

NGHIÊN CỨU TÁCH VẾT DẦU TRÊN BIỂN TỪ DỮ LIỆU ẢNH SAR BẰNG THUẬT TOÁN TỰ ĐỘNG PHÂN NGƯỠNG ẢNH

LÊ MINH HẰNG, Học viện Kỹ thuật quân sự
NGUYỄN ĐÌNH DƯƠNG, Viện Địa lý – Viện KHCN Việt Nam

Tóm tắt: Thuật toán tự động phân ngưỡng ảnh thường được áp dụng để phân vùng trên ảnh và đặc biệt được áp dụng tách vết dầu trên biển từ dữ liệu ảnh SAR. Trong nội dung của bài báo, các tác giả sẽ trình bày nghiên cứu các thuật toán tự động phân ngưỡng ảnh như thuật toán Huang, thuật toán Otsu và thuật toán Minimum và kết quả thử nghiệm được thực hiện trên tư liệu ảnh ALOS PALSAR. Dựa trên kết quả nghiên cứu thử nghiệm, tác giả lựa chọn một thuật toán phù hợp để tách được hoàn toàn vết dầu trên biển từ dữ liệu ảnh SAR.

1. Đặt vấn đề

Trong quy trình nhận dạng và phân loại vết dầu trên biển bằng tư liệu viễn thám siêu cao tần thì kết quả tách vết dầu trên biển từ dữ liệu ảnh SAR là rất quan trọng. Một trong các phương pháp tách vết dầu trên biển từ tư liệu ảnh SAR đang được áp dụng là phương pháp sử dụng thuật toán tự động phân ngưỡng ảnh. Giá trị ngưỡng độ xám T được tự động lựa chọn trên ảnh sao cho tách được các đối tượng vết dầu với vùng biển xung quanh. Với các pixel có tọa độ (x, y) và giá trị độ xám của pixel là $f(x, y)$ thỏa mãn điều kiện $f(x, y) \leq T$ thì được gọi là vết dầu, ngược lại thì được gọi là vùng biển. Sau quá trình tự động phân ngưỡng sẽ tạo ra ảnh đã được phân ngưỡng là $g(x, y)$ ở dạng nhị phân với hai giá trị 0 và 1 (giá trị là 1 tương ứng là vết dầu, giá trị 0 tương ứng là vùng nền).

2. Thuật toán tự động phân ngưỡng

2.1. Thuật toán tự động phân ngưỡng Huang

Thuật toán tự động phân ngưỡng Huang xác định ngưỡng dựa trên khái niệm về lý thuyết tập mờ. Lý thuyết tập mờ được xây dựng từ khái niệm về hàm tương ứng (membership function) của một pixel. Hàm tương ứng được định nghĩa bởi sự khác biệt tuyệt đối giữa mức độ xám của pixel và mức độ xám trung bình theo từng vùng, tùy thuộc là vùng đối tượng hay vùng nền. Sự khác biệt càng lớn thì mức độ tương ứng với vùng sẽ càng nhỏ. Ngưỡng tối ưu được xác định bởi giá trị độ mờ nhỏ nhất trên ảnh.

Xét một ảnh X có kích thước $M \times N$ với L mức độ xám và kí hiệu x_{mn} là mức độ xám của pixel có tọa độ (m, n) trong X . Giá trị tương

ứng của pixel được kí hiệu là $\mu_x(x_{mn})$. Đồng thời, giá trị $\mu_x(x_{mn})$ cũng đặc trưng cho một đặc tính xác định của pixel (m, n) trong ảnh X . Tập mờ của một ảnh X được đặc trưng bởi giá trị μ trong khoảng $[0, 1]$ và được định nghĩa theo công thức (1) [1]:

$$X = \{(x_{mn}, \mu(x_{mn}))\} \quad (1)$$

trong đó: $0 \leq \mu(x_{mn}) \leq 1$ với $m = 0, \dots, M-1$ và $n = 0, \dots, N-1$

Hàm tương thích $\mu_x(x_{mn})$ có thể được xem như một hàm đặc trưng cho độ mờ của pixel (m, n) trong ảnh X . Xét $h(g)$ là số lần xuất hiện của mức độ xám g trong ảnh đầu vào. Với một ngưỡng t xác định, giá trị độ xám trung bình của vùng nền là μ_0 , của vùng đối tượng là μ_1 và được xác định theo công thức (2), (3) [1]:

$$\mu_0 = \sum_{g=0}^t gh(g) / \sum_{g=0}^t h(g) \quad (2)$$

$$\mu_1 = \sum_{g=t+1}^{L-1} gh(g) / \sum_{g=t+1}^{L-1} h(g) \quad (3)$$

Giá trị độ xám trung bình μ_0 và μ_1 có thể được xem như là giá trị mục tiêu của vùng nền và vùng đối tượng với ngưỡng xét t . Mỗi quan hệ giữa một pixel trong X với vùng tương ứng phụ thuộc vào sự khác biệt mức độ xám của bản thân pixel và giá trị mục tiêu của vùng tương ứng. Do vậy, ta có định nghĩa về hàm tương thích của một pixel (m, n) theo công thức (4) và (5) [1]:

$$\mu_x(x_{mn}) = \frac{1}{1 + |x_{mn} - \mu_0|/C} \quad \text{nếu } x_{mn} \leq t \quad (4)$$

$$\mu_x(x_{mn}) = \frac{1}{1 + |x_{mn} - \mu_1|/C} \quad \text{nếu } x_{mn} > t \quad (5)$$

C là một giá trị hằng số và được xác định bằng công thức: $C = g_{\max} - g_{\min}$. Trong đó: g_{\max} và g_{\min} là giá trị ngưỡng độ xám lớn nhất và giá trị ngưỡng độ xám nhỏ nhất được xác định trên ảnh X.

Từ khái niệm về hàm tương ứng, tác giả Huang đã sử dụng hàm Shannon để xác định độ mờ trên ảnh thông qua giá trị entropy. Entropy trong lý thuyết về thông tin thường được sử dụng như một đại lượng đo độ mờ trên ảnh tương tự. Dựa trên hàm Shannon, De Luca và Termini đã định nghĩa entropy của một tập mờ A theo công thức (6) [1]:

$$E(A) = \frac{1}{n \ln 2} \sum S(\mu_A(x_i)), i=1,2,\dots,n, \quad (6)$$

Với hàm Shannon được xác định theo công thức (7):

$$S(\mu_A(x_i)) = -\mu_A(x_i) \ln[\mu_A(x_i)] - [1 - \mu_A(x_i)] \ln[1 - \mu_A(x_i)]_0, \quad (7)$$

Mở rộng với ảnh 2 chiều, giá trị entropy của một ảnh X được mô tả theo công thức (8) [1]:

$$E(X) = \frac{1}{MN \ln 2} \sum_m \sum_n S(\mu_X(x_{mn})), \quad (8)$$

trong đó: $m=0,1,\dots,M-1$ và $n=0,1,\dots,N-1$

Sử dụng thông tin từ biểu đồ histogram, công thức (8) có thể viết lại theo công thức (9) [1]:

$$E(X) = \frac{1}{MN \ln 2} \sum_g S(\mu_X(g)) h(g), \quad (9)$$

$g=0,1,\dots,L-1$

Lưu ý trong hàm Shannon trong công thức (7) là tăng tuyến tính trong khoảng từ [0,0.5] và giảm tuyến tính từ [0.5,1]. Khi $\mu_X(x_{mn})=0,5$ với tất cả m và n thì entropy E sẽ là độ mờ lớn nhất. Vì vậy, entropy có các đặc điểm sau:

- (1). $0 \leq E(X) \leq 1$;
- (2). E(X) sẽ có giá trị nhỏ nhất bằng 0 nếu $\mu_X(x_{mn})=0$ hoặc 1 với tất cả (m,n);
- (3). E(X) có giá trị lớn nhất là 1 nếu $\mu_X(x_{mn})=0,5$ với tất cả (m,n);
- (4). $E(X) \leq E(X')$ nếu ảnh X rõ nét hơn ảnh X';
- (5). $E(X) = E(\bar{X})$ trong đó \bar{X} là phần bù của X.

Quá trình đo độ mờ bằng công thức (9) được tính toán lặp lại với $t=t+1$ và cho tới khi $t=g_{\max}-1$. Giá trị ngưỡng tối ưu sẽ được xác định bằng giá trị độ mờ nhỏ nhất.

2.2. Thuật toán tự động phân ngưỡng Otsu

Thuật toán phân ngưỡng Otsu được tác giả Nobuyuki Otsu giới thiệu năm 1979 [3]. Phương pháp phân ngưỡng Otsu dựa trên biểu đồ histogram. Trước tiên, tác giả xét biểu đồ histogram chuẩn hóa dựa trên hàm mật độ (PDF – Probability density function) theo công thức (10) [4]:

$$p_r(r_q) = \frac{n_q}{n} \quad q=0,1,2,\dots,L-1, \quad (10)$$

trong đó: n - tổng số pixel trên ảnh;

n_q - tổng số pixel có mức độ xám r_q ;

L - tổng số ngưỡng độ xám trên ảnh;

