ƯỚC LƯỢNG CỰ LY CHO NGÒI NỔ LASER ỨNG DỤNG BỘ LỌC TƯƠNG QUAN

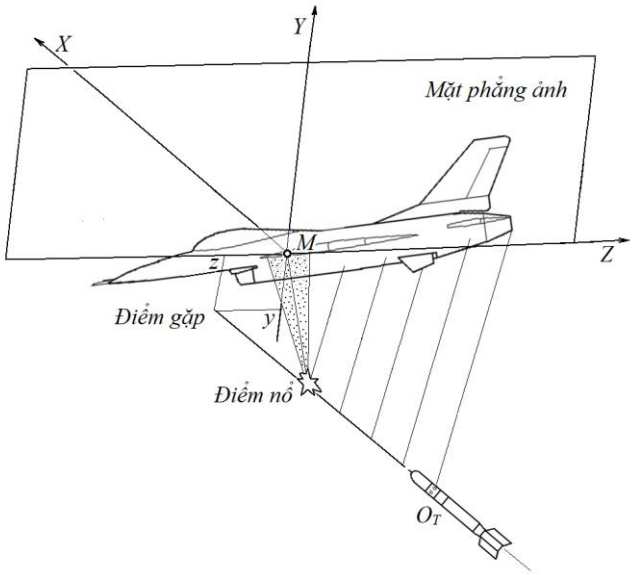
Nguyễn Hoàng Linh[1*], Phạm Trung Dũng[2], Nguyễn Trường Sơn[2]

Tóm tắt: *Ngòi nổ không tiếp xúc theo nguyên lý xung laser được ứng dụng ngày càng rộng rãi trên các loại tên lửa. Độ chính xác đo cự ly của hệ thống đo xa laser bị hạn chế do tác động của nhiễu đi vào ống kính quang của khối thu và nhiễu nội tại của khối thu. Bài báo trình bày phương pháp ước lượng chính xác cự ly sử dụng bộ lọc tương quan. Dựa trên giả định tín hiệu thu chịu tác động của nhiễu Poisson, đã tính toán mô phỏng để so sánh hiệu quả của các bộ lọc khác nhau. Sử dụng giới hạn cận dưới Crame-Rao để đánh giá độ chính xác ước lượng cự ly. Kết quả của mô phỏng cho thấy, bộ lọc tương quan hiệu quả nhất khi ước lượng cự ly là bộ lọc căn bậc hai.*

Từ khóa: Ngòi nổ laser; Phân phối Poisson; Giới hạn cận dưới Cramer Rao; Ước lượng cự ly.

1. MỞ ĐẦU

Ngòi nổ laser xung là ngòi không tiếp xúc, thực hiện phát hiện, đo cự ly đến mục tiêu và kích nổ phần chiến đấu. Trên hình 1 thể hiện quỹ đạo của tên lửa trong Hệ tọa độ tương đối MXYZ gắn với mục tiêu. Điểm "gặp" của quỹ đạo với mặt phẳng ảnh có tọa độ (y, z). Khi tên lửa bay đến gần mục tiêu, ngòi phát các dãy xung hẹp, lặp lại với chu kỳ xác định. Nếu dãy xung gặp mục tiêu sẽ phản xạ trở về. Ngòi thu tín hiệu phản xạ và đo cự ly tới mục tiêu. Từ cự ly đo được, ngòi xử lý để gây nổ phần chiến đấu ở thời điểm tạo tác dụng phá hủy lớn nhất lên mục tiêu; thường là thời điểm để tâm luồng mảnh văng trúng vào tâm của mục tiêu.



Hình 1. *Tên lửa bay đến mục tiêu.*

Để thực hiện phép đo cự ly mục tiêu chính xác, xung laser nhận được thường được lọc tương quan. Sau khi lọc, quy trình khớp đỉnh được sử dụng để tính toán ước tính cự ly đến mục tiêu. Tuy nhiên, hoạt động của ngòi luôn bị ảnh hưởng bởi nhiễu từ các tác động môi trường nhiễu trong khối thu (dòng điện tối, nhiễu nhiệt [1]) làm giảm khả năng phát hiện mục tiêu và độ chính xác đo cự ly.

Trong ngòi nổ laser, tham số quan trọng nhất cần ước lượng là cự ly đến mục tiêu. Bài toán ước lượng cự ly cho tín hiệu có nhiễu Gaussian trắng đã được nghiên cứu trong [2]. Đối với tín hiệu trộn lẫn nhiễu Gaussian, có thể áp dụng ước lượng hợp lý cực đại (MLE), lọc tín hiệu có nhiễu với bản sao tín hiệu không nhiễu. Đối với tín hiệu có lẫn nhiễu Poisson, trong công trình [2] đã đề xuất: có thể tính ước lượng tham số cự ly bằng cách sử dụng kết hợp lọc tương quan và khớp đỉnh.

