



2. МЕТОДИ ЗА ОБРАБОТКА НА ИЗОБРАЖЕНИЯ. ФИЛТРАЦИЯ

1. Филтрация.

Обикновено изображенията, формирани от различни информационни системи, се изкривяват под действието на смущения. Това затруднява както визуалният им анализ от оператор, така и автоматичната им обработка с компютър. Отслабването на смущенията става чрез филтрация. При нея яркостният сигнал на всяка точка от оригиналното изображение, изкривено от смущения, се заменя с друго значение на яркостта, което в най-малка степен е повлияно от изкривяванията. Изображението често представлява двумерна функция с пространствени координати, която се изменя по тези координати по-бавно от смущенията, които също се явяват двумерни функции. Това позволява при оценка на полезния сигнал във всяка точка от изображението да се вземат под внимание и множеството от съседни точки, възползвайки се от определената еднаквост на сигнала в тях.

Идеологията на филтрацията се основава на рационалното използване на данни както от работната точка, така и от нейната околност, т.е. филтрацията не е поелементна обработка на изображения. Задачата е в това, да се намери такава изчислителна процедура, която да позволява да бъдат достигнати най-добри резултати. При решаването на тази задача се опираме на използването на вероятностни модели на изображението и смущенията и статистически критерии за оптималност.

Многообразието на методите и алгоритмите за филтрация е свързано с голямото разнообразие на изображения, които се описват с различни математически модели. Освен това се използват различни критерии за оптималност.

1.1. Оптимална линейна филтрация.

www.eufunds.bg

Проект BG05M2OP001-2.016-0003 „Модернизация на Национален военен университет "В. Левски" - гр. Велико Търново и Софийски университет "Св. Климент Охридски" - гр. София, в професионално направление 5.3 Компютърна и комуникационна техника“, финансиран от Оперативна програма „Наука и образование за интелигентен растеж“, съфинансирана от Европейския съюз чрез Европейските структурни и инвестиционни фондове.



Уравнения на Винер-Хопф Нека $x_{i,j}$ е значението на яркостта на изображението в точка с координати i,j , а модела с който се описва е:

$$y_{i,j} = f(x_{i,j}, n_{i,j}), \quad i = \overline{0, (I-1)}, j = \overline{0, (J-1)}$$

където - i,j смущенията в точката с координати (i,j) ;

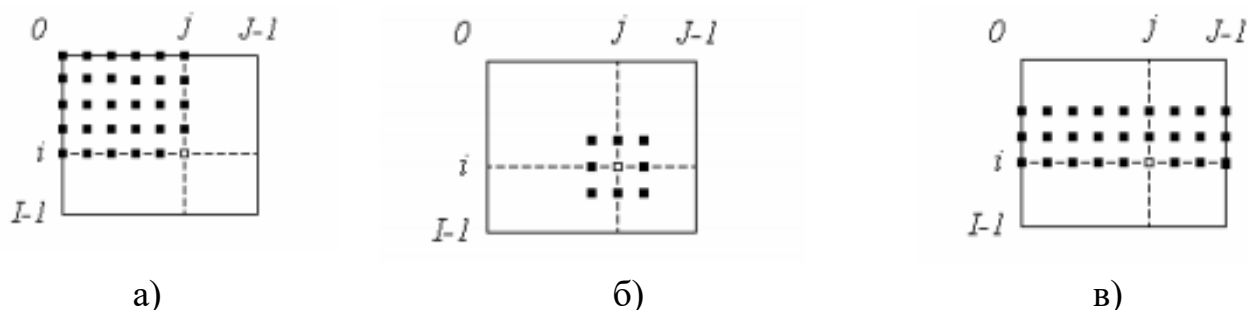
f - функцията описваща взаимодействието на сигнала и смущенията;

I и J - броят на редовете и колоните в изображението.

За начало на декартовата координатна система се взема горният ляв ъгъл на изображението. Околността на точката която се обработва може да бъде няколко типа (фиг.2.1). Според типа имаме: казуална (фиг.2.1а), неказуална (фиг.2.1б) и полуказуална (фиг.2.1в) филтрация.

Типа се определя според взаимното положение на околността и обработваната точка. Смисълът заложен в тази класификация е следният: филтърът не може да оказва влияние на елементите от входното изображение, които не са постъпили към момента на обработка. Това разбира се оказва влияние в динамичните системи, където процесите са зависими от времето. При цифровата обработка на изображения, това не е необходимо защото изображението предварително е съхранено в паметта.

При линейна филтрация обработеното изображение, се определя чрез линейна зависимост от входните данни.



Фиг.1. Пример за различните видове околности.



