

Лабораторна робота № 6
**ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ВИДІЛЕННЯ КОНТУРІВ ОБ'ЄКТІВ НА ЦИФРОВИХ
ВІДЕОЗОБРАЖЕННЯХ**

6.1. Мета роботи

Дослідити методи виділення контурів об'єктів на цифрових відеозображеннях, що є складовою частиною операції по розпізнаванню об'єктів в системах технічного зору (СТЗ) і вимірюванню їх геометричних ознак. Розглянути стандартні функції пакету прикладних програм Image Processing Toolbox по виділенню контурів об'єктів на цифрових відеозображеннях.

6.2. Основні теоретичні відомості

В ході автоматизованої обробки відеозображень досить часто потрібно вимірювати координати окремих точок, визначати відстань між точками і розміри об'єктів, тобто визначати метричні характеристики об'єктів на відеозображеннях.

Головною метричною характеристикою на зображеннях є відстань. Відстань – це дійсна функція $d [(x_i, y_i), (x_j, y_j)]$ координат двох точок (x_i, y_i) і (x_j, y_j) . Відстань має такі властивості:

$$\begin{aligned} d [(x_i, y_i), (x_j, y_j)] &\geq 0; \\ d [(x_i, y_i), (x_j, y_j)] &= d [(x_j, y_j), (x_i, y_i)]; \\ d [(x_i, y_i), (x_j, y_j)] + d [(x_j, y_j), (x_k, y_k)] &\geq d [(x_i, y_i), (x_k, y_k)]. \end{aligned}$$

При автоматизованій обробці відеоінформації в СТЗ необхідно визначити геометричні розміри об'єкта, що досліджується. Цьому відповідає евклідова відстань між двома опорними точками, що належать контуру об'єкта. Евклідова відстань між двома точками визначається за формулою:

$$d = \sqrt{(x_j - x_i)^2 + (y_j - y_i)^2}.$$

Якщо вимірюється відстань по горизонталі ($y_i = y_j$), то початкова формула набуває вигляду

$$d = x_j - x_i.$$

Якщо вимірюється відстань по вертикалі ($x_i = x_j$), то початкова формула набуває вигляду

$$d = y_j - y_i.$$

Для визначення геометричних розмірів об'єкта за цими формулами необхідно знати координати точок зображення, між якими вимірюється відстань. Таким чином необхідно виділити на зображенні потрібний об'єкт і визначити координати точок, що утворюють зовнішній контур цього об'єкту.

Можливі два методи вирішення задачі визначення геометричних розмірів об'єкта на зображенні:

- на основі виділення контурів (контурних ознак зображення) з подальшим переходом до символічного опису зображення;
- на основі сегментації зображення по яскравості і визначення координат контурних точок об'єктів.

Послідовність кроків по обробці зображення для першого методу має приблизно такий вигляд:

1. Виділення контурів на основі застосування до зображення лінійних або нелінійних операторів для збільшення контрастності перепадів яскравості і використання порогового детектору, тобто отримання так званого контурного препаратору зображення.
2. Виконання процедури витончення контурів.

3. Визначення об'єктів на зображенні на основі набору контурів, тобто перехід до символічного опису зображення.

4. Визначення координат окремих точок контуру об'єкта, які необхідні для подальшого розрахунку метричних характеристик об'єкта.

5. Визначення відстані між точками контуру і геометричних розмірів об'єкта.

Послідовність кроків по обробці зображення для другого методу має приблизно такий вигляд:

1. Сегментація зображення по яскравості і визначення області приблизно однакової яскравості, що відповідає потрібному об'єкту.

2. Визначення координат окремих точок контуру об'єкта, які необхідні для подальшого розрахунку метричних характеристик об'єкта.

3. Визначення евклідової відстані між точками контуру і геометричних розмірів об'єкту.

Порівнюючи перший та другий методи вирішення цієї задачі, можна зробити висновок про те, що перший метод більш складний і потребує більшого об'єму обчислень. Але перший метод забезпечує більш якісну і надійну обробку складних зображень, які:

- містять багато об'єктів складної форми;

- мають недостатню якість, обумовлену об'єктивними обставинами, наприклад, низький контраст об'єктів і фону через недостатнє освітлення або значний рівень шумів.