Để đánh giá độ chính xác ước lượng cự ly có thể sử dụng nhiều kỹ thuật khác nhau. Công trình [3] đã sử dụng phương pháp giới hạn cận dưới Cramer-Rao (CRLB) và bỏ qua ảnh hưởng của nhiễu nền; khi đó, CRLB tỷ lệ thuận với năng lượng trung bình xung laser thu.

Bài báo này áp dụng kỹ thuật lọc tương quan tín hiệu xung laser có nhiễu Poisson và sử dụng phương pháp giới hạn dưới Cramer-Rao (CRLB) để đánh giá độ chính xác ước lượng cự ly. Cận dưới CRLB cung cấp giới hạn về phương sai của mọi ước lượng không chệch đối với tham số cự ly. Bài báo cũng phân tích việc biết trước các tham số liên quan như hệ số chuyển đổi, độ chệch ảnh hưởng đến độ chính xác đo cự ly nhằm phục vụ việc xác định mặt kích nổ cho ngòi nổ laser.

2. ĐỘ CHÍNH XÁC CỦA PHÉP ĐO CỰ LY CÓ NHIỄU POISSON

2.1. Mô hình tín hiệu Laser thu

Khối thu trong ngòi nổ laser sử dụng điôt quang (photodiode) để chuyển năng lượng quang thu được thành tín hiệu điện. Các photon được chuyển đổi thành dòng điện. Trên photodiode, các hạt mang điện được tạo ra tương ứng với mỗi photon ánh sáng. Dòng điện cảm ứng ánh sáng tỷ lệ với cường độ của bức xạ tới. Các bộ phận tiếp theo bên trong khối thu xử lý để lấy ra các thông tin mong muốn [4]. Trong tín hiệu thu, có tín hiệu có ích và tín hiệu nhiễu.

Các nguồn nhiễu từ môi trường

Nhiễu nền

Nhiễu nền hình thành từ mọi nguồn ánh sáng hoặc từ các nguồn khác đi vào ống kính khối thu và không bắt nguồn từ khối phát laser. Trong thực tế, nhiễu nền chủ yếu là do ánh sáng mặt trời chiếu vào vùng nằm trong trường nhìn của ống kính khối thu. Các photon từ nhiễu nền không mang thông tin về cự ly tới mục tiêu; ảnh hưởng đến phép đo của ngòi. Do bản chất Poisson của nhiễu, phương sai của nhiễu nền bằng số lượng điện tử quang do ánh sáng nền tạo ra. Số lượng điện tử quang trung bình do nhiễu nền được tính toán theo công thức [5]:

$$E\left[N_b\right] = \frac{S_{IB}\Delta_\lambda A_B \rho_t \eta \tau_a \tau_o D_R^2 \Delta t}{4R^2 h\nu} \tag{1}$$

trong đó: N_b - Số lượng điện tử quang do nhiễu nền tạo ra;

S_{IB} - Cường độ của ánh sáng nền tại mục tiêu (tính bằng đơn vị W/m^2 trên μm băng thông điện từ);

Δ_λ - Băng thông điện từ của bộ lọc thông dải quang (tính bằng μm);

A_B - Diện tích bề mặt mục tiêu được chiếu sáng;

H - Hiệu suất lượng tử khối thu;

h - Hằng số Planck;

v - Tần số của ánh sáng chiếu vào đầu dò quang.

Các hiệu ứng trong khí quyển có thể làm thay đổi biên độ của dạng xung laser [6]. Nhiễu trong tín hiệu thu được thường giả định là có cộng tính, tuân theo phân phối Poisson [1, 4]. Tổng của các biến ngẫu nhiên Poisson độc lập cũng có phân phối Poisson và giá trị trung bình bằng tổng giá trị trung bình của các biến ngẫu nhiên thành phần.

Các nguồn nhiễu trong khối thu:

Nhiễu nhiệt

Mọi vật thể (không ở nhiệt độ 0^oK) đều bức xạ photon. Nhiễu nhiệt có phân phối Poisson. Nếu sử dụng photodiode kết hợp với bộ chuyển đổi tương tự - số thông qua tụ điện, thì phương sai điện tích được xác định bằng phương trình [5]:

$$Q_n^2 = k_b TC / q_e^2 \tag{2}$$

trong đó: Q_n - Độ lệch chuẩn điện tích của số electron nhiễu nhiệt;

$N_{thermal}$ - Được tạo ra trong mạch máy dò;

k_b - Hằng số Boltzmann;

T - Nhiệt độ của mạch;

C - Điện dung của mạch.

