

## Xây dựng bộ điều khiển cho drone chữa cháy nhà cao tầng

Nguyễn Đức Ánh\*

Trường Đại học Phòng cháy chữa cháy, 243 Khuất Duy Tiên, Nhân Chính, Thanh Xuân, Hà Nội, Việt Nam.

\*Email: anhpcpp@gmail.com

Nhận bài: 09/01/2024; Hoàn thiện: 10/3/2024; Chấp nhận đăng: 14/3/2024; Xuất bản: 01/4/2024.

DOI: <https://doi.org/10.54939/1859-1043.j.mst.CAPITI.2024.105-111>

### TÓM TẮT

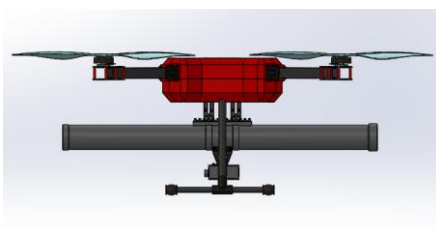
Trên cơ sở mô hình động lực học mô tả sự chuyển động của drones chữa cháy nhà cao tầng được nhóm tác giả xây dựng bằng phương pháp Newton - Euler đã công bố, bài báo nghiên cứu, xây dựng bộ điều khiển nhằm điều khiển ổn định cho drones chữa cháy khi thiết bị chuyển động thông thường và khi hệ thống phóng tên lửa chữa cháy đối với các nhà cao tầng tại Việt Nam. Do tính chất của đối tượng điều khiển, bài báo chọn sử dụng bộ điều khiển cuộn chiếu - tích phân, kết hợp bộ điều khiển bù feedforward cho giai đoạn phóng tên lửa chữa cháy để thực hiện nhiệm vụ trên. Kết quả mô phỏng trên Matlab/simulink cho thấy hệ thống ổn định tốt tại vị trí tham chiếu và đáp ứng được yêu cầu bài toán đặt ra.

**Từ khoá:** Điều khiển backstepping; Drone chữa cháy; UAV.

### 1. MỞ ĐẦU

Chữa cháy nhà cao tầng luôn đặt ra rất nhiều thách thức và khó khăn cho lực lượng phòng cháy chữa cháy trên thế giới, bởi sự hạn chế trong khả năng tiếp cận của các phương tiện chữa cháy tới các vị trí cháy, nổi trên các tầng cao. Trong khi đó, tốc độ đô thị hóa chóng mặt trong phạm vi quỹ đất hạn chế đã làm cho các nhà cao tầng ngày càng được đầu tư xây dựng với mật độ cao, dẫn tới khoảng cách các tòa nhà bị thu hẹp, do đó, càng làm cho việc tiếp cận và tổ chức công tác chữa cháy gặp nhiều khó khăn bởi không gian và diện tích hạn chế trong môi trường đô thị [1]. Vì vậy, đối với các đám cháy nhà cao tầng, siêu cao tầng, để nâng cao hiệu quả chữa cháy và giảm thiểu rủi ro, việc sử dụng các thiết bị bay (UAV) chữa cháy là rất cần thiết.

Trên thế giới đã có một số nghiên cứu về UAV cho công tác chữa cháy, mỗi mô hình có ưu, nhược điểm và điều kiện ứng dụng khác nhau [9, 11]. Kết quả các nghiên cứu đã chỉ ra rằng mẫu UAV có khả năng chữa cháy bên trong nhà, trên các tầng cao là loại UAV mang theo thiết bị phóng chất chữa cháy dạng tên lửa. Tuy nhiên, mô hình UAV và bài toán ổn định khi thiết bị làm việc vẫn chưa được nghiên cứu và công bố. Trong phạm vi bài báo này, mô hình UAV đề xuất cho chữa cháy nhà cao tầng là Quadrotor mang theo camera và hệ thống phóng tên lửa chữa cháy (hình 1) với các đặc điểm sau:



Hình 1. Mô hình Quadrotor chữa cháy đề xuất.

- Khung Quadrotor với 4 cánh quạt bố trí đối xứng hình “X” để tận dụng những ưu điểm của nó so với các loại thiết bị bay khác, như: kết cấu cơ khí đơn giản, có độ tin cậy cao; kích thước nhỏ gọn cho phép dễ dàng vận chuyển thiết bị tới hiện trường; bộ điều khiển được thiết kế đơn giản, ít tốn kém hơn; hoạt động linh hoạt trong môi trường chật hẹp và nhiều vật cản ở đô thị,...

