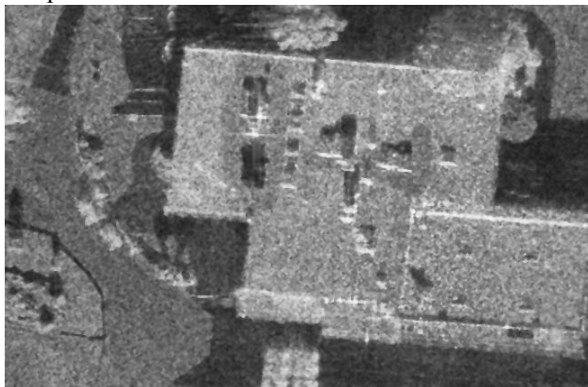


Фигура 10. Използване на адаптивен филтър на Винер с размери 5x5 пиксела.



Фигура 11. Използване на медианен филтър с размери 5x5 пиксела.

На фиг. 13 е показан резултатът от последователното прилагане на адаптивен филтър на Винер и медианен филтър.



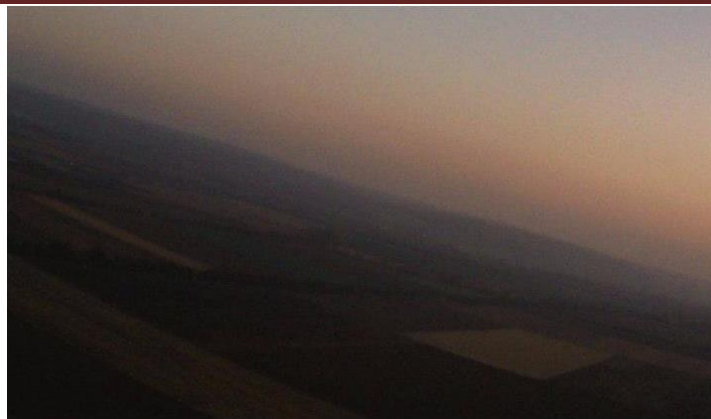
а) размери на филтрите 3x3



б) размери на филтрите 5x5.

Фигура 12. Последователно прилагане на адаптивен филтър на Винер и медианен филтър.

Изображенията получени след последователното прилагане на двата филтъра са с по-добро качество от получените при самостоятелно използване на който и да е от разгледаните филтри. Особено ясно се забелязва разликата в качеството между изображението от фиг. 12 б) и останалите получени изображение. Резултатите от изследванията на обработката на изображения от РСА с различни филтри показва, че увеличаването на размерите на филтрите над 5x5 не води до значително подобрене във филтрирането на шума, като при повечето филтри се наблюдава и значително размиване на контурите. Гаусовият филтър позволява, чрез избор на СКО да се търсят най-добри резултати. Използването на адаптивен филтър на Винер с размери 5x5 дава най-добри резултати от изследваните самостоятелно използвани филтри. Анализът на резултатите показва, че за постигане на най-добри резултати при филтрация на изображения на РСА операторът трябва да подбира вида, размерите на филтрите и евентуалното последователно прилагане на два различни филтъра. Това показва, че операторът трябва да притежава необходимите знания и опит, за да може да сведе възможните варианти до няколко.



Фигура 13. Изходно аерофото изображение.

Направено е изследване на използването на филтрите при цветни аерофото изображения. На фигура 14 е показано изходното изображение, което се явява част с размери 421x721 пиксела от кадър на записан видеофилм с размери 720x1280 пиксела. Видеофилмът е записан през 2011г. на борда на дистанционно пилотирания самолет „Radiocraft”, изработен от курсанти, обучаващи се във факултет „Авиационен”. Полетът е в късния следобед и изображението е тъмно поради разположението на Слънцето при заснемане на кадъра. За подобряване на контраста е приложен адаптивния алгоритъм за привеждане на хистограмата на изображението към разпределение на Релей. Полученото изображение е показано на фиг. 15.



Фигура 14. Изображение след повишаване на контраста.



Фигура 15. Използване на осредняващ филтър с размери 5x5 пиксела.