Розглянемо оператори, що використовуються для виділення контурів на відеозображенняні.

Для виділення контурів використовується теорема про згортку, тобто виконується згортка початкового відеозображення з характеристикою фільтра в часовій області. Така операція подібна операції видалення шумів з відеозображення, але в даному випадку використовуються маски різних фільтрів верхніх частот.

Фільтр Лапласа – це фільтр верхніх частот, що використовується для виділення контурів об'єктів, розташованих в усіх напрямках. Маска фільтра

$$\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \approx h = \frac{4}{a+1} \begin{bmatrix} \frac{a}{4} & \frac{1-a}{4} & \frac{a}{4} \\ \frac{1-a}{4} & -1 & \frac{1-a}{4} \\ \frac{a}{4} & \frac{1-a}{4} & \frac{a}{4} \end{bmatrix}$$

де a – параметр фільтра, що може приймати значення в діапазоні $0 \dots 1$.

Фільтр Лапласа-Гаусса – це комбінований фільтр верхніх частот, що містить послідовно включені фільтри Лапласа і Гаусса. Такий фільтр виділяє більш різкі перепади яскравості, ніж фільтр Лапласа. Маска фільтра:

$$h(i, j) = \frac{(i^2 + j^2 - 2\sigma^2) \cdot h_g(i, j)}{2\pi\sigma^2 \cdot \sum_{r=-(m-1)/2}^{(m-1)/2} \sum_{c=-(n-1)/2}^{(n-1)/2} h_g(r, c)}$$

де i, j – поточні координати елементів маски,

$h_g(i, j) = \exp\left\{-(i^2 + j^2)/(2\sigma^2)\right\}$ – визначає двовимірний розподіл Гаусса,

m, n – розміри маски фільтра,

σ – середньоквадратичне відхилення розподілу.

Оператор Собеля використовується для виділення горизонтальних контурів об'єктів за допомогою маски

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

Для виділення вертикальних контурів потрібно транспонувати дану маску.

Оператор Превіта використовується для виділення горизонтальних контурів об'єктів за допомогою маски

$$h = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

Для виділення вертикальних контурів потрібно транспонувати дану маску.

Розглянемо більш детально процес сегментації зображення по яскравості.

Сегментація зображення – розподіл зображення на області по признаку подібності властивостей їх точок. Найбільш часто сегментацію проводять по яскравості на основі порогового значення яскравості. Пороговий розподіл напівтонового зображення на області по признаку їх яскравості також має назву бінарізації зображення.

Результат порогового розподілу – бінарне зображення:

$$Y(x, y) = \begin{cases} Y_{ob} & , Y(x, y) > Y_n \\ Y_\phi & , Y(x, y) \leq Y_n \end{cases}$$

Таким чином, важлива задача при сегментації зображення – це вибір порогового значення яскравості, що розділяє зображення на об'єкт і фон.

Відомо багато різних емпіричних і аналітичних підходів до визначення порогу яскравості, вибір яких залежить від властивостей конкретного типу зображень, потрібної точності і швидкості обробки. Існують методи глобального і локального порогового розподілу зображень.

При аналітичному підході порогове обмеження формується автоматично в процесі обробки зображення на основі одного з таких методів:

- побудова гістограми розподілу яскравості точок зображення;
- визначення максимального значення яскравості зображення;
- обчислення середнього значення яскравості у вікні;
- кореляційного аналізу зображення, тощо.

У методах, основаних на побудові гістограм, виконується розподіл двох основних піків яскравості на гістограмі. Ці піки відповідають яскравості об'єкта і фону на зображені. Гістограму можна побудувати для всієї множини точок зображення, але більш доцільно використовувати тільки скорочену множину точок, що утворюють перепад яскравості (тобто контур об'єкта) і безпосередньо прилягають до нього. Для аналітичного визначення скороченої множини точок застосовується оператор Лапласа

$$\nabla^2 Y(x, y) = \frac{\partial^2 Y(x, y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 Y(x, y)}{\partial y^2}$$

або інші оператори, які використовуються при виділення контурів.

