

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT
THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH**

-----**-----
*

TS. NGUYỄN THANH HẢI

**GIÁO TRÌNH
XỬ LÝ ẢNH**

(Ngành Điện - Điện Tử)

**NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC QUỐC GIA
THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH – 2014**

Chương 6

PHÂN ĐOẠN VÀ TÁCH BIÊN

Sự thay đổi hay tính không liên tục trong biên độ của ảnh thường cho biết những đặc trưng quan trọng của một ảnh vì nó cung cấp thông tin về vật thể có trong ảnh. Tính không liên tục cục bộ trong một ảnh từ độ chói này sang độ chói khác được gọi là biên. Tính không liên tục toàn cục được gọi là đoạn đường bao. Chương này sẽ trình bày các kỹ thuật dùng để phát hiện biên và phân đoạn.

6.1. PHÂN ĐOẠN

Phân đoạn ảnh là công việc phân chia hay tách ảnh thành các vùng có thuộc tính giống nhau. Thuộc tính cơ bản nhất để phân đoạn là độ chói đối với ảnh đơn sắc và các thành phần màu đối với ảnh màu. Biên ảnh và kết cấu ảnh cũng là các thuộc tính quan trọng để phân đoạn.

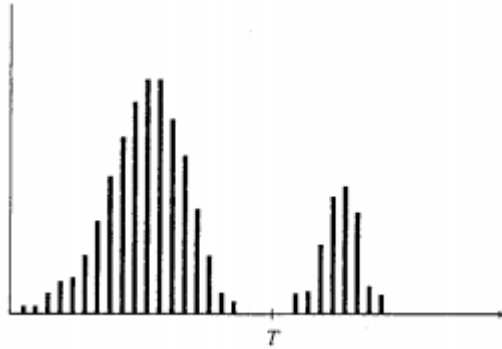
6.1.1. Phương pháp phân đoạn biên độ chói

Phần này trình bày các phương pháp phân đoạn ảnh dựa trên ngưỡng của độ chói hay thành phần màu trong ảnh.

Giả sử một ảnh $f(x, y)$ có lược đồ xám như trong hình 6.1. Ảnh này gồm vật thể sáng trên nền tối vì thể vật thể và nền có độ chói của các điểm ảnh được chia thành hai nhóm. Một trong những cách để trích vật ra khỏi nền là chọn một ngưỡng T để chia hai nhóm này ra. Như vậy bất kỳ điểm (x, y) sao cho $f(x, y) \geq T$ được gọi là điểm vật thể ngược lại điểm ảnh được gọi là điểm nền. Nói cách khác, một ảnh đã phân ngưỡng $g(x, y)$ được định nghĩa

$$g(x, y) = \begin{cases} 1; & f(x, y) \geq T \\ 0; & f(x, y) < T \end{cases} \quad (6.1)$$

Các điểm ảnh được đánh nhãn 1 tương ứng với vật thể trong khi đó nhãn 0 tương ứng với nền. Khi T là hằng số, phương pháp này gọi là đặt ngưỡng toàn cục.



Hình 6.1. *Lược đồ xám của một ảnh có sự tách biệt về mức xám ở ngưỡng T*

Một trong những cách để chọn ngưỡng là dựa trên việc quan sát lược đồ xám. Lược đồ xám trong hình 6.1 có hai vùng rõ ràng vì thế T có thể được chọn một cách dễ dàng để tách chúng. Một phương pháp khác là chọn thử T và dùng phương pháp thử-sai, bằng cách chọn các giá trị ngưỡng khác nhau cho đến khi đạt được kết quả tốt nhất từ người quan sát. Để chọn ngưỡng một cách tự động, Gonzalez và Woods đã giới thiệu giải thuật sau

Bảng 6.1. *Các bước thực hiện chọn ngưỡng tự động*

1. Chọn một giá trị khởi tạo cho T (giá trị khởi tạo thường được chọn là trung bình của độ chói lớn nhất và nhỏ nhất trong ảnh).
2. Phân đoạn ảnh dùng ngưỡng T này. Điều này sẽ tạo ra hai nhóm điểm ảnh: G_1 chứa tất cả điểm ảnh có độ chói $\geq T$ và G_2 chứa các điểm ảnh có độ chói $< T$.
3. Tính độ chói trung bình μ_1 và μ_2 cho các điểm ảnh trong vùng G_1 và G_2 .

4. Tính ngưỡng mới

$$T = \frac{1}{2}(\mu_1 + \mu_2)$$

5. Lặp lại từ bước 2 đến bước 4 cho đến khi sự sai biệt T nhỏ hơn một giá trị đã định trước T_0 .

Hộp công cụ trong MATLAB cung cấp hàm tính ngưỡng dùng phương pháp Otsu. Hàm mật độ xác suất của lược đồ xám chuẩn hóa được cho bởi

$$p_r(r_q) = \frac{n_q}{n} \quad q = 0, 1, 2, \dots, L-1 \quad (6.2)$$

Trong đó n là tổng số lượng điểm ảnh trong ảnh, n_q là số lượng điểm ảnh có độ chói r_q và L là tổng số mức độ chói có thể có trong ảnh. Giả sử một ngưỡng k được chọn sao cho C_0 là tập các điểm ảnh với mức $[0, 1, \dots, k-1]$ và C_1 là tập các điểm ảnh có độ chói $[k, k+1, \dots, L-1]$. Phương pháp Otsu tìm ngưỡng k sao cho cực đại hóa phương sai giữa hai lớp và được định nghĩa

$$\sigma_B^2 = \omega_0(\mu_0 - \mu_T)^2 + \omega_1(\mu_1 - \mu_T)^2 \quad (6.3)$$

Trong đó

$$\omega_0 = \sum_{q=0}^{k-1} p_q(r_q) \quad (6.3a)$$

$$\omega_1 = \sum_{q=k}^{L-1} p_q(r_q) \quad (6.3b)$$

$$\mu_0 = \sum_{q=0}^{k-1} qp_q(r_q) / \omega_0 \quad (6.3c)$$

$$\mu_1 = \sum_{q=k}^{L-1} qp_q(r_q) / \omega_1 \quad (6.3d)$$

$$\mu_T = \sum_{q=0}^{L-1} qp_q(r_q) \quad (6.3e)$$

Hàm graythresh thực hiện tìm ngưỡng này.

$$T = \text{graythresh}(f)$$

Ví dụ 6.1: Thực hiện phân đoạn với việc chọn ngưỡng từ phương pháp Otsu, ta được kết quả như trong hình 6.2.