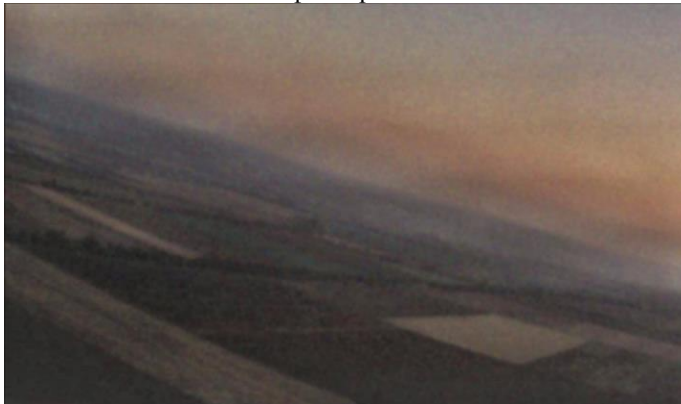
Вижда се, че едновременно с повишаването на контраста видим става и шума. При изследване на различните филтри операцията за повишаване на контраста в алгоритъма от фиг. 1 е преместена непосредствено преди записването на филтрираното изображение. Всички обработки се извършват върху яркостта L^* след преобразуване на изходното изображение в цветното пространство $L^*a^*b^*$. След завършване на обработките се преминава обратно в цветното пространство RGB.

На фиг. 16 е показано изображението след прилагане на осредняващ филтър с размери на маската 5x5. Шумът в полученото изображение е намален, което е особено забележимо в участъка от изображението, където е заснето небето. В същото време ясно се забелязва размиването на контурите на различните участъци от заснетата земна повърхност.



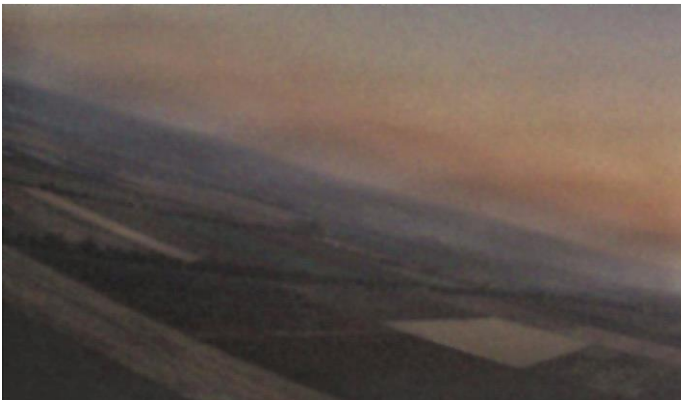
Фигура 16. Използване на гаусов филтър с размери 5x5 пиксела и $\sigma = 1$.

На фиг. 17 е показано изображението след прилагане на гаусов филтър с размери на маската 5x5 и СКО $\sigma = 1$. Върху полученото изображение се наблюдават повече шумове, отколкото при използване на осредняващ филтър. От друга страна няма толкова изразено размиване на контурите на различните участъци от земната повърхност. За по-голямо намаляване на шумовете е необходимо или да се увеличи размерът на маската или да се увеличи стойността на СКО на филтъра.



Фигура 17. Използване на гаусов филтър с размери 5x5 пиксела и $\sigma = 2$.

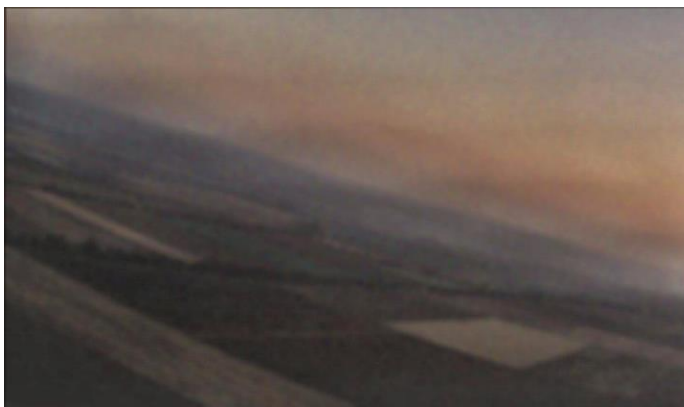
На фиг. 18 е показано изображението след прилагане на адаптивен филтър на Винер с размери на маската 5x5



Фигура 18. Използване на адаптивен филтър на Винер с размери 5x5.

След прилагането на адаптивния филтър на Винер се получава изображение с най-добро качество. Това отговаря и на факта, че при по-слаба осветеност става видим шумът от матрицата на камерата, който е с разпределение на Поасон, а за такъв шум теоретично най-добър е филтър на Винер.