Dòng điện tối

Tín hiệu sai lệch trong photodiode là dòng điện tối. Dòng điện tối tương đối nhỏ. Quá trình lượng tử hóa tín hiệu cũng dẫn đến lỗi. Các hiện tượng này đều là nguồn nhiễu trong khối thu. Số lượng điện tử quang trung bình do dòng điện tối được tính toán theo công thức [5]:

$$E[N_{dark}] = i_{dark} \cdot \frac{Pw}{electron} \tag{3}$$

trong đó: $E\,[N_{dark}]$ - Số electron dự kiến do dòng điện tối tác động;

i_{dark} - Dòng điện tối;

P_w - Độ rộng xung.

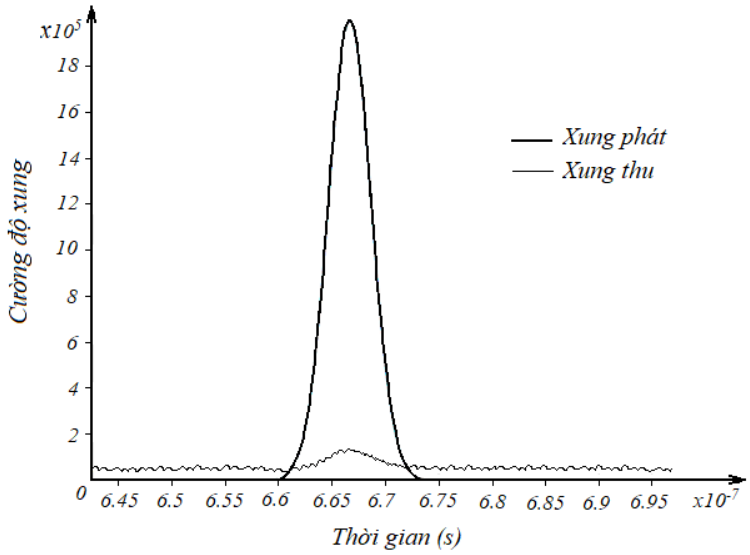
Dạng của tín hiệu thu

Tính chất của bề mặt mục tiêu được thể hiện bởi hệ số phản xạ ρ_t. Xung laser bị suy giảm trong quá trình lan truyền và bị ảnh hưởng bởi các nguồn nhiễu. Hệ số truyền quang τ_0 của ống kính khối thu là tỷ số phần năng lượng đi vào đầu do quang trên tổng năng lượng đi đến ống kính khối thu. Hệ số truyền quang τ_a có thể được xác định theo Định luật Beer. Hình 2 thể hiện ảnh hưởng cường độ của tín hiệu phát và tín hiệu thu có nhiễu ngẫu nhiên thời gian.

Tín hiệu đầu vào của bộ thu cũng có độ trễ thời gian do mạch điện tử của máy thu.

Khi có nhiễu nền, việc tăng năng lượng của xung phát sẽ cải thiện độ chính xác ước lượng cự ly [8]. Tuy nhiên, hệ thống đo cự ly laser còn chịu nhiều nguồn nhiễu, như

dòng điện tối [1, 7]. Do đó, phải đánh giá độ chính xác cự ly của hệ thống trong môi trường có các nguồn nhiễu khác nhau.