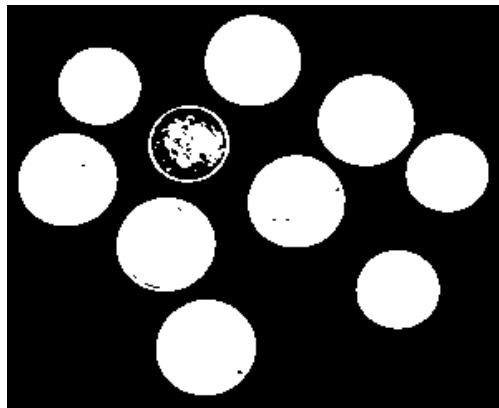
```
I=imread('cameraman.tif')
figure;
imshow(I)
t=255*graythresh(I);
f=I>=t;
figure;
imshow(f)
```



Hình 6.2. Kết quả phân đoạn dựa trên ngưỡng toàn cục

Ví dụ 6.2: Thực hiện phân đoạn cho ảnh ‘coins.png’ và chuyển sang ảnh nhị phân.

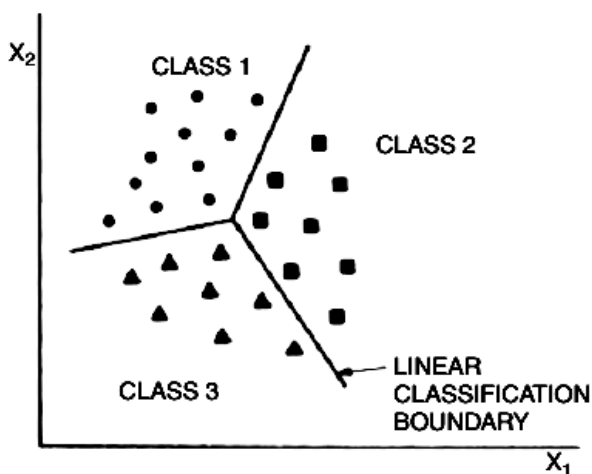
```
I = imread('coins.png');
level = graythresh(I);
BW = im2bw(I,level);
figure, imshow(BW)
```



Hình 6.3. Phân đoạn dùng hàm graythresh kết hợp nhị phân ảnh.

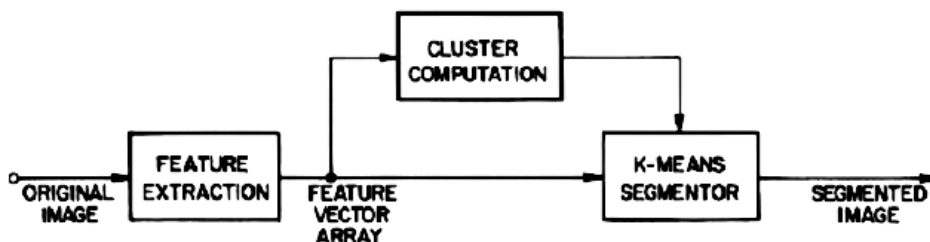
6.1.2. Phương pháp phân đoạn nhóm

Giả sử một vector $\mathbf{x} = [x_1, x_2, \dots, x_N]^T$ là giá trị đo được tại điểm ảnh tọa độ (j, k) . Giá trị đo được có thể là giá trị phổ, thành phần màu hay các đặc trưng của điểm ảnh lân cận. Nếu các giá trị đo được từ các điểm ảnh khác nhau có điểm tương đồng thì ta có thể thực hiện phân đoạn. Điều này tức là việc phân đoạn trở thành việc chia không gian N chiều thành các không gian rời rạc, mỗi không gian này bao lấy một nhóm cần phân đoạn. Hình 6.4 miêu tả khái niệm cho 3 đặc trưng.



Hình 6.4. Phân chia đặc trưng

Coleman và Andrews đã phát triển một giải thuật phân đoạn nhóm tin cậy. Hình 6.5 trình bày sơ đồ miêu tả thuật toán này theo dạng đơn giản để phân đoạn ảnh đơn. Bước đầu tiên của giải thuật là tính toán đặc trưng. Bước tiếp theo là phân nhóm.



Hình 6.5. Sơ đồ phân đoạn theo nhóm

Giải thuật phân nhóm bắt đầu bằng việc thiết lập hai trung tâm nhóm tạm thời. Tất cả các vector đặc trưng của một ảnh được gán vào trung tâm nhóm gần nhất. Tiếp theo, số lượng các trung tâm nhóm tăng lên (mỗi lần tăng 1 trung tâm nhóm), và một hệ số phẩm chất β được tính tại mỗi vòng lặp cho đến khi β đạt giá trị lớn nhất. Điều này thiết lập nên số nhóm tối ưu. Khi số nhóm tăng lên 1, trung tâm nhóm mới trở thành vector đặc trưng xa nhất tính từ trung tâm nhóm lân cận của nó. Hệ số β được định nghĩa

$$\beta = \text{tr}\{S_W\} \text{tr}\{S_B\} \quad (6.4)$$

Trong đó S_W và S_B là ma trận tán xạ trong và giữa nhóm. Và $\text{tr}\{\}$ là vết của ma trận. Ma trận tán xạ trong được tính

$$\mathbf{S}_W = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \frac{1}{M_k} \sum_{\mathbf{x}_i \in S_k} (\mathbf{x}_i - \mathbf{u}_k)(\mathbf{x}_i - \mathbf{u}_k)^T \quad (6.5)$$

Trong đó K là số nhóm, M_k là số lượng phần tử vector trong nhóm thứ k , \mathbf{x}_i là phần tử vector trong nhóm thứ k , \mathbf{u}_k là trung bình của nhóm thứ k , và S_k là tập các phần tử trong nhóm thứ k . ma trận tán xạ giữa được định nghĩa

$$\mathbf{S}_B = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K (\mathbf{u}_k - \mathbf{u}_0)(\mathbf{u}_k - \mathbf{u}_0)^T \quad (6.6)$$

Trong đó \mathbf{u}_0 là trung bình của tất cả vector đặc trưng

$$\mathbf{u}_0 = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \mathbf{x}_i \quad (6.7)$$

Trong đó M là số lượng điểm ảnh cần được nhóm.