Гістограма будується по скороченій множині точок, для яких значення оператора Лапласа більше за деяке порогове значення. Це і є множина точок, що належать початку і закінченню перепаду яскравості. По гістограмі визначаються середні значення яскравості об'єкта і фону, а на їх основі – поріг яскравості.

Зауважимо, що більшість процедур визначення порогу яскравості орієнтовані на високу вірогідність безпомилкового виявлення об'єкта і низьку вірогідність помилкового виявлення об'єкта на зображенні, що має деякий рівень шуму.

Для подальшої обробки результатів сегментації по яскравості і обчислення похибок визначення геометричних розмірів об'єктів на зображені використовується апроксимація перепаду яскравості ступеневою і лінійною функціями (рис. 6.1). Контур об'єкта має координату x_k , для якої $Y(x_k) = Y_n$.

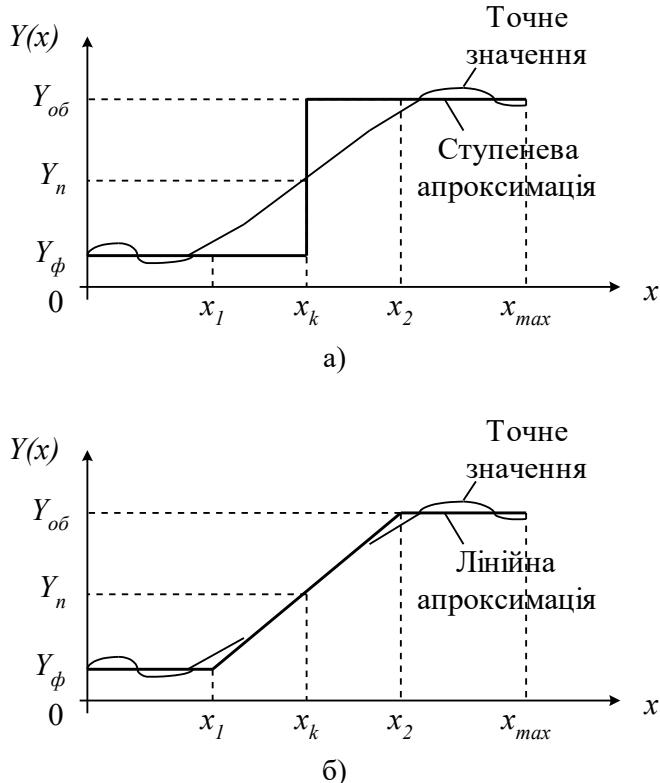


Рисунок 6.1 – Одновимірний перепад яскравості в рядку відеозображення:

а) ступенева апроксимація; б) лінійна апроксимація

Така апроксимація, яка і будь-яка інша, призводить до відтворення перепаду яскравості з деякою похибкою. Похибка апроксимації у більшості випадків оцінюється за допомогою середньоквадратичного критерію:

$$\Delta_{anp} = \int_{x_1}^{x_2} (Y_{anp}(x) - Y(x))^2 dx,$$

де $Y_{anp}(x)$ – значення яскравості в результаті апроксимації.

Однак, для точки з координатою x_k , що є контуром об'єкта, точне і апроксимоване значення яскравості співпадають, тобто $Y(x_k) = Y_{anp}(x_k) = Y_n$. Можна зробити висновок про те, що така апроксимація не вносить додаткової похибки в значення координати контура об'єкта, визначеного на основі сегментації зображення по пороговому значенню яскравості.

Представлення перепаду яскравості у вигляді ступеневої і лінійної функції використовується в якості математичної моделі сигналу яскравості в рядку відеозображення при розрахунку похибок визначення координат точок і розмірів об'єктів.

Функції пакету прикладних програм Image Processing Toolbox, які необхідно використовувати в лабораторній роботі:

edge – виділення контурів об'єктів на відеозображення.

6.3. Підготовка до роботи

Розглянути основні методи виділення контурів об'єктів на цифрових відеозображеннях, що є складовою частиною операцій по розпізнаванню об'єктів в СТЗ і вимірюванню їх геометричних ознак (розділ 6.1 даного методичного посібника). Вивчити стандартні функції пакету прикладних програм Image Processing Toolbox по виділенню контурів на цифрових відеозображеннях.