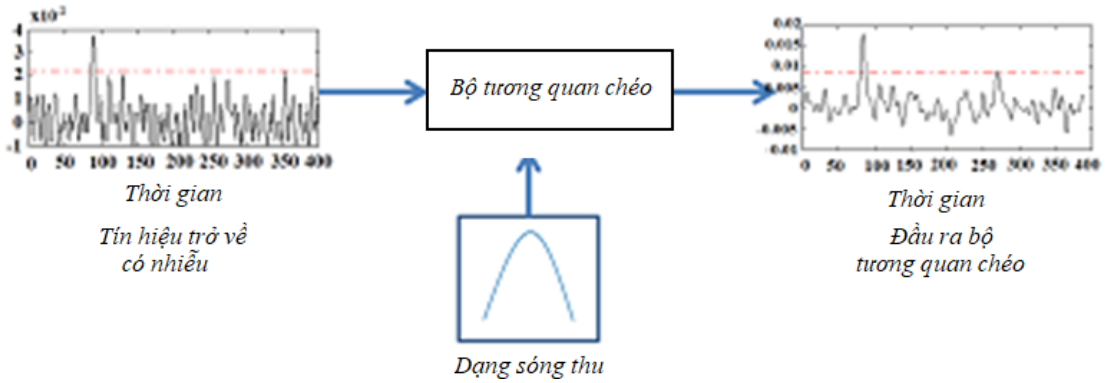


Hình 2. *Tín hiệu xung phát và xung thu khi có nhiễu.*

2.2. Ước lượng tham số cự ly

2.2.1. Tương quan chéo

Để đo chính xác khoảng thời gian lan truyền khứ hồi của chùm tia, xung laser thu thường được lọc tương quan. Sau khi lọc, sử dụng thuật toán khớp đỉnh để tính toán ước lượng cự ly mục tiêu. Đỉnh cực đại của hàm tương quan chéo cho biết thời điểm trở về của xung. Từ đó tính thời gian trễ giữa hai tín hiệu phát và thu. Hình 3 thể hiện dạng tín hiệu đầu vào và dạng tín hiệu đầu ra của Bộ tương quan chéo.



Hình 3. *Tín hiệu ra của bộ tương quan chéo.*

Tính ngẫu nhiên thể hiện qua các nhấp nhô trong tín hiệu trở về. Sau khi được tương quan chéo, các yếu tố ngẫu nhiên trong tín hiệu được loại bỏ một phần, đường cong trở nên "trơn" hơn, dễ xác định chính xác đỉnh của tín hiệu.

2.2.2. Ước lượng tham số cự ly $\hat{R}$

Phương pháp ước lượng tham số được sử dụng phổ biến là ước lượng hợp lý cực đại

(MLE). Tuy nhiên, ước lượng hợp lý cực đại cự ly $\hat{R}$ từ tín hiệu có nhiễu Poisson là bài toán phức tạp. Bài báo này sử dụng cách tính toán các ước lượng tham số đơn giản hơn; phương pháp này giống như phương pháp đã trình bày trong [2] nhưng áp dụng với nguồn nhiễu Poisson thay vì nguồn nhiễu Gauss.

Trong [2] đã ước lượng cự ly với tín hiệu thu có nhiễu Gaussian: ước lượng tham số cự ly là giá trị cực đại tại đó dữ liệu thu được *d(t)*, được tương quan chéo bởi bộ lọc *h(t)*. Có thể viết ước lượng cự ly $\hat{R}$:

$$\hat{R} = \arg\max_{R} h(t) * d(t) \tag{4}$$

2.2.3. Các bộ lọc tương quan

Nhiễu phân bố Poisson không phải là nhiễu trắng, không nhất thiết phải dùng bộ lọc tối ưu để ước lượng cự ly. Tiến hành thử mô phỏng theo phương trình (4) với các bộ lọc khác nhau; đã sử dụng bốn bộ lọc.

+ Bộ lọc thứ nhất, được thử nghiệm là bộ lọc bằng với hình dạng của xung phát *p(t)* (không nhiễu). Bộ lọc là:

$$h_1(t) = p(t) \tag{5}$$

Đây là bộ lọc tương quan thực, trong đó, $h_1(t)$ bằng với xung phát không nhiễu.

+ Bộ lọc thứ hai được thử nghiệm là căn bậc hai của xung phát (không nhiễu). Trong trường hợp có nhiễu Poisson, các mẫu có giá trị trung bình cao nhất cũng đồng thời có phương sai lớn nhất. Bộ lọc là:

$$h_2(t) = \left[p(t) \right]^{1/2} \tag{6}$$

+ Bộ lọc thứ ba được thử nghiệm sử dụng giá trị trung bình thực của tín hiệu thu. Vì nhiễu không phải là "trung bình – không", nên phải đưa thêm giá trị độ lệch vào bộ lọc. Bộ lọc là:

$$h_3(t) = Gp(t) + B \tag{7}$$

+ Bộ lọc thứ tự được thử nghiệm là căn bậc hai của giá trị trung bình thực. Lý do sử dụng bộ lọc này cũng giống như đối với bộ lọc $h_2(t)$. Bộ lọc này là:

$$h_4(t) = \left[Gp(t) + B \right]^{1/2} \tag{8}$$

Hai bộ lọc đầu (phương trình (5) và (6)) không yêu cầu thông tin về các tham số chưa biết của hệ thống. Hai bộ lọc tiếp theo (Phương trình (7) và (8)) yêu cầu đã biết trước hệ số chuyển đổi G và độ lệch B của hệ thống [8]. Trong thực tế thường chưa biết trước hệ số chuyển đổi G và độ lệch B; giá trị của chúng được thay bằng các ước lượng thống kê.