За анализ на влиянието на размера на филтъра са направени изследвания на трите филтъра при размери на маската 7×7 . На фиг. 19 е показано изображението, получено след прилагане на осредняващ филтър с размери на маската 7×7 .

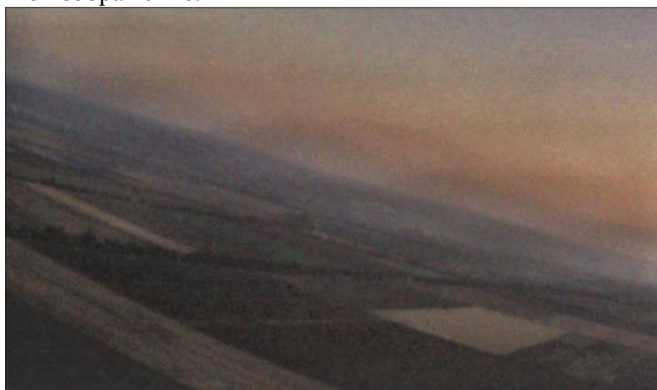


Фигура 19. Използване на осредняващ с размери 7×7 .

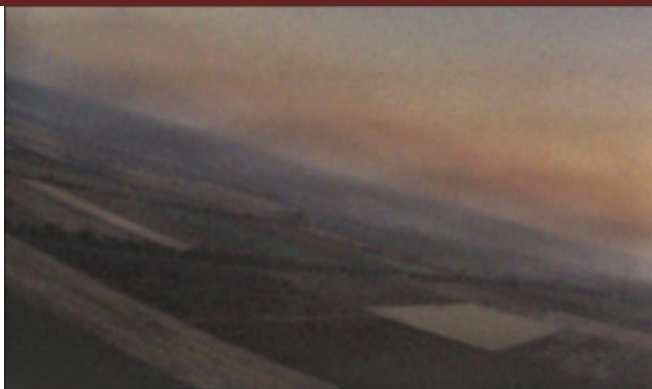
Този филтър осигурява по-добра филтрация на шума от всички филтри с размери на маската 5×5 , но поради размиването на контурите при редица задачи е необходимо да се използва друг вид филтри. Такъв тип задачи са например отделянето на контурите на обекти или сегментация и класификация на обектите върху изображенията.

На фиг. 20 е показано изображението след прилагане на гаусов филтър с размери на маската 7×7 и СКО $\sigma = 1$. Равнението на изображението от фиг. 20 с това от фиг. 21 показва, че между тях няма голяма визуална разлика. Това показва, че дори да се увеличи още размерът на маската при СКО $\sigma = 1$ няма да се постигне по-добро качество на изображението. Следователно стойност на СКО $\sigma = 1$ е малка за осъществяване на филтрация на даденото изображение. Този подход на анализ е подходящ за използване от операторите при търсене на филтър с най-добри параметри.

На фиг. 21 е показано изображението след прилагане на гаусов филтър с размери на маската 7×7 и СКО $\sigma = 2$. Шумът в изображението е намален в сравнение с този при СКО $\sigma = 1$. Като съвместна оценка на качеството като комбинация от ниво на шум и размиване на контури може да се твърди, че полученото изображение е с по-високо качество, отколкото при прилагане на осредняващ филтър. Това, че параметрите на по-добрия гаусов филтър за аерофото изображението са различни от тези за изображението от РСА още веднъж показва, че за постигане на най-добри резултати подборът на параметрите на филтрите трябва да става индивидуално за всяко изображение.

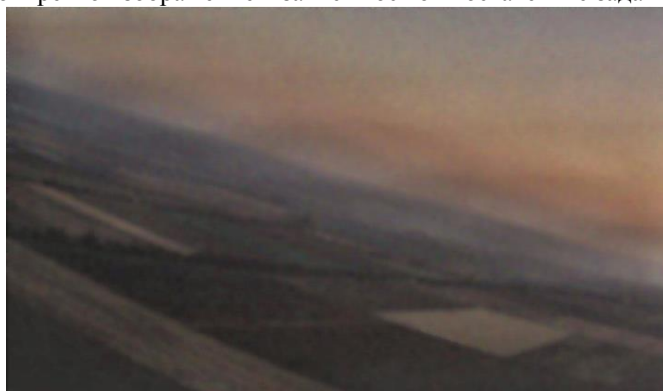


Фигура 20. Използване на гаусов филтър с размери 7×7 и СКО $\sigma = 1$.



