



3. ЕТАПИ НА ОБРАБОТКА НА ИЗОБРАЖЕНИЯТА ПРИ КОМПЮТЪРНОТО ЗРЕНИЕ

1. Определяне на ръбове и граници за обектите в изображението.

Изменението на яркостта на изображението определя неговото съдържание. Основните фактори, от които зависи яркостта на изображението, са:

- геометрични свойства на обектите;
- коефициентите на отражение на видимите повърхнини;
- осветеност на сцената;
- позиция на наблюдение.

Може да се добави, че от ъгъла на осветеност зависи пораждането на сенките. Обикновено различните повърхнини имат различна ориентация и коефициенти на отражение. На границите между повърхнините се получава изменение на интензитета на отразената светлина. Стойностите на първата или втората производна на функцията на интензитета могат да се използват за определяне на ръбовете и границите на обектите в изображението (фиг.1).

В компютърното зрение, определянето на границите традиционно става чрез конволюция на сигнала с линейен филтър, обикновено отговарящ на първата или втората производна на функцията на интензитета.

3.1.2. Градиентни оператори.

Изображението се съхранява в паметта на компютъра посредством неговото дискретно представяне. Оценката на производните за функцията се извършва посредством числови разлики, изпълнявани по определени схеми, наричани диференциални (градиентни) оператори. Градиента на функцията на изображението I се дава с вектора:

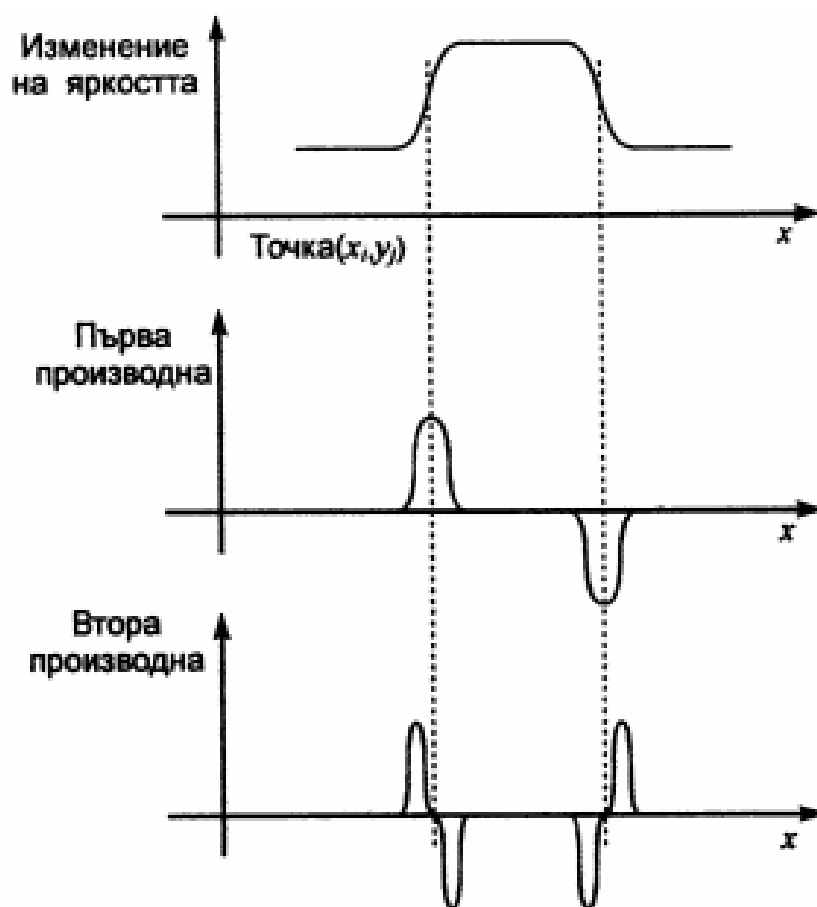
----- www.eufunds.bg -----



$$\nabla I = \begin{bmatrix} \frac{\partial I}{\partial x} \\ \frac{\partial I}{\partial y} \end{bmatrix}$$