2.3. Giới hạn cận dưới CRLB

Độ chính xác ước lượng cự ly thể hiện qua phương sai của ước lượng [4]. Độ lớn của phương sai các ước lượng bị hạn chế bởi giới hạn cận dưới. Giới hạn cận dưới phương sai của mọi ước lượng không chệch dễ xác định nhất là giới hạn cận dưới Cramer-Rao (CRLB). Một ước lượng không chệch đạt được giới hạn dưới này được cho là (hoàn toàn) hiệu quả. Trong một số trường hợp không ước lượng không chệch nào đạt được sự

ràng buộc. Vì vậy, giới hạn CRLB được sử dụng như một công cụ để đánh giá tính hiệu quả của ước lượng.

Giới hạn cận dưới Cramer-Rao (CRLB) áp dụng cho tất cả các thuật toán lọc và các thuật toán khớp đỉnh được sử dụng; với điều kiện các thuật toán đó tạo ra các ước lượng cự ly không chệch. Xác định (CRLB) cần sử dụng mô hình tín hiệu thu có chứa các tham số nhiễu. Các thông số chưa biết trong mô hình, như hệ số chuyển đổi G và cự ly tới mục tiêu R, phải được ước lượng từ dữ liệu có nhiễu.

Giới hạn cận dưới CRLB được tính toán bằng ma trận thông tin Fisher. Giới hạn cận dưới CRLB ước lượng cự ly $\hat{R}$ đối với tín hiệu xung parabol từ [4] là:

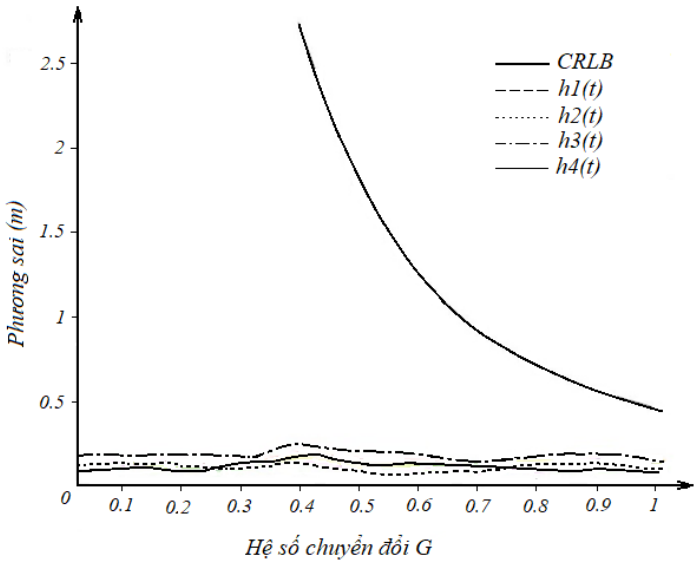
$$Var[\hat{R}] \geq \frac{c^2 p_w}{32Af_s\left[\sqrt{\frac{A+B}{A}}arctanh\left(\sqrt{\frac{A}{A+B}}\right)-1\right]} \tag{9}$$

trong đó, $\hat{R}$ - Ước lượng không chệch của cự ly.

Biểu thức (9) là giới hạn cận dưới CRLB về phương sai của ước lượng cự ly không chệch đối với xung laser.

3. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG VÀ THẢO LUẬN

Áp dụng phương pháp Monte Carlo để thử nghiệm mô phỏng đối với bốn bộ lọc qua lập trình MATLAB. Sử dụng bộ tạo số ngẫu nhiên để tạo ra các thành phần nhiễu trong các tham số. Lập Tín hiệu thu có tính ngẫu nhiên là tổng thành phần có ích và nhiễu. Các nhiễu được tạo ra độc lập; sau đó cộng chúng lại để được nhiễu tổng của toàn hệ thống.



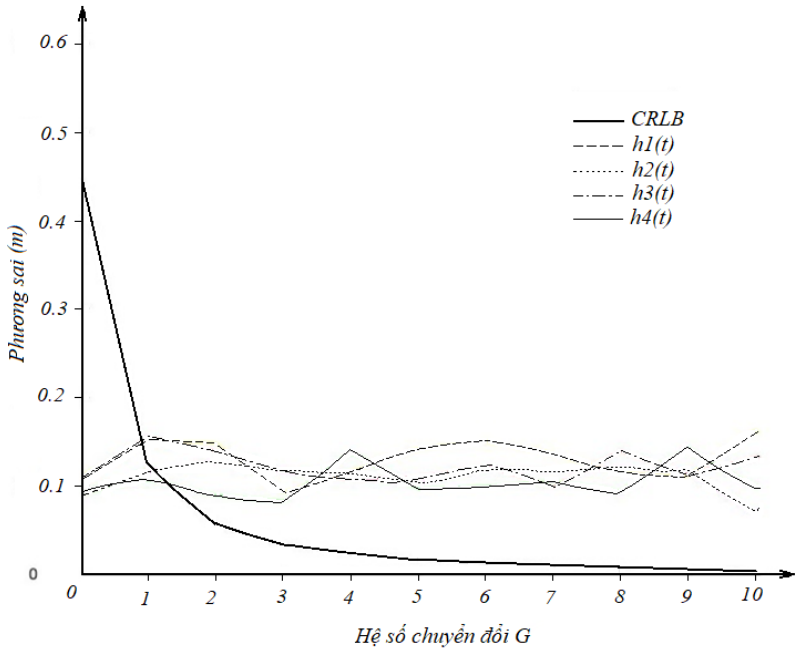
Hình 4. *Khi giá trị G thay đổi trong khoảng 0,1 đến 1.*