Виконати попередній аналіз початкових даних індивідуального завдання (табл. 6.1) і розробити програму для виконання цього завдання. Приклад програми наведено у додатку.

Таблиця 6.1

Варіант	Тип шуму на відеозображені	Дисперсія або щільність шуму	Метод виділення контурів
1	“білий” шум з норм. розподілом	0,01	Собеля
2	чорні і білі точки	0,2	Превіта
3	мультиплікативний шум	0,01	Робертса
4	“білий” шум з норм. розподілом	0,015	Лапласа
5	чорні і білі точки	0,1	Канні
6	мультиплікативний шум	0,03	Собеля
7	“білий” шум з норм. розподілом	0,025	Превіта
8	чорні і білі точки	0,25	Робертса
9	мультиплікативний шум	0,015	Лапласа
10	“білий” шум з норм. розподілом	0,01	Канні
11	чорні і білі точки	0,3	Собеля
12	мультиплікативний шум	0,02	Превіта
13	“білий” шум з норм. розподілом	0,01	Робертса
14	чорні і білі точки	0,1	Лапласа
15	мультиплікативний шум	0,03	Канні
16	“білий” шум з норм. розподілом	0,01	Собеля
17	чорні і білі точки	0,2	Превіта
18	мультиплікативний шум	0,02	Робертса
19	“білий” шум з норм. розподілом	0,02	Лапласа
20	чорні і білі точки	0,2	Канні
21	мультиплікативний шум	0,02	Собеля
22	“білий” шум з норм. розподілом	0,01	Превіта
23	чорні і білі точки	0,3	Робертса
24	мультиплікативний шум	0,03	Лапласа
25	“білий” шум з норм. розподілом	0,02	Канні
26	чорні і білі точки	0,2	Собеля
27	мультиплікативний шум	0,03	Превіта
28	“білий” шум з норм. розподілом	0,02	Робертса
29	чорні і білі точки	0,1	Лапласа
30	мультиплікативний шум	0,01	Канні

6.4. Виконання роботи

1. Завантажити в оперативну пам'ять початкове відеозображення, задане викладачем.
2. Виконати операцію виділення контурів на початковому відеозображені. Метод виділення контурів і його параметри повинні відповідати даним табл. 6.1.
3. Додати до початкового відеозображення шум, тип і чисельні характеристики якого відповідають даним табл. 6.1.
4. Повторити п.2 для відеозображення з шумом.

5. Виконати фільтрацію відеозображення на основі усереднюючого або медіанного фільтра. Тип фільтра і його параметри повинен відповісти властивостям шуму на конкретному відеозображені.
6. Повторити п.2 для відеозображення, відновленого шляхом фільтрації шумів.
7. Порівняти результати п.п. 2, 4 і 6. Зробити висновки.

6.5. Зміст звіту

1. Найменування і мета роботи.
2. Стислий опис основних методів виділення контурів на цифрових відеозображеннях.
3. Програма для виконання дій з цифровими відеозображеннями, що вказані в розділі 6.4 “Виконання роботи”.
4. Результати досліджень на основі використання вказаної програми, відповідно до порядку виконання роботи.
5. Висновки по роботі.

6.6. Контрольні запитання

1. Як на цифровому відеозображені визначаються координати точок об'єктів?
2. Як на цифровому відеозображені визначається відстань і інші геометричні ознаки об'єктів?
3. Для чого на цифровому відеозображені виконується операція виділення контурів, які методи для цього існують?
4. Що таке оператори Собеля і Превита?
5. Чому перед виділенням контурів необхідно виконувати фільтрацію шумів на відеозображені?
6. Які стандартні функції для виділення контурів на відеозображеннях існують в пакеті прикладних програм MatLab/Image Processing Toolbox?
7. Що таке сегментація відеозображення?
8. Назвіть методи визначення порогового значення яскравості?