Един от тези оператори е предложен от Робертс и носи неговото име. Той има следните конволюционни маски:

$$\begin{bmatrix} 0 & \dots & 1 \\ -1 & \dots & 0 \end{bmatrix} \text{ и } \begin{bmatrix} 1 & \dots & 0 \\ 0 & \dots & -1 \end{bmatrix}$$



Фиг.1. Изменение на яркостта и производните ѝ.

www.eufunds.bg



На фиг.2 е показано действието на диференциалния оператор на Робертс. Показани са получените градиентно и двоично изображение за $v=2$ (където v е праг, чиято стойност се определя от хистограмата на градиентното представяне). Вижда се как се очертават ръбовете на паралелепипед. За получаване на добро контурно изображение е необходима допълнителна обработка на двоичното изображение, например, получаване на ръбовете с единична дебелина. При използването на апертура с размер 2×2 , оценките на градиента се отнасят за апроксимираната междинна точка, а не за пиксела. Използването на апертура с размер 3×3 решава проблема със въвеждането на интерполирана точка, за която се оценява стойността на градиента.

$$\begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

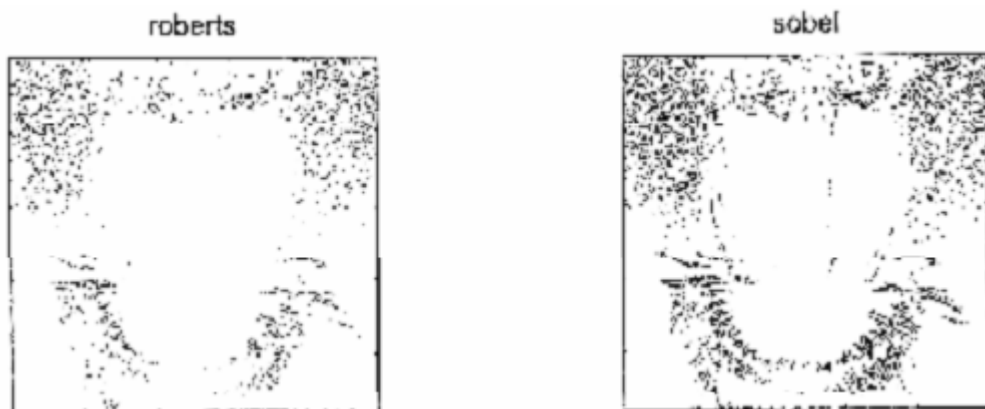
Такъв е операторът на Собел. Той позволява по-точна оценка на градиента от този на Робертс. Ако се анализират диференциалните операторни формули на Собел може да се види, че те представляват скалярно произведение между вектора от стойности на дискретната функция в зададена апертура и стойностите на вектор-маска за същата апертура. Изборът на реални коефициенти затруднява изчислението. В практиката се избира най-близкият цял коефициент.

Обикновено в градиентното изображение се получават широки “хребети”, където има изменение на интензитета в полутоновото изображение. Необходимо е да се идентифицират ръбовете с тези широки хребети. За целта те се изтъняват, т.е. се подтискат не- максимумите. Този процес се състои в следното: сегментите се локализируют в точките на максимум на стойностите на градиента, а не-максималните стойности, перпендикулярни на посоката на



сегмента, се нулират. Независимо от филтрацията, която се извършва предварително, са възможни фалшиви ръбове, породени от шум и текстурата.

За да се редуцират фалшивите ръбове спрямо изтъненото градиентно изображение, се прилагат два прага в съотношение 1:2. Получават се две изображения b_1 и b_2 . Тъй като b_2 е формирано с по-висок праг, то съдържа по-малко фалшиви ръбове, но не може да има разкъсвания на контурите. Ето защо именно те се анализират във b_2 . Когато се достигне крайна точка в контура, алгоритъмът “гледа” b_1 и съседството на точката в рамките на апертура 3×3 за евентуално свързване на контура. Алгоритъмът добавя ръбове от b_1 , докато разкъсването бъде свързано в ръб във b_2 . При използване на филтри с малка лента на пропускане се получават ръбове, показващи детайли в изображението, но са възможни и фалшиви ръбове благодарение на шум и текстурата. При филтри с голяма лента на пропускане са губят ръбове, показващи детайли в изображението, но се редуцират фалшиви ръбове. Трябва да се търси компромис в зависимост от конкретната задача (фиг.3).