6.1.3 Phương pháp phân đoạn vùng

Các phần trước đã trình bày việc phân đoạn dựa vào ngưỡng dựa trên sự phân bố về tính chất của điểm ảnh chẳng hạn như độ chói. Trong phần này, kỹ thuật phân đoạn dựa trên việc tìm vùng một cách trực tiếp.

6.1.3.1. Công thức cơ bản

Đặt R đại diện cho vùng ảnh hiện tại. Ta có thể thấy việc phân đoạn ảnh là một quá trình chia R thành n vùng nhỏ, R_1, R_2, \dots, R_n

Bảng 6.2. Các tiền đề trong phân vùng

- | |
|---|
| <p>a) $R = \bigcup_{i=1}^n R_i$</p> <p>b) R_i là một vùng kết nối; $i=1, 2, \dots, n$.</p> <p>c) $R_i \cap R_j = \emptyset$ với mọi i và j sao cho $i \neq j$</p> <p>d) $P(R_i) = TRUE$ với $i=1, 2, \dots, n$.</p> <p>e) $P(R_i \cup R_j) = FALSE$ cho bất kỳ vùng liền kề R_i và R_j.</p> |
|---|

Ở đây, $P(R_i)$ là tiền đề logic định nghĩa trên các điểm trong tập R_i . Điều kiện a) cho biết việc phân đoạn phải được hoàn tất, đó là các điểm ảnh phải ở trong một vùng. Điều kiện thứ 2 yêu cầu các điểm trong một vùng có tính kết nối dựa trên một số tiền đề. Điều kiện c) cho biết tính không kết nối giữa các vùng. Điều kiện d) liên quan đến tính chất phải

được thỏa mãn trong vùng phân đoạn, tức là $P(R_i) = TRUE$ nếu tất cả điểm ảnh trong R_i có cùng mức xám. Cuối cùng, điều kiện e) cho biết các vùng liền kề là khác nhau theo tiền đề P .

6.1.3.2. Phân đoạn phát triển vùng

Phân đoạn dựa trên việc phát triển vùng là quá trình nhóm các điểm ảnh hay các nhóm phụ thành một vùng rộng hơn dựa trên các tiêu chuẩn đã định nghĩa trước. Việc phân đoạn được bắt đầu từ các điểm tìm kiếm và từ các điểm này các vùng được phát triển bằng cách thêm vào các điểm có tính chất tương đồng. Việc lựa chọn tiêu chuẩn tương đồng còn phụ thuộc vào định dạng dữ liệu của ảnh. Vấn đề khác trong phương pháp phát triển vùng là điều kiện để giải thuật ngừng lại. Một cách cơ bản, vùng sẽ ngừng phát triển khi không còn điểm ảnh nào thỏa tiêu chuẩn để thêm vào vùng.

Nguyên lý của phân đoạn vùng được thực thi dựa trên hàm `regiongrow` với cú pháp

$$[g, NR, SI, TI] = \text{regiongrow}(f, S, T)$$

Trong đó f là ảnh cần phân đoạn, thông số S có thể là mảng (cùng kích thước với f) hay số. Nếu S là một mảng, nó phải chứa giá trị 1 tại tất cả tọa độ có điểm tìm kiếm và 0 ở nơi khác. Một mảng như vậy có thể được tạo ra bằng việc kiểm tra hay một hàm tìm kiếm riêng. Nếu S là một số thì nó định nghĩa độ chói mà tất cả điểm ảnh trong f có giá trị này trở thành điểm tìm kiếm. Tương tự T cũng có thể là mảng (cùng kích thước với f) hoặc số. Nếu T là mảng, nó chứa giá trị ngưỡng cho mỗi vùng trong f . Nếu T là một số thì nó mang ý nghĩa là ngưỡng toàn cục.

Trong ngõ ra, g là ảnh đã phân đoạn với mỗi vùng được đánh nhãn theo số nguyên. Thông số NR là số lượng vùng khác nhau. SI là ảnh chứa các điểm tìm kiếm và TI là ảnh chứa các điểm ảnh trải qua quá trình kiểm tra ngưỡng trước khi được xử lý để liên kết. Cả SI và TI đều có cùng kích thước với f .

```
function [g, NR, SI, TI]=regiongrow(f, S, T)
f=double(f);
if numel(S)==1
    SI=f==S;
    S1=S;
else
    SI=bwmorph(S, 'shrink', Inf);
```



```

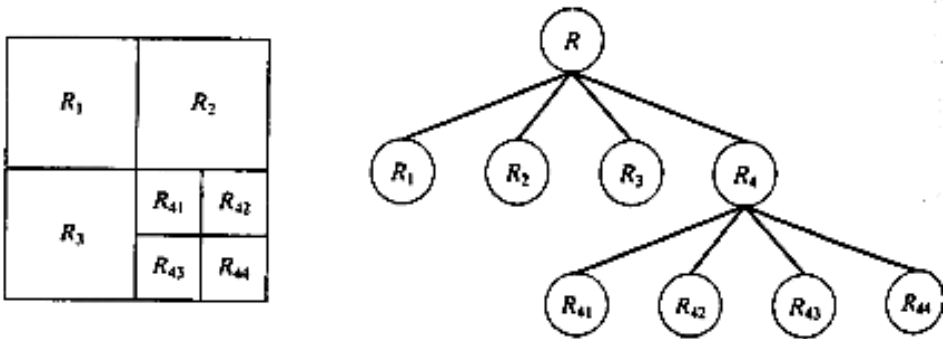
J=find(SI);
S1=f(J);
end
TI=false(size(f));
for K=1:length(S1)
    seedvalue=S1(K);
    S=abs(f-seedvalue)<=T;
    TI=TI | S;
end
[g, NR]= bwlabel(imreconstruct(SI, TI));
end

```

6.1.3.3. Tách vùng và ghép vùng

Phương pháp phát triển vùng dựa trên một tập các điểm tìm kiếm. Một phương pháp thay thế là chia ảnh thành các tập khởi tạo bất kỳ, ngắt các vùng và sau đó ghép hoặc/và tách các vùng để thỏa mãn các tính chất đã phát biểu trong bảng 6.3.