Додаток 1

Приклад програми для дослідження методів виділення контурів об'єктів на цифрових відеозображеннях

```
% ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №6
% МЕТОДИ ВІДІЛЕННЯ КОНТУРІВ ОБ'ЄКТІВ НА ЦИФРОВИХ
% ВІДЕОЗОБРАЖЕННЯХ В ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМАХ
ImageName='e:\coz\lrl\saturn.tif'; % ІМ'Я ФАЙЛА ЗОВРАЖЕННЯ
% ВИБІР МЕТОДУ ВІДІЛЕННЯ КОНТУРІВ
%Type='sobel'; % МЕТОД СОБЕЛЯ
% ПАРАМЕТРИ МЕТОДУ
%Thresh=0.05; % ПОРІГ ДЛЯ ВІЗНАЧЕННЯ КОНТУРА
%Direction='both'; % НАПРЯМОК РОЗТАШУВАННЯ КОНТУРІВ
% 'horizontal' - ГОРИЗОНТАЛЬНИЙ
% 'vertical' - ВЕРТИКАЛЬНИЙ
% 'both' - В ОБОХ НАПРЯМКАХ

Type='prewitt'; % МЕТОД ПРЕВІТА
% % ПАРАМЕТРИ МЕТОДУ
Thresh=0.05; % ПОРІГ ДЛЯ ВІЗНАЧЕННЯ КОНТУРА
Direction='both'; % НАПРЯМОК РОЗТАШУВАННЯ КОНТУРІВ
% % 'horizontal' - ГОРИЗОНТАЛЬНИЙ
% % 'vertical' - ВЕРТИКАЛЬНИЙ
% % 'both' - В ОБОХ НАПРЯМКАХ
%
% Type='roberts'; % МЕТОД РОБЕРТСА
% % ПАРАМЕТРИ МЕТОДУ
% Thresh=0.05; % ПОРІГ ДЛЯ ВІЗНАЧЕННЯ КОНТУРА
```