Sử dụng xung mô phỏng có độ rộng hai mươi nano giây (P_w = 20 ns). Khoảng thời gian lấy mẫu là một trăm nano giây (t_d = 100 ns). Cự ly đo dự kiến R là 100 m. Lấy mẫu tín hiệu tốc độ một Gigahertz (f_s = 1 GHz). Độ lệch được xác định bằng số lượng photon khi không có tín hiệu đến. Giá trị độ chệch tín hiệu được giả định là 5 điện tử quang (B =

5). Áp dụng phương pháp mô phỏng Monte Carlo, thử mô phỏng nhiều lần cho mỗi giá trị hệ số chuyển đổi *G*, thay đổi từ 10^{-1} đến 10^{3}. Áp dụng để tính toán cho cả bốn bộ lọc. So sánh phương sai của các ước lượng cự ly với giới hạn cận dưới CRLB, rút ra các nhận xét về độ chính xác trong phép đo của từng bộ lọc.

Trên hình 4 là phương sai của các ước lượng khi sử dụng các bộ lọc với hệ số chuyển đổi $G = 0{,}1 \div 1$. Các đường cong phương sai của ước lượng sử dụng các bộ lọc đều thấp hơn nhiều so với giới hạn cận dưới CRLB. Chúng là các ược lượng chệch vì phương sai các ước lượng không chệch sẽ không thấp hơn giới hạn cận dưới Cramer-Rao của chúng. Do đó, sử dụng các bộ lọc không hiệu quả khi hệ số chuyển đổi G có giá trị dưới một. Khi đó, lượng điện tử quang được giải phóng ra quá ít so với lượng photon đến. Tín hiệu điện sẽ bị nhiễu và gây khó khăn cho quá trình tương quan chéo và ước lượng cự ly.

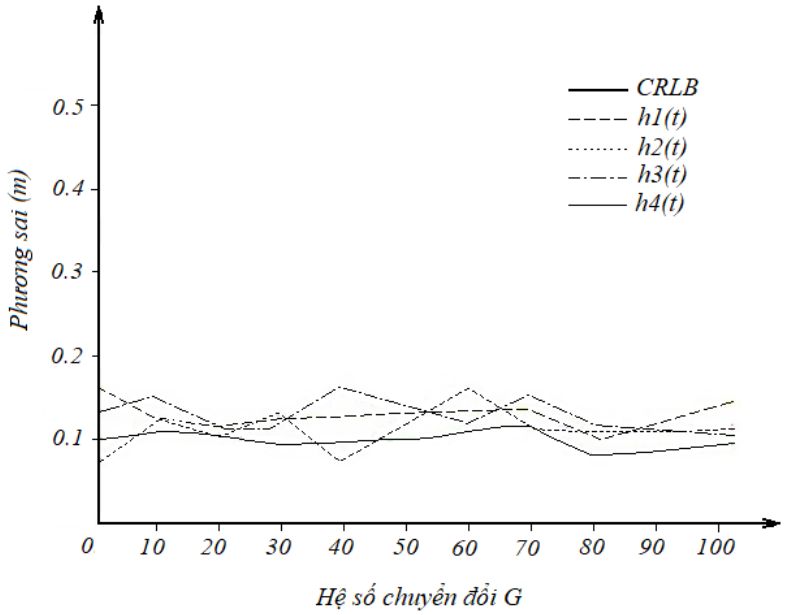
Trong hình 5, thể hiện phương sai của ước lượng khi giá trị hệ số chuyển đổi *G* nằm trong khoảng từ 1 đến 10. Phương sai thấp nhất của cả bốn bộ lọc lớn hơn (vào khoảng gấp đôi) giá trị cận dưới CRLB. Một ước lượng không chệch đạt được giới hạn dưới này được cho là (hoàn toàn) hiệu quả. Trong một số trường hợp không ước lượng không chệch nào đạt được sự ràng buộc. Do đó, ước lượng cự ly khi sử dụng cả bốn bộ lọc đều không phải là các ước lượng hiệu quả.