Đặt R đại diện cho vùng ảnh cần phân đoạn và chọn một tiền đề P . Phân đoạn R tức là chia R thành 4 vùng nhỏ hơn sao cho với bất kỳ vùng R_i thì $P(R_i) = TRUE$. Nếu $P(R) = FALSE$, ta chia ảnh thành 4 phần. Nếu P sai ở bất kỳ phần tử nào thì ta lại chia nó thành 4 phần nhỏ hơn và tiếp tục như trong hình 6.6. Sau khi thực hiện chia ta được các vùng có thuộc tính nhất định. Hai vùng liền kề có thể được ghép lại với nhau nếu $P(R_j \cup R_k) = TRUE$.



Hình 6.6. Sơ đồ phân vùng ảnh theo kiểu chia bốn

Quá trình này có thể được viết thành các bước như trong bảng 6.3.

Bảng 6.3. Quá trình thực hiện tách vùng và ghép vùng

1. Chia ảnh thành 4 vùng R_i bất kỳ sao cho $P(R_i) = FALSE$.
2. Khi không thể chia được nữa thì ghép các vùng liền kề R_j và R_k sao cho $P(R_j \cup R_k) = TRUE$.
3. Ngừng khi không thể ghép được nữa.

Hàm thực hiện phân giải trong hộp công cụ là `qtdecomp`. Cú pháp hàm như sau

```
S=qtdecomp(f, @split_test, parameters)
```

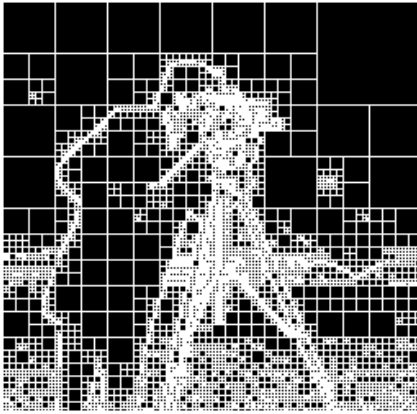
Trong đó `f` là ảnh ngõ vào, `S` là ma trận chứa cấu trúc cây.

Để lấy được giá trị điểm ảnh trong cây phân giải, ta dùng hàm `qtgetblk` với cú pháp

```
[vals, r, c]= qtgetblk(f, S, m)
```

Trong đó `vals` là một mảng chứa các giá trị của các khối $m \times m$ trong cây phân giải của `f` và `S` là ma trận có được từ hàm `qtdecomp`.

Kết quả phân đoạn dựa trên phân giải cây được trình bày trong hình 6.7.



Hình 6.7. Kết quả phân đoạn theo phương pháp tách vùng - phân giải cây

```
I = imread('cameraman.tif');
S = qtdecomp(I,0.2);
blocks =
repmat(uint8(0),size(S));

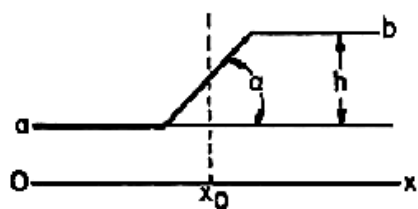
for dim = [512 256 128 64 32
16 8 4 2 1];
    numblocks =
length(find(S==dim));
    if (numblocks > 0)
        values =
repmat(uint8(1),[dim dim
numblocks]);
        values(2:dim,2:dim,:) =
0;
        blocks =
qtsetblk(blocks,S,dim,values)
;
    end
end

blocks(end,1:end) = 1;
blocks(1:end,end) = 1;

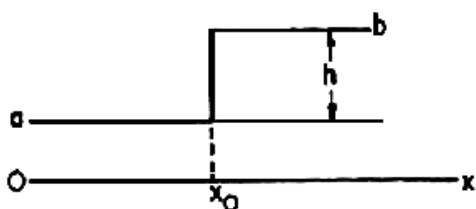
imshow(I), figure,
imshow(blocks,[])
```

6.2. TÁCH BIÊN

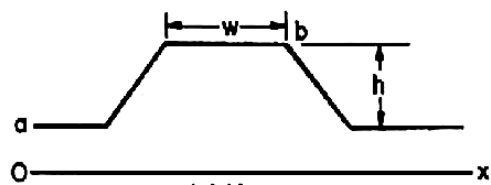
Hình 6.8(a) được vẽ trong miền liên tục là mô hình biên dốc một chiều, trong đó dốc tăng biên độ từ thấp đến cao hoặc ngược lại. Biên được đặc trưng bởi độ cao, dốc, và góc tọa độ theo chiều ngang ở điểm giữa của dốc. Một biên tồn tại khi chiều cao biên lớn hơn một giá trị đã định nghĩa. Một bộ tách biên lý tưởng cho biết vị trí biên là một pixel đơn tại điểm giữa của dốc. Nếu độ dốc trong hình 6.8(a) là 90° thì kết quả được gọi là biên bước, như trong hình 6.8(b). Trong các ảnh thực tế, ta thường không nhận được biên bước, tức là quá trình thay đổi độ chói không xảy ra đột ngột. Hình 6.8(c) biểu diễn một biên đường và khi độ rộng của đường bằng không, ta có biên nóc như hình 6.8(d).