$a(i_l, j_l)$ - тегловни коефициенти, чиято съвкупност представлява двумерната импулсна характеристика на филтъра. Ако областта S е крайна, то импулсната характеристика е ограничена и филтърът се нарича с крайна импулсна характеристика (КИХ), в противен случай- с безкрайна импулсна характеристика (БИХ). Най-честият критерий, който се използва за оценка на качеството на обработка е минимума на средноквадратичната грешка.. Системата от n_s на брой уравнения се наричат уравнения на Винер-Хопф:

$$\begin{cases} B_{xy}(k, l) = \sum_{i_1, j_1 \in S} a_{i_1, j_1} \cdot B_y(k - i_1, l - j_1), \\ k, l \in S. \end{cases}$$

където $B_{xy}(k, l)$ - корелационна функция;

n_s - брой на точките в околността S .

Ако тази система се реши относно неизвестните $a(i_l, j_l)$, то ще се намери импулсната характеристика на линейният филтър, водеща до минимална средноквадратична грешка от филтрацията.

1.2. Маскова филтрация.

В качеството на маска се използва множество от тегловни коефициенти, дефинирани за дадената околност S , която обикновено е разположена симетрично относно обработваната в момента точка. За целта се прилага квадрат с размери 3×3 . Използват се различни разновидности на маски, като една от най- често използваните е равномерната. На фиг.2а е дадено зашумено изображение при отношение сигнал/шум -5dB. Резултатът от масковата филтрация е даден на фиг.2б, като нивото на относителната грешка е 0.395. Количествено ефективността на дадена обработка се оценява с подобряването на отношението сигнал/шум.

----- www.eufunds.bg -----



а)



б)

Фиг.2. Пример за маскова филтрация при $q^2 = -5\text{dB}$.

1.3. Рекурентна казуална филтрация.

Проблема за борба с шумовете не може да бъде решен напълно с използване на маскови филтри, тъй като там се отчита само влиянието на някаква околност на точката. Ако се увеличи размера на импулсната характеристика на филтъра, това ще доведе до увеличаване на изчислителната сложност.

Идеята тук се заключава в това да се използва двумерен БИХ филтър с такава импулсна характеристика, която да улеснява неговата практическа реализация и едновременно с това да се получи максимална ефективност на филтрацията. Типичен пример за такава филтрация е филтъра на Калман.



а)



б)

Фиг.3. Пример за двумерна рекурентна филтрация

Рекурентният характер на тази филтрация е нейно положително качество. На всеки етап от обработката са необходими 3 умножения и 3 събирания, също така алгоритъмът е универсален и не зависи от отношението сигнал/шум. Тази филтрация изисква три пъти по-малко аритметични операции. Резултатите за същото изображение, но обработено с филтър на Калман за дадени на фиг. 3а, а на фиг. 3б за сравнение е даден резултатът от масковата филтрация. Нивото на относителната грешка тук е 0,29.

Като недостатък на тази филтрация може да се посочи значителната загуба на острота в изображението, което се дължи на така наречените динамични изкривявания (нееднакво предаване на изхода на филтъра на отделните спектрални съставлящи на изображението).

1.4. Филтър на Винер за неказуална филтрация.

Най-добри резултати от филтрацията се постигат при използване на неказуалния принцип, защото при него се използват абсолютно всички данни на изображението при обработката на всяка една точка. Един от най-известните

----- www.eufunds.bg -----

Проект BG05M2OP001-2.016-0003, „Модернизация на Национален военен университет "В. Левски" - гр. Велико Търново и Софийски университет "Св. Климент Охридски" - гр. София, в професионално направление 5.3 Компютърна и комуникационна техника“, финансиран от Оперативна програма „Наука и образование за интелигентен растеж“, съфинансирана от Европейския съюз чрез Европейските структурни и инвестиционни фондове.



варианти на линейна неказуална филтрация на изображения е филтърът на Винер. Технически този филтър се реализира чрез дискретно преобразуване на Фурие в честотната област. На фиг.4 е даден пример за работата на филтъра на Винер при отношение сигнал шум - 5 децибела. Средно квадратичната грешка в този случай е 0,167 и е най-добра от всички разгледани до момента методи за линейна филтрация. За ниското ниво на остатъчните смущения говори и визуалната оценка на резултата. Това се постига със значително голяма разфокусировка на изображението дължаща се отново на динамичните изкривявания. Анализът на ефективността на този метод ще бъде непълна, ако не оценим и неговата изчислителна ефективност. Броят на умноженията за всяка точка от изображението $/256 \times 256/$ е 32, което е по-вече отколкото при останалите методи.