- Thiết bị phóng tên lửa chữa cháy khi hoạt động sẽ kích hoạt thuốc phóng tạo ra lực đẩy, đẩy

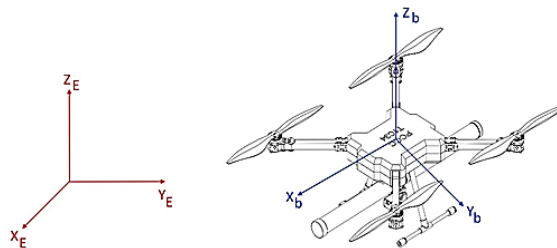
quả đạn mang chất chữa cháy phóng vào vị trí cháy nhằm phá vỡ các cửa kính, cửa sổ ngăn cách, đưa chất chữa cháy vào bên trong gian phòng để chữa cháy. Điều này cho phép thiết bị đề xuất có khả năng chữa cháy từ xa, giữ khoảng cách đảm bảo an toàn với ngọn lửa.

- Camera được lắp đặt trên thiết bị có nhiệm vụ thu thập hình ảnh từ vụ cháy, và đóng vai trò ống ngắm xác định vị trí phóng tên lửa chữa cháy.

## 2. MÔ HÌNH HÓA THIẾT BỊ BAY CHỮA CHÁY NHÀ CAO TẦNG

### 2.1. Mô hình động lực học thiết bị bay chữa cháy nhà cao tầng

Mô hình động lực học của thiết bị bay chữa cháy nhà cao tầng (TBB) được xây dựng theo phương pháp Newton – Euler đã được nhóm tác giả công bố tại [9], với các giả thiết như sau: Bỏ qua các yếu tố biến dạng đàn hồi do kết cấu khung thiết bị, coi thiết bị là vật rắn tuyệt đối với cấu trúc đối xứng; Cánh quạt thiết bị là vật rắn tuyệt đối. Các hiệu ứng khí động học do hiệu ứng blade flapping được loại bỏ; Bỏ qua hiệu ứng mặt đất do các yếu tố này sẽ có tác động tương đối nhỏ hoặc chỉ trong khoảng thời gian rất ngắn so với tổng thời gian thiết bị hoạt động. Phương pháp này đã được chứng minh về tính hiệu quả trong thực tiễn thông qua các nghiên cứu trước đó [2-4].



Hình 2. Hệ quy chiếu quán tính và hệ quy chiếu gắn liền thiết bị bay.

Mô hình động lực học miêu tả mối quan hệ giữa lực, moment với sự chuyển động của thiết bị như sau [5]:

$$\begin{cases} \dot{x} = w[s(\varphi)s(\psi) + c(\varphi)c(\psi)s(\theta)] - v[c(\varphi)s(\psi) - c(\varphi)s(\psi)s(\theta)] + u[c(\psi)c(\theta)] \\ \dot{y} = v[c(\varphi)c(\psi) + s(\varphi)s(\psi)s(\theta)]c - w[c(\psi)s(\varphi) - c(\psi)s(\psi)s(\theta)] + u[c(\theta)s(\psi)] \\ \dot{z} = w[c(\varphi)c(\theta)] - u[s(\theta)] + v[c(\theta)s(\varphi)] \\ \dot{\phi} = p + r[c(\varphi)t(\theta)] + [qs(\varphi)t(\theta)]; \dot{\theta} = qc(\varphi) - rs(\varphi); \dot{\psi} = q\frac{c(\varphi)}{s(\theta)} + r\frac{c(\varphi)}{c(\theta)} \end{cases} \quad (1)$$

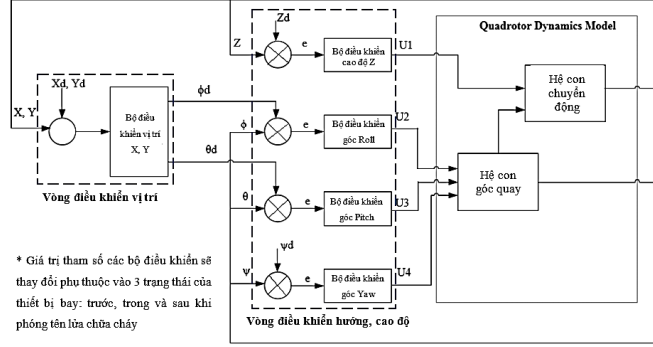
Trong đó: Vector  $\Phi = [x \ y \ z \ \phi \ \theta \ \psi]^T$  mô tả vị trí và hướng của thiết bị trong hệ quy chiếu quán tính; Vector  $v^B = [u \ v \ w]$  và  $\omega^B = [p \ q \ r]$  lần lượt mô tả vector vận tốc dài và vận tốc góc của thiết bị trong hệ quy chiếu gắn liền với thiết bị.