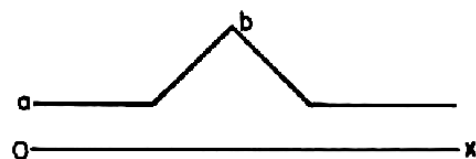
(a) Ramp edge



(b) Step edge



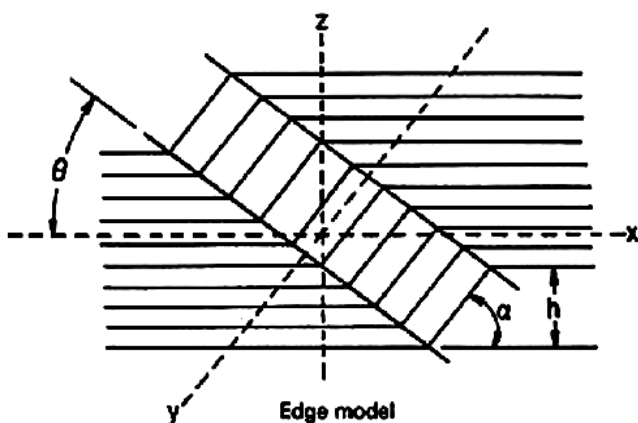
(c) Line



(d) Roof edge

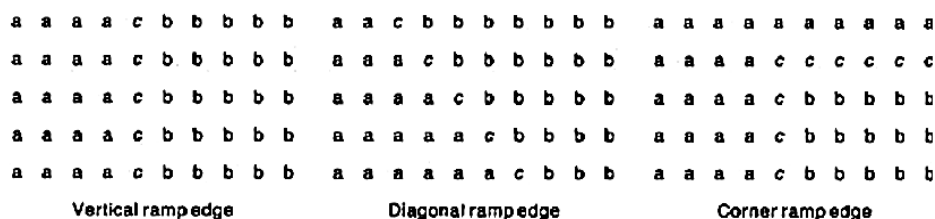
Hình 6.8. Các mô hình biên: a) biên dốc; b) biên bước; c) biên đường; d) biên nóc

Trong miền hai chiều liên tục, mô hình biên và đường giả sử rằng tính không liên tục của biên độ duy trì trong một khoảng lân cận nhỏ so với biên và đường. Hình 6.9 trình bày một biên hai chiều. Khi xem xét thông số của biên hai chiều cần tham chiếu đến trục tọa độ.



Hình 6.9. Biên được xét theo hai chiều

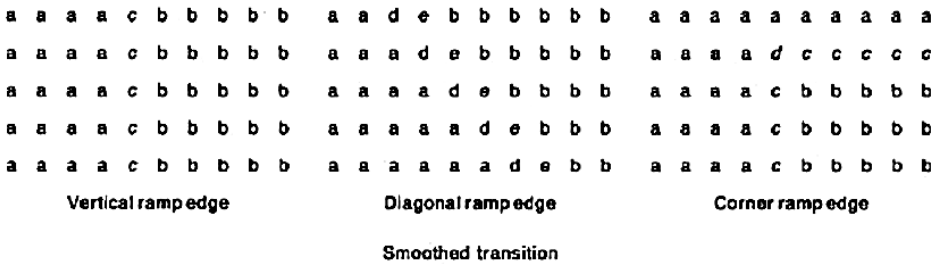
Hình 6.10 cho thấy mô hình biên bước và dốc trong trường hợp rời rạc. Mô hình biên dốc trong trường hợp này chứa một pixel đơn chuyển vị mà biên độ của chúng bằng trung bình của các pixel liền kề.



Single pixel transition

Hình 6.10. Mô hình biên bước và biên dốc

Mô hình chuyển vị phẳng có được bằng cách thực hiện của số trung bình dịch chuyển 2x2 trên mô hình biên đường.



$$c = \frac{a+b}{2} \quad d = \frac{3a+b}{4} \quad e = \frac{a+3b}{4} \quad b > a$$

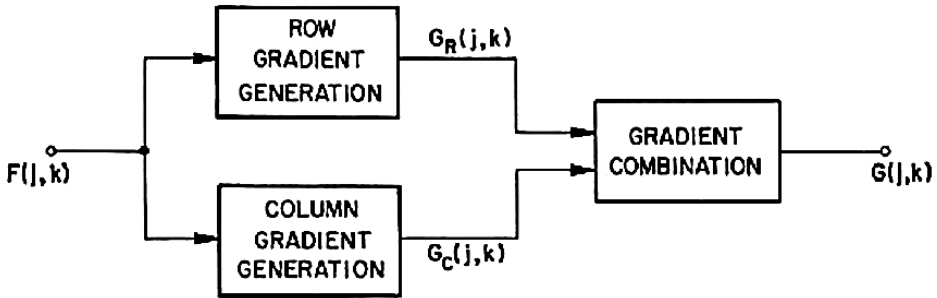
Hình 6.11. Thực hiện chuyển vị phẳng với cửa sổ trung bình 2x2

6.2.1. Tách biên theo đạo hàm bậc một

Có hai phương pháp cơ bản để tách biên theo đạo hàm bậc một. Phương pháp thứ nhất là tạo gradient của hai hướng trực giao trong ảnh. Phương pháp thứ hai là dùng một tập đạo hàm có hướng.