а)



б)

Фиг.4. Пример за филтрация на Винер при $q^2 = -5$ dB

1.5. Беселова филтрация.

www.eufunds.bg

Проект BG05M2OP001-2.016-0003 „Модернизация на Национален военен университет "В. Левски" - гр. Велико Търново и Софийски университет "Св. Климент Охридски" - гр. София, в професионално направление 5.3 Компютърна и комуникационна техника“, финансиран от Оперативна програма „Наука и образование за интелигентен растеж“, съфинансирана от Европейския съюз чрез Европейските структурни и инвестиционни фондове.



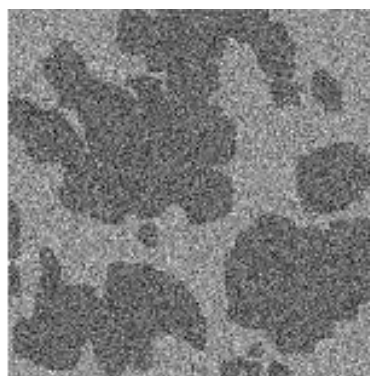
До тук разглеждахме само методи за линейна филтрация. В практиката съществуват и нелинейни процеси. В този случай се използва Беселова филтрация. Нейните недостатъци:

1. Има високи изисквания към обема и характера на данните, които в практиката не винаги могат да бъдат изпълнени.
2. Реализирането на алгоритъма в класическия му вид води до значителни изчислителни трудности. Затова се налага да се използват алгоритми, които да преодоляват това ограничение.

Един от тези методи е така наречената Марковска филтрация. Марковските процеси позволяват да се разработват оптимални процедури за филтрация. Резултати от проверката на този тип филтрация е дадено на фиг.5. На фиг.5а е показано тестовото изображение, на фиг. 5б същото изображение с бял Гаусов шум, фиг.5в илюстрира използването на поелементна прагова обработка, а на фиг.5г, фиг.5д и фиг.5е са показани различни резултати от Марковската филтрация съответно от едномерна казуална, едномерна неказуална и двумерна неказуална филтрация. Вижда се, че качеството при използване на филтрация е значително по-добро. Вероятността за грешка при двумерната обработка достига 0,022, което е почти десет пъти по-малко отколкото при поелементната филтрация.



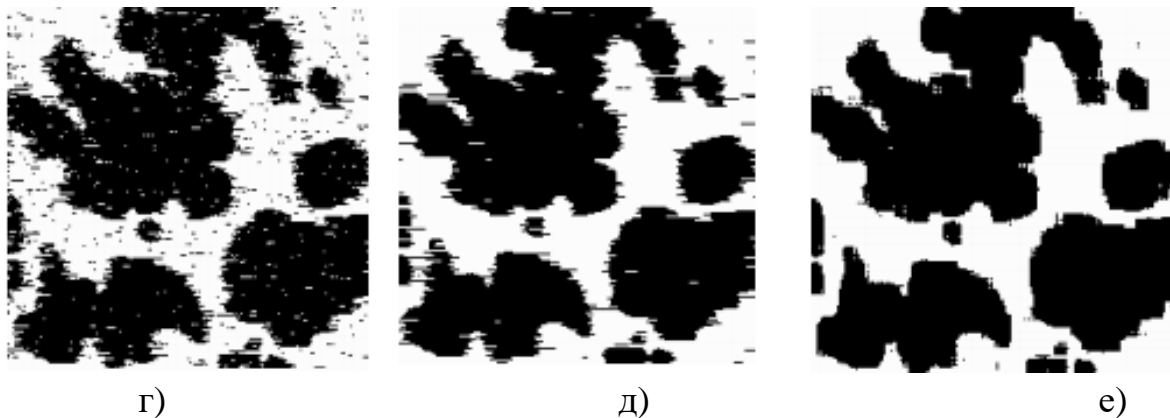
а)



б)



в)



Фиг.5. Двустапна Марковска филтрация на изображение.