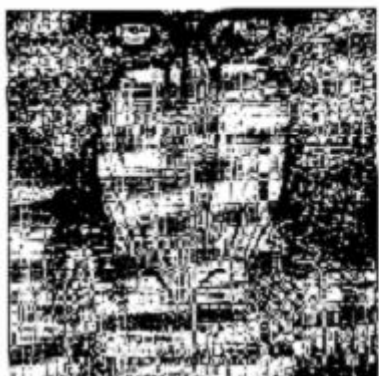




ЕВРОПЕЙСКИ СЪЮЗ
ЕВРОПЕЙСКИ
СОЦИАЛЕН ФОНД



ОПЕРАТИВНА ПРОГРАМА
НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ ЗА
ИНТЕЛИГЕНТЕН РАСТЕЖ



Фиг.3. Резултати от обработката с различни оператори.

На базата на гореизложеното през 1963г. е създаден алгоритъмът на Canny (Jonh) (фиг.4), който се състои от следните етапи:

входното изображение се изглажда с конкретен 2D Гаусов филтър;

изгладеното изображение се диференцира с конкретен оператор;

изтъняват се получените градиентни преходи, като се използва метода за подтискане на не-максимумите. Ръбовете се локализират в точките на максимум на стойностите на градиента, а не-максималните стойности, перпендикулярни на посоката на ръба се нулират;

спрямо полученото изтънено изображение, се прилагат два прага за извличане и свързване на ръбове в контури.

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.



Фиг.4. Резултат от обработката с оператора на Canny.

Методите за получаване на градиентното изображение, използващи втората производна, са чувствителни към шумовете в изображението и ги усилват, тъй като дори много малки локални пикове на първата производна, водят до пресичане на нулата за втората производна.

Втората производна на функцията I се дава с нейният Лапласиан

$$\nabla^2 I = \frac{\partial^2 I}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 I}{\partial y^2}$$

Обикновено преди прилагане на Лапласиан оператора изображението се филтрира с Гаусов филтър за намаляване на шума. Те използват факта на “пресичане на нулата” при втората производна за ефективно търсене на изменението на яркостта на изображението. Този оператор се нарича LoG (Laplacian of the Gaussian):

$$\nabla^2 (G \otimes I) = \nabla^2 G \otimes I$$

Сравнявайки разгледаните до тук градиентни оператори могат да се направят следните изводи:

----- 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.



1. Алгоритмите, използващи апертура 3×3 са по-шумоустойчиви от тези с апертура 2×2 .
2. Операторът на Робертс води до разкъсвания в изображението.
3. Операторът на Собел дава по-добри резултати, в сравнение с подобните на него. Недостатък на този оператор е, че при импулсни шумове в еднородни области, открива фалшиви ръбове.
4. Въведените процедури в алгоритъма на Canny за предварителна Гаусова филтрация, локализация на интензитетните преходи и дострояване на разкъсванията в контурите водят до добри резултати в отделянето на ръбове и граници за обектите в изображението.
5. Методите, реализирани на базата на втора производна (LoG), водят до фалшиви ръбове и граници за обектите поради случайните пресичания на нулата.

Методи чрез анализ на спектъра на входното изображение в областта на пространствената честота.

Границите и ръбовете в изображението водят до получаването на големи стройности на пространствените честоти f_x и f_y след преобразуването на Фурие на функцията на интензитета $f(x,y)$.