Hình 5. *Khi giá trị G thay đổi trong khoảng 1 đến 10.*

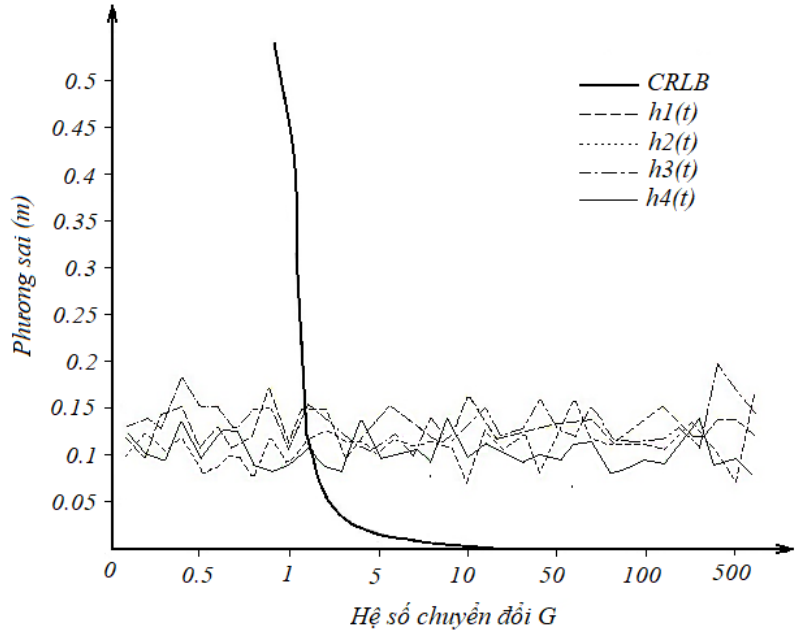
Trên hình 6 là kết quả mô phỏng, khi giá trị G thay đổi trong khoảng 10 đến 100, các bộ lọc 3 và 4 hoạt động không tốt hơn bộ lọc tiêu chuẩn (bộ lọc 1) và bộ lọc căn bậc hai (bộ lọc 2). Thông thường, nếu biết trước các tham số sẽ cải thiện đáng kể hiệu quả của bộ lọc. Tuy nhiên, trong trường hợp này, việc biết trước giá trị hệ số chuyển đổi G và độ lệch B không thật sự hữu ích. Ngoài ra, phương sai của các ước lượng cự ly khi sử dụng các bộ lọc 3 và 4 không nhỏ, vẫn đạt đến giá trị cận dưới Cramer-Rao. Phương sai của các ước lượng ứng với các bộ lọc có giá trị tương đương nhau và cao hơn nhiều lần giá trị giới hạn cận dưới. Việc biết trước những tham số của bộ lọc không nâng cao độ chính

xác của phép ước lượng cự ly là do khi tỷ số *G/B* tiến đến vô cùng, giá trị của *B* sẽ rất nhỏ so với giá trị của *G*.



Hình 6. *Khi giá trị G thay đổi trong khoảng 10 đến 100.*

Trên hình 7 là kết quả thử nghiệm mô phỏng khi hệ số chuyển đổi G lớn hơn 2. Qua thử nghiệm, không có bộ lọc nào đạt đến giới hạn cận dưới Cramer-Rao, vì vậy, không có ước lượng cự ly nào là ước lượng hiệu quả. Phương sai của các ước lượng cự ly đối với cả bốn bộ lọc đều lớn hơn giới hạn cận dưới Cramer-Rao. Khi các giá trị hệ số chuyển đổi G giảm xuống dưới giá trị của độ lệch B, độ chính xác đo cự ly sẽ giảm rất nhanh. Khi hệ số chuyển đổi G dưới 2, ước lượng cự ly là ước lượng chệch.



Hình 7. *Minh họa cho thấy độ chính xác cự ly được tạo ra bởi bốn bộ lọc khác nhau.*

Trong trường hợp nhiễu có phân phối Poisson, các mẫu có giá trị trung bình cao nhất cũng có phương sai lớn nhất. Vì vậy, trong hai bộ lọc đầu tiên, bộ lọc căn bậc hai (bộ lọc 2) có giá trị trung bình thấp hơn bộ lọc tiêu chuẩn (bộ lọc 1). Bộ lọc căn bậc hai sẽ đặt trọng số ít hơn vào các mẫu có phương sai cao nhất so với bộ lọc tiêu chuẩn. Do đó, phương sai của bộ lọc căn bậc hai sẽ thấp hơn phương sai của bộ lọc tiêu chuẩn và gần giá trị giới hạn cận dưới Cramer Rao hơn. Khi so sánh 2 bộ lọc căn bậc hai (bộ lọc 2) và (bộ lọc 4), phương sai ước lượng cự ly của 2 bộ lọc này có giá trị tương đương. Tuy nhiên, việc giảm ước lượng các tham số *G* và *B* sẽ giúp bộ lọc số 2 hiệu quả hơn.