Gradient biên của một ảnh $G(j,k)$ được biểu diễn theo gradient hàng $G_R(j,k)$ và cột $G_C(j,k)$ như trong hình 6.12. Biên độ gradient trong không gian được cho bởi

$$G(j,k) = \left[G_R(j,k)^2 + G_C(j,k)^2 \right]^{1/2} \quad (6.8)$$



Hình 6.12. Gradient theo hàng và cột của ảnh

Hướng theo không gian của gradient ứng với trục ngang là

$$\theta(j,k) = \arctan \left\{ \frac{G_C(j,k)}{G_R(j,k)} \right\} \quad (6.9)$$

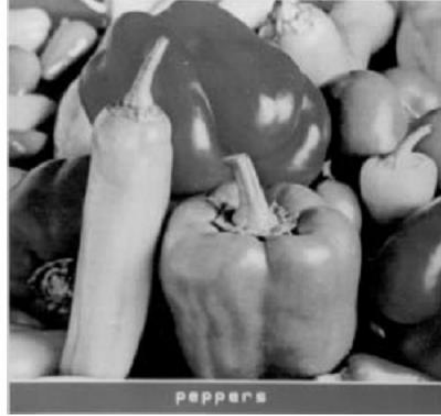
Phương pháp đơn giản nhất để tính gradient trong ảnh rời rạc là tìm sự khác nhau giữa các pixel theo hàng và cột. Gradient theo hàng là

$$G_R(j,k) = F(j,k) - F(j,k-1) \quad (6.10)$$

Và theo cột là

$$G_c(j,k) = F(j,k) - F(j+1,k) \quad (6.11)$$

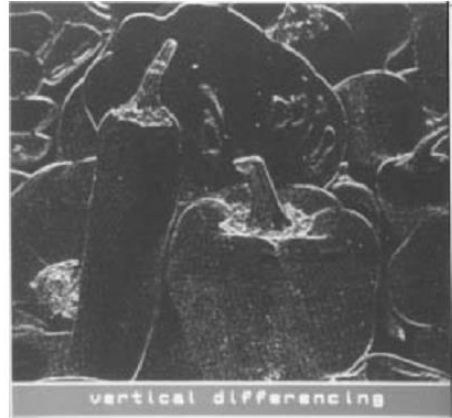
Hình 6.13 là một ví dụ về gradient theo hàng và cột của ảnh đen trắng. Với phương pháp này, biên của vật thể không được thể hiện rõ.



(a) Original



(b) Horizontal magnitude



(c) Vertical magnitude

Hình 6.13. Gradient theo hàng và cột

Gradient đường chéo có thể tính bằng cách tìm sự khác nhau của các cặp theo đường chéo. Đây là phép toán cơ bản của sai phân chéo Roberts. Tính theo biên độ ta có

$$G(j,k) = |G_1(j,k)| + |G_2(j,k)| \quad (6.12)$$

Và theo căn bậc hai

$$G(j,k) = \left[[G_1(j,k)]^2 + [G_2(j,k)]^2 \right]^{1/2} \quad (6.13)$$

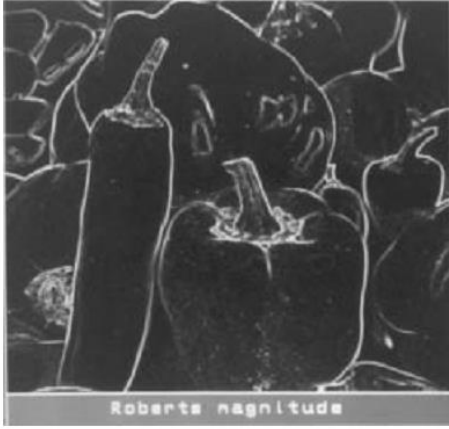
Trong đó

$$G_1(j, k) = F(j, k) - F(j+1, k+1) \quad (6.14)$$

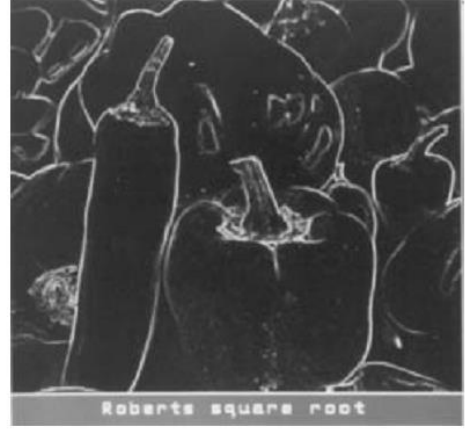
$$G_2(j, k) = F(j, k+1) - F(j+1, k) \quad (6.15)$$

Hướng của biên ứng với trục ngang

$$\theta(j, k) = \frac{\pi}{4} + \arctan \left\{ \frac{G_2(j, k)}{G_1(j, k)} \right\} \quad (6.16)$$



(a) Magnitude



(b) Square root

Hình 6.14. Kết quả gradient biên của ảnh dùng toán tử Roberts

Mặc dù biên dốc xác định được đường biên của đối tượng nhưng phương pháp này cũng còn rất nhạy với sự thay đổi độ chói nhỏ trong ảnh. Vấn đề này có thể được khắc phục bằng cách dùng gradient hai chiều. Prewitt đã giới thiệu phép toán gradient 3x3 pixel như trong hình 6.15. Phép toán Prewitt căn bậc hai gradient được định nghĩa

$$G(j, k) = \left[[G_R(j, k)]^2 + [G_C(j, k)]^2 \right]^{1/2} \quad (6.17)$$

Với

$$G_R(j, k) = \frac{1}{K+2} [(A_2 + KA_3 + A_4) - (A_0 + KA_7 + A_6)] \quad (6.18)$$

$$G_C(j, k) = \frac{1}{K+2} [(A_0 + KA_1 + A_2) - (A_6 + KA_5 + A_4)] \quad (6.19)$$

A_0	A_1	A_2
A_7	$F(j,k)$	A_3
A_6	A_5	A_4

Hình 6.15. Ma trận tách biên

Trong đó $K=1$. Trong công thức này, gradient hàng và cột được chuẩn hóa để có độ lợi bằng ± 1 ở vị trí phân biên. Phép toán Sobel khác với Prewitt là giá trị các pixel hướng bắc, nam, đông, tây được nhân đôi (tức là $K=2$).

Gradient theo hàng và cột của các phương pháp đã trình bày là sự kết hợp tuyến tính của các pixel với các điểm lân cận của nó. Ta có thể biểu diễn bằng quan hệ nhân chập

$$G_R(j,k) = F(j,k) * H_R(j,k) \quad (6.20)$$

$$G_C(j,k) = F(j,k) * H_C(j,k) \quad (6.21)$$

Trong đó $H_R(j,k)$ và $H_C(j,k)$ là các ma trận đáp ứng xung kích thước 3×3 như trong hình 6.16.