Giả sử có ngưỡng k được chọn sao cho C_0 là tập hợp các pixel có ngưỡng từ [0,1,...,k-1] và C_1 là tập hợp các pixel có ngưỡng từ [k,k+1,...,L-1]. Phương pháp Otsu lựa chọn ngưỡng k sao cho độ lệch chuẩn σ_B^2 giữa các lớp là lớn nhất. Độ lệch chuẩn σ_B^2 được xác định theo công thức (11) [3]:

$$\sigma_B^2 = \omega_0(\mu_0 - \mu_T)^2 + \omega_1(\mu_1 - \mu_T)^2, \quad (11)$$

trong đó:

$$\omega_0 = \sum_{q=0}^{k-1} p_q(r_q) \quad \omega_1 = \sum_{q=k}^{L-1} p_q(r_q);$$

$$\mu_0 = \sum_{q=0}^{k-1} q p_q(r_q) / \omega_0$$

$$\mu_1 = \sum_{q=k}^{L-1} q p_q(r_q) / \omega_1; \quad \mu_T = \sum_{q=0}^{L-1} q p_q(r_q)$$

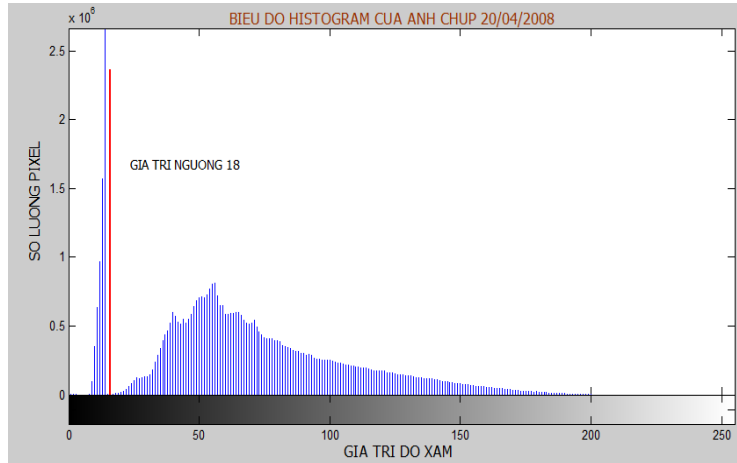
2.3. Thuật toán tự động phân ngưỡng Minimum

Thuật toán phân ngưỡng Minimum được tác giả J. M. S. Prewitt and M. L. Mendelsohn giới thiệu lần đầu tiên năm 1966 [2]. Thuật toán Minimum xác định ngưỡng dựa vào biểu đồ Histogram và giả sử trên biểu đồ chỉ bao gồm 2 đỉnh tương ứng với 2 vùng là vùng đối tượng và vùng nền. Nếu như biểu đồ histogram có nhiều hơn 2 đỉnh thì ảnh cần phải được lọc bằng thuật toán lọc Mean cho tới khi biểu đồ histogram chỉ còn 2 đỉnh tương ứng với 2 vùng. Lựa chọn giá trị ngưỡng t sao cho $y_{t-1} > y_t \leq y_{t+1}$. Phương pháp này không phù hợp với ảnh có biểu đồ histogram không rõ các đỉnh hoặc có vùng thung lũng phẳng.

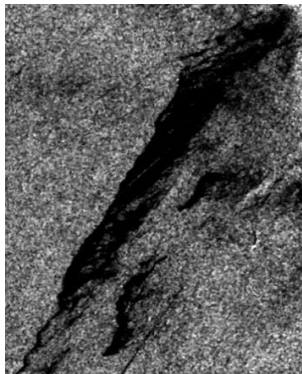
3. Thử nghiệm thuật toán tự động phân ngưỡng tách vết dầu trên ảnh SAR

Dựa trên những nghiên cứu về các thuật toán tự động phân ngưỡng ảnh, tác giả đã xây dựng modul tự động phân ngưỡng ảnh sử dụng thuật toán Huang, Otsu và Minimum bằng ngôn ngữ lập trình Matlab 2010. Tác giả tiến hành thử nghiệm sử dụng các thuật toán tự động phân ngưỡng ảnh Huang, Otsu và Minimum để tách

vết dầu trên biển từ dữ liệu ảnh ALOS PALSAR (tham khảo hình 1 và hình 2). Đồng thời, kết quả so sánh giá trị ngưỡng của các thuật toán tự động với kết quả lựa chọn ngưỡng trực tiếp trên ảnh được thể hiện trong bảng 1. Để nâng cao chất lượng của kết quả tự động phân ngưỡng thì đòi hỏi ảnh đầu vào cần được thực hiện các bước tiền xử lý ảnh như lọc nhiễu, tăng cường chất lượng ảnh.