Следователно, за отделянето на ръбове и граници, е необходимо да се отделят високочестотните съставлящи от спектъра на входното изображение. Именно те носят информация за границите и ръбовете в изображението. Извършва се обратна трансформация в пространствената област. Получаването на двоичното изображение става чрез използването на конкретен праг. Освен трансформацията на Фурие се използват още трансформации на Уолш, Адамар и др. Споменатите трансформации имат три основни свойства, на които се основава използването им за отделяне на ръбове в изображението:



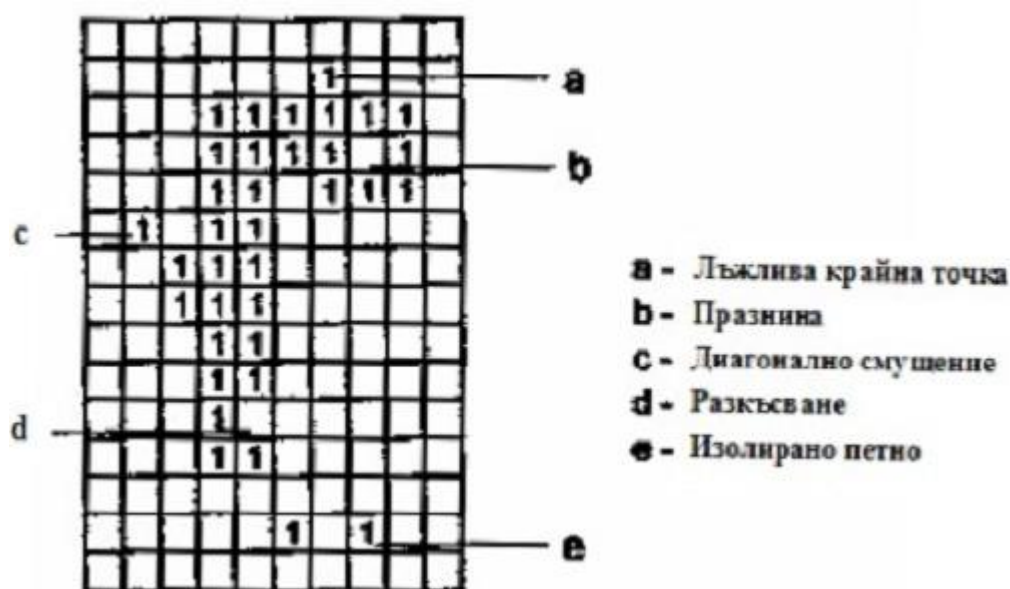
1. Запазване на енергията - енергията на трансформационните коефициенти е равна на енергията на входното изображение.

2. Компресиране на енергията - обикновено по-голяма част от енергията е компресирана в относително малък брой трансформационни коефициенти (10%).

3. Декорелация - корелацията между елементите на монохромните входни изображения обикновено е твърде висока (0.95). Чрез прилагането на трансформациите се достига висока декорелация.

Отделните ръбове и граници в двоичното изображение обикновено имат дебелина повече от 1 пиксел (2-3 пиксела), ако не са възприето някои специални методи за изтъняване (например, алгоритъма на Canny). Необходимо е тази дебелина да се радуцира в единична. Структурата и формата на обектите в изображението се запазва, но се намалява обема на данните. Обектите с единична дебелина са по-удобни за отделяне на топологични признаци, за сегментация и анализ. При изтъняването не трябва да се получават изменение на дължината на линиите и разкъсванията. За изтъняването се използват следните стратегии:

1. Изтриват се граничните елементи, докато се получи линия с единична дебелина;



Фиг. 5. Смущения в двоичното изображение.

Определяне на признаци. сегментация.

Определяне на топологично-особени признаци.

В резултат на предварителната обработка се отделят ръбовете и границите на обектите с единична дебелина. Получава се скелетът на обектите в изображението. Информацията за обектите се съдържа в тяхната структура. Структурата се характеризира от топологично-особените признаци, определящи свързаността на линиите. Признаците и линиите /сегментите/ се отделят и формират в съответни множества, на основата на които се извършва формално описание, анализ и разпознаване на обектите. Двоичното изображение b с размерност $N \times M$ се състои от две групи елементи. Тези, които принадлежат на скелета на изображението и образуват подмножеството b_i и подмножество b_0 от елементи на фона.