1.6. Медианна филтрация

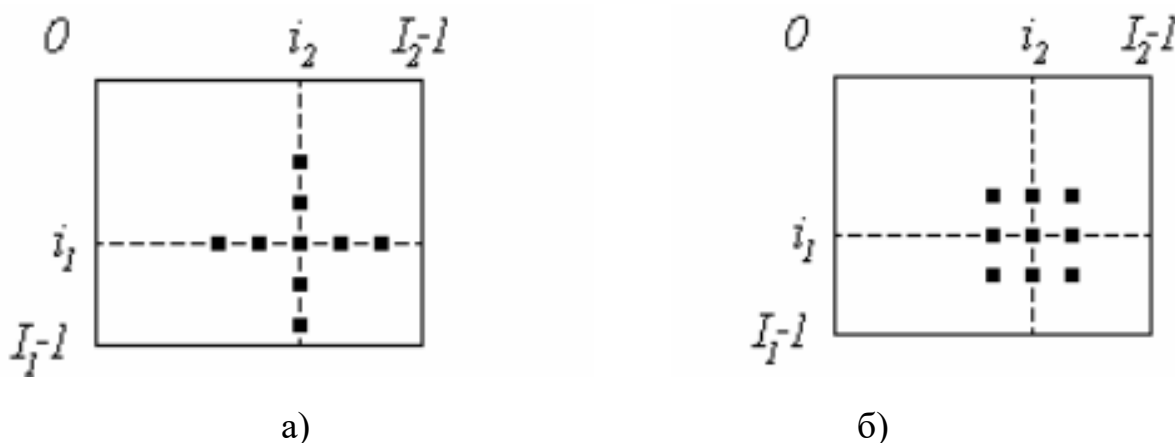
Всички линейни алгоритми за филтрация водят до изглаждане на границите на промяна на яркостта. Това се дължи на факта, че линейните процедури се явяват оптимални при Гаусово разпределение на сигнала и шума. Реалните изображения обаче не се подчиняват на това разпределение на вероятностите. Именно това е причината за лошото предаване на границите при линейната филтрация. Добро решение на този проблем е медианната филтрация разработена от Д. Таки през 1971 год. Трябва да се отбележи, че това е евристичен метод на обработка, чиито алгоритъм не подлежи на строго математическо описание. При използване на медианен филтър се извършва последователна обработка на всяка точка от изображението в резултат на което се образува последователност от оценки В идейно отношение обработката в отделните точки е независима, но на практика при всяка една стъпка се използват по-рано извършените изчисления. При медианната филтрация се използва двумерен прозорец със централна симетрия като центъра е разположен върху текущата точка.

www.eufunds.bg

Проект BG05M2OP001-2.016-0003, „Модернизация на Национален военен университет "В. Левски" - гр. Велико Търново и Софийски университет "Св. Климент Охридски" - гр. София, в професионално направление 5.3 Компютърна и комуникационна техника“, финансиран от Оперативна програма „Наука и образование за интелигентен растеж“, съфинансирана от Европейския съюз чрез Европейските структурни и инвестиционни фондове.



На фиг.6 са показани два примера на най-често използваните прозорци: във вид на кръст и във вид на квадрат. Двумерният характер на прозорците позволява извършването на двумерна филтрация като за извършване на оценката се използват данните както от текущите ред и колона, така и от съседните. Обикновено се използват прозорци с нечетен брой точки.



Фиг. 6. Примерни прозорци за медианна филтрация

Резултатите от експеримента илюстриращ работата на медианният филтър са дадени на фиг.7. Използваме прозорец с квадратна апертура и размер 3×3 . В лявата колона са дадени изображения със смущения, а в дясната резултати от медианната филтрация. На фиг.7а и фиг.7в е показано изображение със импулсни смущения, като процента на изкривявания е съответно 5% и 10%. Резултатите от обработката показват пълно премахване на смущенията в първия случай и значителното им отслабване във втория. На фиг.7д е показано изображение с Гаусов шум при отношение сигнал/шум -5 децибела, а на фиг.7е резултата от неговата медианна филтрация.



ЕВРОПЕЙСКИ СЪЮЗ
ЕВРОПЕЙСКИ
СОЦИАЛЕН ФОНД



ОПЕРАТИВНА ПРОГРАМА
НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ ЗА
ИНТЕЛИГЕНТЕН РАСТЕЖ



а)



б)



в)



г)

www.eufunds.bg

Проект BG05M2OP001-2.016-0003 „Модернизация на Национален военен университет "В. Левски" - гр. Велико Търново и Софийски университет "Св. Климент Охридски" - гр. София, в професионално направление 5.3 Компютърна и комуникационна техника“, финансиран от Оперативна програма „Наука и образование за интелигентен растеж“, съфинансирана от Европейския съюз чрез Европейските структурни и инвестиционни фондове.



ЕВРОПЕЙСКИ СЪЮЗ
ЕВРОПЕЙСКИ
СОЦИАЛЕН ФОНД



ОПЕРАТИВНА ПРОГРАМА
НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ ЗА
ИНТЕЛИГЕНТЕН РАСТЕЖ



д)



е)

Фиг. 7. Пример за медианна филтрация

От описаното дотук най-голяма ефективност притежава двумерния филтър на Винер, а най-малка медианния. За сметка на това, както е видно от фиг.7е медианната филтрация в най-малка степен изглажда границите в изображението.

www.eufunds.bg

Проект BG05M2OP001-2.016-0003 „Модернизация на Национален военен университет "В. Левски" - гр. Велико Търново и Софийски университет "Св. Климент Охридски" - гр. София, в професионално направление 5.3 Компютърна и комуникационна техника“, финансиран от Оперативна програма „Наука и образование за интелигентен растеж“, съфинансирана от Европейския съюз чрез Европейските структурни и инвестиционни фондове.