(a)



(b)



(c)

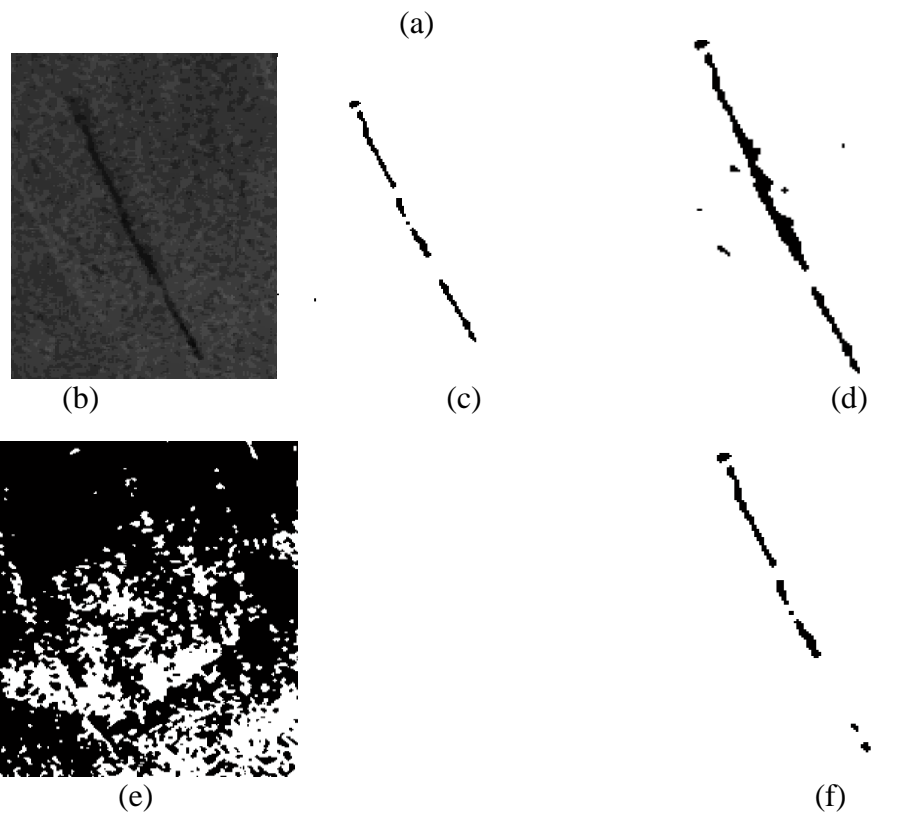
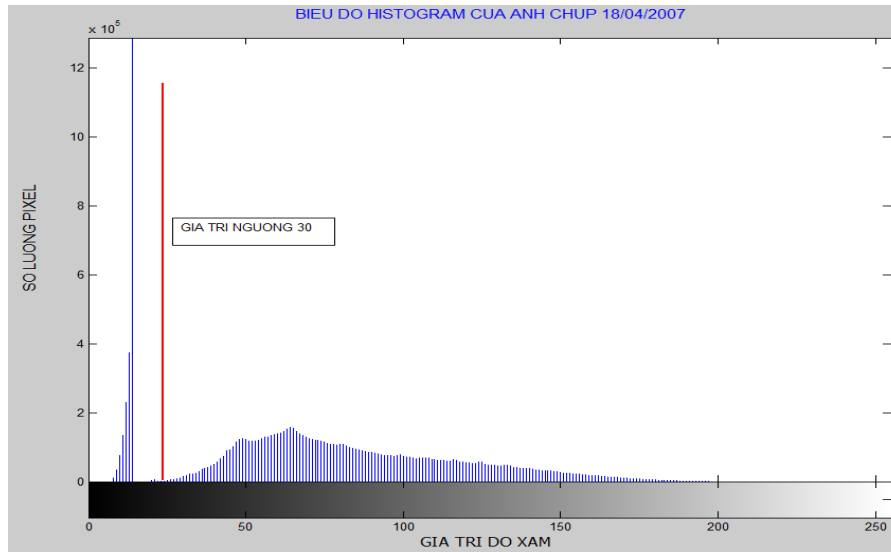


(e)



(f)

Hình 1. Ảnh PALSAR (ERSDAC) chụp 20/04/2008. (a) Biểu đồ Histogram; (b) Ảnh gốc; (c) Phân ngưỡng bằng mắt; (d) Huang; (e) Otsu; (f) Minimum



Hình 2. Ảnh PALSAR (JAXA) chụp 18/04/2007. (a) Biểu đồ Histogram; (b) Ảnh gốc; (c) Phân ngưỡng bằng mắt; (d) Huang; (e) Otsu; (f) Minimum

Bảng 1

TT	Phương pháp	Ngưỡng độ xám/ Ảnh 20/04/2008	Ngưỡng độ xám/ Ảnh 18/04/2007
1	Lựa chọn trên histogram	18	30
2	Huang	29	33
3	Otsu	69	61
4	Minimum	22	22

(xem tiếp trang 92)