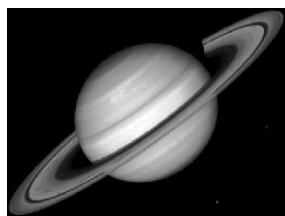
```

% Direction='both'; % НАПРЯМОК РОЗТАШУВАННЯ КОНТУРІВ
% % 'horizontal' - ГОРИЗОНТАЛЬНИЙ
% % 'vertical' - ВЕРТИКАЛЬНИЙ
% % 'both' - В ОБОХ НАПРЯМКАХ
%
% Type='log'; % МЕТОД ЛАПЛАСИАНА КРИВОЇ ГАУССА
% % ПАРАМЕТРИ МЕТОДУ
% Thresh=0.005; % ПОРІГ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ КОНТУРА
% Direction='both'; % НАПРЯМОК РОЗТАШУВАННЯ КОНТУРІВ
% % 'horizontal' - ГОРИЗОНТАЛЬНИЙ
% % 'vertical' - ВЕРТИКАЛЬНИЙ
% % 'both' - В ОБОХ НАПРЯМКАХ
%
% Type='canny'; % МЕТОД КАННИ
% % ПАРАМЕТРИ МЕТОДУ
% Thresh=0.05; % ПОРІГ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ КОНТУРА
% Direction='both'; % НАПРЯМОК РОЗТАШУВАННЯ КОНТУРІВ
% % 'horizontal' - ГОРИЗОНТАЛЬНИЙ
% % 'vertical' - ВЕРТИКАЛЬНИЙ
% % 'both' - В ОБОХ НАПРЯМКАХ
% ЗАВАНТАЖЕННЯ ПОЧАТКОВОГО ЗОВРАЖЕННЯ
OrigImage=imread(imageName);
if ndims(OrigImage)==3
    OrigImage=rgb2gray(OrigImage);
end
% ДОДАВАННЯ ШУМУ ДО ЗОВРАЖЕННЯ
NoiseImage = imnoise(OrigImage,'salt & pepper',0.2);
% ФІЛЬТРАЦІЯ ЗОВРАЖЕННЯ
% УСЕРЕДНЮЮЧИЙ ФІЛЬТР З КВАДРАТНОЮ МАСКОЮ Hsize x Hsize ТОЧОК
Tfilter='average'; % ТИП ФІЛЬТРА
Hsize=5; % РОЗМІР КВАДРАТНОЇ МАСКИ ФІЛЬТРА
Filter=fspecial(Tfilter,Hsize); % СТВОРЕННЯ МАСКИ ФІЛЬТРА
RestoreImage=imfilter(NoiseImage, Filter);
% ВІДІЛЕННЯ КОНТУРІВ
% ВИКОРИСТАННЯ ЗАДАНИХ ПАРАМЕТРІВ
BW1=edge(OrigImage,Type,Thresh,Direction);
BW2=edge(NoiseImage,Type,Thresh,Direction);
BW3=edge(RestoreImage,Type,Thresh,Direction);
% АВТОМАТИЧНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ПОРОГУ
% [BW1,Tresh1]=edge(OrigImage,Type);
% [BW2,Tresh2]=edge(NoiseImage,Type);
% [BW3,Tresh3]=edge(RestoreImage,Type);
CountEdge1=nnz(double(BW1));
CountEdge2=nnz(double(BW2));
CountEdge3=nnz(double(BW3));
% ВИВЕДЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ
fprintf('\nМЕТОДИ ВІДІЛЕННЯ КОНТУРІВ ОВ''ЄКТІВ НА ВІДЕОЗОВРАЖЕННЯХ\n');
fprintf('ЗАГАЛЬНА ДОВЖИНА КОНТУРІВ НА ПОЧАТКОВОМУ ЗОВРАЖЕННІ %7.0f ДИСКРЕТНИХ
ТОЧОК\n', CountEdge1);
fprintf('ЗАГАЛЬНА ДОВЖИНА КОНТУРІВ НА ЗОВРАЖЕННІ З ШУМОМ %7.0f ДИСКРЕТНИХ
ТОЧОК\n', CountEdge2);
fprintf('ЗАГАЛЬНА ДОВЖИНА КОНТУРІВ НА ВІДНОВЛЕНому ЗОВРАЖЕННІ %7.0f ДИСКРЕТНИХ
ТОЧОК\n', CountEdge3);
subplot(3,2,1); imshow(OrigImage);
title('ПОЧАТКОВЕ ЗОВРАЖЕННЯ');
subplot(3,2,2); imshow(BW1);
title('КОНТУРИ НА ПОЧАТК. ЗОВР.');
subplot(3,2,3); imshow(NoiseImage);
title('ЗОВРАЖЕННЯ З ШУМОМ');
subplot(3,2,4); imshow(BW2);
title('КОНТУРИ НА ЗОВР. З ШУМОМ');
subplot(3,2,5); imshow(RestoreImage);
title('ВІДНОВЛЕНЕ ЗОВРАЖЕННЯ');
subplot(3,2,6); imshow(BW3);
title('КОНТУРИ НА ВІДНОВЛЕНому ЗОВР. ');

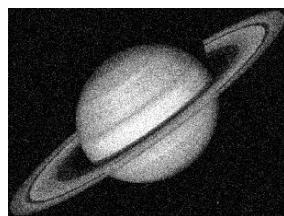
```

Результати роботи програми

ПОЧАТКОВЕ ЗОБРАЖЕННЯ



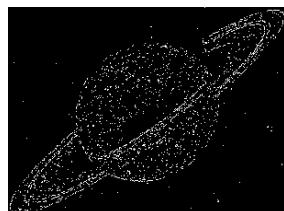
ЗОБРАЖЕННЯ З ШУМОМ



КОНТУРИ НА ПОЧАТК. ЗОБР.



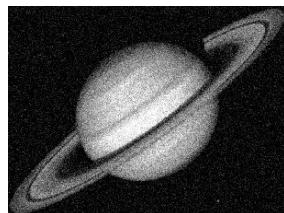
КОНТУРИ НА ЗОБР. З ШУМОМ



ПОЧАТКОВЕ ЗОБРАЖЕННЯ



ЗОБРАЖЕННЯ З ШУМОМ



КОНТУРИ НА ПОЧАТК. ЗОБР.



КОНТУРИ НА ЗОБР. ПІСЛЯ ФІЛЬТРАЦІЇ