Operator	Row gradient	Column gradient
Pixel difference	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$
Separated pixel difference	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$
Roberts	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$
Prewitt	$\frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{3} \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$
Sobel	$\frac{1}{4} \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{4} \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$

Hình 6.16. Ma trận các mặt nạ tách biên

Trong hộp công cụ xử lý ảnh, biên có thể được tìm dùng hàm `edge` với cú pháp

```
[g, t] = edge(f, 'method', parameters)
```

Sử dụng ảnh `'cameraman.tif'`, ta khảo sát dạng tách biên đã đề cập.

```
f = imread('cameraman.tif')
```



Hình 6.17. Ảnh ban đầu

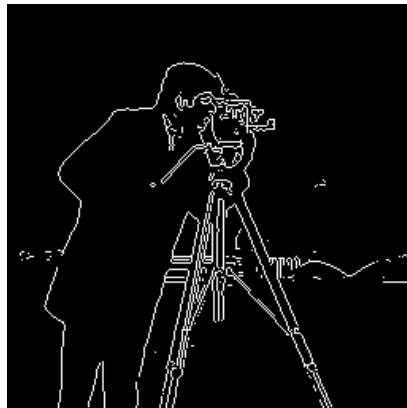
Như vậy cụ thể với từng phương pháp, ta có

Tách biên Sobel

```
[g, t] = edge(f, 'sobel', T, dir)
```

Trong đó `f` là ảnh ngõ vào, `T` là ngưỡng định trước và `dir` là hướng tham khảo của biên cần phát hiện: `'horizontal'`, `'vertical'` hoặc `'both'`.

Sobel Edge detection

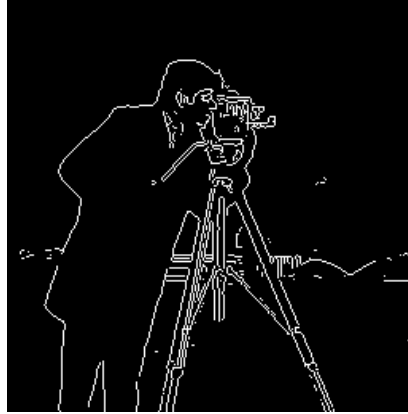


Hình 6.18. Kết quả tách biên dùng mặt nạ Sobel

Tương tự hàm Prewitt và Roberts lần lượt được sử dụng cho tách biên là

```
[g, t] = edge(f, 'prewitt', T, dir)
```

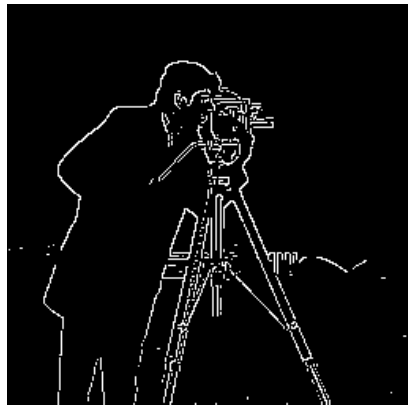
Prewitt Edge detection



Hình 6.19. Kết quả tách biên dùng mặt nạ Prewitt

```
[g, t] = edge(f, 'roberts', T, dir)
```

Roberts Edge detection



Hình 6.20. Kết quả tách biên dùng mặt nạ Roberts

6.2.2. Phát hiện biên theo đạo hàm bậc hai

Phương pháp phát hiện biên sử dụng đạo hàm bậc hai được triển khai dựa trên một số dạng vi phân bậc hai để làm nổi biên. Một biên được đánh dấu khi có một sự thay đổi không gian theo đạo hàm bậc hai. Hai dạng của phương pháp đạo hàm bậc hai đã được nghiên cứu là: Laplace và đạo hàm bậc hai trực tiếp.

6.2.2.1. Phương pháp Laplace

Biến đổi Laplace của một ảnh $F(x, y)$ trong miền liên tục được định nghĩa

$$G(x, y) = -\nabla^2 \{F(x, y)\} \quad (6.22)$$

Trong đó, toán tử Laplace là

$$\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \quad (6.23)$$

$G(x, y)$ bằng không khi $F(x, y)$ là hằng số hoặc có biên độ thay đổi tuyến tính. Trong miền rời rạc, dạng xấp xỉ đơn giản nhất của biến đổi Laplace liên tục là tính sự sai biệt của độ dốc trên mỗi trục

$$\begin{aligned} G(j, k) = & [F(j, k) - F(j, k-1)] - [F(j, k+1) - F(j, k)] \\ & + [F(j, k) - F(j+1, k)] - [F(j-1, k) - F(j, k)] \end{aligned} \quad (6.24)$$

Dạng Laplace 4 điểm này có thể được biểu diễn theo phép chập

$$G(j, k) = F(j, k) * H(j, k) \quad (6.25)$$

Với

$$\mathbf{H} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ -1 & 2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 0 & 2 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}$$

Hay

$$\mathbf{H} = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}$$

Phương pháp Laplace 4 điểm thường được chuẩn hóa để tạo độ lợi trung bình đơn vị của các điểm ảnh trọng số dương và âm trong ma trận 3x3 điểm ảnh liên kề. Đáp ứng xung chuẩn hóa độ lợi Laplace được định nghĩa

$$\mathbf{H} = \frac{1}{4} \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}$$

Prewitt đã đề xuất một phương pháp Laplace 8 điểm được định nghĩa bởi ma trận đáp ứng xung

$$\mathbf{H} = \frac{1}{8} \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

Mã trận này không thể phân tách được thành tổng của 2 đạo hàm bậc hai như trong (6.25). Dạng Laplace 8 điểm phân tách được có thể biểu diễn theo dạng

$$\mathbf{H} = \begin{bmatrix} -1 & 2 & -1 \\ -1 & 2 & -1 \\ -1 & 2 & -1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 2 & 2 & 2 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