4. KẾT LUẬN

Nhiễu ngẫu nhiên trong tín hiệu thu làm giảm độ chính xác đo cự ly của ngòi nổ laser. Bài báo đã nghiên cứu hiệu quả của việc sử dụng lọc tương quan đến độ chính xác đo cự ly. Tiến hành tính toán mô phỏng ước lượng cự ly với 04 bộ lọc tương quan; sử dụng giới hạn cận dưới Cramer-Rao cho lượng cự ly. Bài báo đã sử dụng xung laser thu có nhiễu Poisson để đánh giá độ chính xác của ước lượng cự ly. Kết quả tính toán mô phỏng cho thấy, khi hệ số chuyển đổi *G* nhỏ hơn "1" phương sai của các bộ lọc đều ước lượng cự ly nhỏ hơn giới hạn cận dưới, đây là ước lượng chệch. Bộ lọc tương quan hiệu quả nhất của ước lượng cự ly là bộ lọc căn bậc hai (bộ lọc 3 và bộ lọc 4). Việc biết trước những thông tin (hệ số chuyển đổi *G* và độ chệch *B*) không thật sự hữu ích trong việc nâng cao độ chính xác đo cự ly. Trong bước tiếp theo, chúng tôi sẽ tiếp tục công việc nghiên cứu thiết kế trên ngòi nổ laser theo hướng cải thiện hiệu suất của ngòi nổ trong các trường hợp ngòi nổ sớm hoặc không nổ liên quan đến độ nhạy của bộ lọc.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. A. Jelalian, *Laser Radar Systems* (Artech House, 1992).

[2]. Kay S. *Fundamentals of Statistical Signal Processing: Estimation Theory*. New Jersey: Prentice Hall, 1993.

[3]. B. Rye and R. Hardesty, "*Discrete spectral peak estimation in incoherent backscatter heterodyne lidar. I. Spectral accumu- lation and the Cramer–Rao lowerbound*," IEEE Trans. Geosci. Remote Sens. 31, 16–27 (1993).

[4]. Steinvall O. and Chevalier T. "*Range accuracy and resolution for laser radars*," Proc. SPIE Vol. 5988, Electro-Optical Remote Sensing, 598808

[5]. S. Cain, R. Richmond, and E. Armstrong, "*Flash light detection and ranging accuracy limits for returns from single opaque surfaces via Cramer–Rao bounds*," Appl. Opt. 45, 6154– 6162 (2006).

[6]. R. D. Richmond S. C. Cain, *Direct Detection LADAR Systems*, SPIE Press, Washington, 8-23, 2009.

[7]. J. Goodman, *Introduction to Fourier Optics* (McGraw- Hill, 1996).

[8]. G.Osche, *Optical Detection Theory* (Wiley-Interscience,2002).

[9]. Johnson Steven and Cain Stephen, *"Bound on range precision for shot-noise limited ladar systems*," IEEE transactions on image processing 10 (12), 1860-1872, 2001. 156, 2001.

[10]. Gini F., Greco M., and Farina A. "*Clairvoyant and adaptive signal detection in non-Gaussian clutter: a data-dependent threshold interpretation*," IEEE Transactions on Signal Processing, 47(5):1522–1531 (June 1999).

[11]. S. Johnson, T. Nichols, P. Gatt, and T. Klausutis, "*Range precision of direct detection laser radar systems*," Proc. SPIE 5412, 72–86 (2004).

ABSTRACT

RANGE ESTIMATOR FOR LASER FUSES
BY METHODS OF MATCHED FILTERS

Applying the technology of laser pulses to proximity fuses is considered more and more nowadays. The various noise sources can be modeled to derive limits on the precision of range measurements on the optical receiver. This paper examines several different matched filters to estimate the range measurements by the methods of cross-correlation. Noise sources in system is modeled using the Poisson distribution. The results of the simulation show that the most effective matched filter in range estimation is the square root filter.

Keywords: Laser fuses; Poisson distribution; Cramer-Rao lower bound; Range estimation.

Nhận bài ngày 15 tháng 8 năm 2021
Hoàn thiện ngày 16 tháng 9 năm 2021
Chấp nhận đăng ngày 24 tháng 9 năm 2021

Địa chỉ: [1]Tổng cục Công nghiệp quốc phòng;
[2]Khoa Kỹ thuật điều khiển, Học viện KT-QS.
[*]Email:nguyenhoanglinh@lqdtu.edu.com.vn.