Фигура 21. Използване на гаусов филтър с размери 7×7 и СКО $\sigma = 2$.

На фиг. 22 е показано изображението след прилагане на адаптивен филтър на Винер с размери на маската 7×7 . Прилагането на адаптивния филтър на Винер отново показва най-добро потискане на шума, но при размери на маската 7×7 размиването на контурите е малко по-голямо, отколкото при гаусов филтър със същите размери на маската. Това показва, че и при избора на вида на филтъра трябва да се подхожда индивидуално за всяко конкретно изображение в зависимост от поставените задачи.



Фигура 22. Използване на адаптивен филтър на Винер с размери 5×5 .

Получените резултати показват, че филтрите могат да бъдат използвани за предварителна обработка на изображенията при различни задачи, но трябва внимателно да се избира подходящия филтър и неговите параметри.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изследванията показват, че при извършване на анализ на обектите върху изображенията, че понякога е необходимо последователно да се използват няколко алгоритъма за обработка докато се постигне желаният резултат. Получените резултати показват, че ефективността на различните алгоритми и методи не е еднаква, което изисква операторите, анализиращи визуалната информация да са добре запознати с възможностите и особеностите им.

ЛИТЕРАТУРА

- Абрамов В. В., Киричук В. С. и др. (1998). Реконструкция трехмерных поверхностей по двум проекциям при отслеживании камерой заданной точки сцены. //Автометрия, 1998, №5, с.3.
- Васильев К. К., Крашенинников В. Р., (1990). Методы фильтрации многомерных случайных полей. - Саратов: Сарат. гос. ун-т, 1990.
- Грузман И. С. (1999). Двухэтапная фильтрация бинарных изображений //Автометрия, 1999, №3.
- Грузман И. С., Киричук В. С., Косых В. П., Перетягин Г. И., Спектор А. А., (2000). Цифровая обработка изображений в информационных системах. – Учебное пособие.- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2000. - 168.
- Рабинер Л., Гоулд Б. (1978). Теория и применение цифровой обработки сигналов. - М.: Мир, 1978.
- Петров Живо, (2010). Алгоритъм за съвместна обработка на сигнали от GPS И INS с използване на калманов филтър, Научни трудове на русенския университет - 2010, том 49, серия 3.2 стр. 18-22, ISSN 1311-3321.

- Петров Живо, (2010а). Алгоритъм за съвместна обработка на сигнали от GPS И INS с използване на филтър Монте Карло, Научни трудове на русенския университет - 2010, том 49, серия 3.2, стр. 23-27, ISSN 1311-3321
- Петров Живо, (2010б). Модел на грешките на инерциална и GPS система, Доклади от Научна конференция „Настояще и бъдеще на авиационното образование в балканско-черноморския регион на Европа”, Долна Митрополия 2010 г., стр.131-132, ISBN 978-954-713-094-4.
- Петров Живо, (2015). Изследване на микроелектромеханични инерциални сензори, Плевен 2015 г, ISBN 978-954-713-107-1.
- Фисенко В. Т., Фисенко Т. Ю. (2008). Компютърна обработка и разпознаване изображения, Санкт-Петербург, ИТМО, 2008.
- Antonov Stamen, (2018). Researching the capabilities of information technologies for education in design, 3D modeling and visualization of the working principles of specific armament elements, International Scientific Journal „Mathematical modeling 2018" Year 2, Issue 4(2018), p.p. 156-159, ISSN (PRINT) 2535-0986, ISSN (WEB) 2603-2929.
- Fung T., (1981). Le Drew E. // Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. 1987. V. 53. №12. P. 1649.
- Keys R. G. (1981a). Cubic convolution interpolation for Digital Image Processing.- IEEE Trans. Acoust., Speech, Signal Processing, 1981, vol.ASSP-29, p.1153-1160.
- Khellaf A., Beghdadi A., Dupoisot H., (1991). Entropic contrast enhancement, IEEE Trans. Med. Imag., vol. 10, pp. 589-592, Dec. 1991
- Ko J. S., Lee Y. H., (1991a). Center weighted median filters and their applications to image enhancement, IEEE Trans. Circuits syst., vol. 9, pp. 984-993, Sept. 1991.
- Lee T. W. (1998). Independent Component Analysis: Theory and Applications. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1998.