Trong đó sai biệt về độ dốc là trung bình trên 3 hàng và 3 cột. Dạng Laplace 8 điểm phân tách chuẩn hóa độ lợi được biểu diễn

$$\mathbf{H} = \frac{1}{8} \begin{bmatrix} -2 & 1 & -2 \\ 1 & 4 & 1 \\ -2 & 1 & -2 \end{bmatrix}$$

6.2.2.2. Bộ tách biên LoG (Laplacian of Gaussian Detector)

Xét hàm Gauss

$$h(r) = -e^{-\frac{r^2}{2\sigma^2}} \quad (6.26)$$

Trong đó $r^2 = x^2 + y^2$ và σ là độ lệch chuẩn. Đây là một hàm làm phẳng và nếu áp dụng trên ảnh nó sẽ làm mờ ảnh. Mức độ mờ được quyết định bởi độ lệch chuẩn. Laplace của hàm này là

$$\nabla^2 h(r) = -\left[\frac{r^2 - \sigma^2}{\sigma^4} \right] e^{-\frac{r^2}{2\sigma^2}} \quad (6.27)$$

Việc thực hiện LoG tạo hai hiệu ứng: làm phẳng ảnh và tính Laplace. Cú pháp hàm

`[g, t] = edge(f, 'log', T, sigma)`

trong đó `sigma` là độ lệch chuẩn.



Hình 6.21. Kết quả tách biên dùng phương pháp LoG

6.2.3. Bộ tách biên Canny

Phương pháp phát hiện biên Canny là một phương pháp rất tốt và thường được sử dụng. Để thực hiện tách biên Canny, ta thực hiện bốn bước như trong bảng 6.4.

Bảng 6.4. Bộ tách biên Canny

- i. Ảnh được làm phẳng dùng bộ lọc Gauss.
- ii. Gradient cục bộ của biên độ và hướng được tính.
- iii. Tìm điểm ảnh có biên độ lớn nhất dùng kỹ thuật nonmaximal suppression. Các điểm ảnh đỉnh (tìm được từ bước ii) được chia thành hai ngưỡng T1 và T2, $T1 < T2$. Các điểm ảnh đỉnh có giá trị lớn hơn T2 được gọi là ‘strong’ và nằm trong khoảng T1 và T2 được gọi là ‘weak’.
- iv. Liên kết các điểm ảnh ‘weak’ có 8 kết nối đến điểm ảnh ‘strong’

Cú pháp cho bộ tách biên Canny:

`[g, t] = edge(f, 'canny', T, sigma)`

Kết quả tách biên Canny cho ảnh ‘cameraman.tif’ được trình bày trong hình 6.22.



Hình 6.22. Kết quả thực hiện tách biên Canny

BÀI TẬP CHƯƠNG 6

- 6.1. So sánh phương pháp tách biên theo đạo hàm bậc 1 và bậc 2.
- 6.2. Thực hiện tách biên theo phương pháp Canny cho ảnh ‘coins.png’. Thay đổi các thông số ngõ vào của hàm `edge` dùng phương pháp này và rút ra nhận xét.
- 6.3. Thực hiện phân đoạn theo ngưỡng toàn phần cho ảnh ‘coins.png’ dùng/không dùng ngưỡng Otsu. So sánh hai kết quả.
- 6.4. Thực hiện phân đoạn dùng phương pháp phát triển vùng sử dụng hàm `qtdecomp` cho ảnh ‘coins.png’.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Quang Hoan, *Xử lý ảnh*, lưu hành nội bộ, Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông, 2006.
2. Đỗ Năng Toàn, Phạm Việt Bình, *Xử lý ảnh*, Giáo trình môn học, Đại học Thái Nguyên, Khoa Công nghệ thông tin, 2007.
3. Maria Petrou, Panagiota Bosdogianni, *Image Processing: The Fundamentals*, John Wiley & Sons Ltd, 1999.
4. William K. Pratt, *Digital Image Processing*, John Wiley & Sons, Inc., 2001.
5. Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, *Digital Image Processing*, The Third Edition, Prentice Hall, 2008.
6. Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, *Digital Image Processing Using Matlab*, Prentice Hall, 2004.
7. Kayvan N., Robert S., *Biomedical Signal and Image Processing*, Taylor and Francis Group, 2006.

GIÁO TRÌNH XỬ LÝ ẢNH

TS. NGUYỄN THANH HẢI

NHÀ XUẤT BẢN
ĐẠI HỌC QUỐC GIA THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH
Khu Phố 6, Phường Linh Trung, Quận Thủ Đức, TPHCM
Số 3, Công trường Quốc tế, Quận 3, TP Hồ Chí Minh
ĐT: 38239171 – 38225227 – 38239172
Fax: 38239172 - Email: vnuhp@vnuhcm.edu.vn

PHÒNG PHÁT HÀNH NHÀ XUẤT BẢN
ĐẠI HỌC QUỐC GIA THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH
Số 3 Công trường Quốc tế - Quận 3 – TPHCM
ĐT: 38239170 – 0982920509 – 0913943466
Fax: 38239172 – Website: www.nxbdhqghcm.edu.vn

Chịu trách nhiệm xuất bản:
NGUYỄN HOÀNG DŨNG

Chịu trách nhiệm nội dung:
NGUYỄN HOÀNG DŨNG

Tổ chức bản thảo và chịu trách nhiệm về tác quyền
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT TPHCM

Biên tập:
PHẠM ANH TÚ

Sửa bản in:
THÙY DƯƠNG

Trình bày bìa
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT TPHCM

Mã số ISBN: 978-604-73-2582-5

Số lượng 300 cuốn; khổ 16 x 24cm.

Số đăng ký kế hoạch xuất bản: 1007-2014/CXB/05-13/ĐHQGTPHCM.

Quyết định xuất bản số: 107 ngày 28/05/2014 của NXB ĐHQGTPHCM.

In tại Công ty TNHH In và Bao bì Hưng Phú.

Nộp lưu chiểu quý III năm 2014.