### 3. THIẾT KẾ BỘ ĐIỀU KHIỂN CHO THIẾT BỊ BAY CHỮA CHÁY NHÀ CAO TẦNG

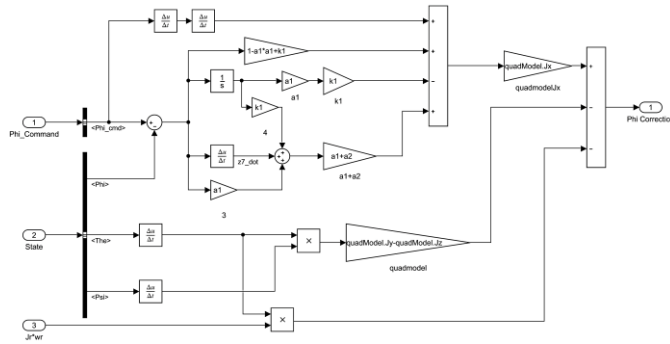
Để thực hiện nhiệm vụ chữa cháy TBB sẽ thực hiện 3 giai đoạn hoạt động, gồm: giai đoạn tiếp cận, giai đoạn phóng tên lửa chữa cháy và giai đoạn quay về. Mô hình TBB thực hiện nhiệm vụ chữa cháy có bản chất tương tự như mô hình Quadrotor mang theo tải. Các công trình được nghiên cứu trên thế giới trước đây đã áp dụng thành công nhiều bộ điều khiển khác nhau cho việc ổn định quadrotor khi di chuyển và điều hướng thông thường. Tuy nhiên, đối với bộ điều khiển cho TBB chữa cháy nhà cao tầng, yêu cầu thiết kế bộ điều khiển vừa phải đảm bảo tính ổn định của hệ thống, vừa phải đảm bảo triệt tiêu được các sai lệch tĩnh khi tồn tại nhiễu tác động vào hệ thống, do đó, nghiên cứu lựa chọn bộ điều khiển cuộn chiều – tích phân, đồng thời đề xuất sử dụng thêm bộ điều khiển bù feedforward cho giai đoạn phóng tên lửa chữa cháy.

### 3.1. Mô hình điều khiển

Cấu trúc điều khiển phân tầng thiết bị bay được trình bày trong hình 3, gồm: Vòng điều khiển ngoài là vòng điều khiển vị trí bao gồm bộ điều khiển vị trí X, Y tạo ra tín hiệu điều khiển  $\phi_d, \theta_d$ . Vòng điều khiển trong là vòng điều khiển góc hướng, cao độ với bộ điều khiển cao độ Z tạo ra tín hiệu điều khiển U1, và 3 bộ điều khiển góc pitch, roll, yaw tạo 3 tín hiệu điều khiển U2, U3, U4.



Hình 3. Cấu trúc mô hình điều khiển phân tầng cho thiết bị bay.



Hình 4. Bộ điều khiển cuộn chiều – tích phân cho góc roll.

### 3.2. Vòng điều khiển hướng, cao độ

Luật điều khiển  $U_1$  cho kênh điều khiển độ cao;  $U_2, U_3, U_4$  cho kênh điều khiển góc quay  $\phi, \theta$  và góc yaw  $\psi$  như sau [10]:

$$U_1 = \frac{m}{\cos \phi \cos \theta} \left( g + (1 - a_7^2 + k_4) \ddot{e}_7 + (\alpha_7 + \alpha_8) \dot{e}_8 + z_d - k_4 \alpha_7 \chi_4 \right) \quad (2)$$

$$U_2 = I_{xx} \left( (1 - a_1^2 + k_1) \ddot{e}_1 + (\alpha_1 + \alpha_2) \dot{e}_2 + \ddot{\phi}_d - k_1 \alpha_1 \chi_1 \right) - (I_{yy} - I_{zz}) \dot{\phi} \dot{\psi} - J_r \omega_r \dot{\theta} \quad (3)$$

$$U_3 = I_{yy} \left( (1 - a_3^2 + k_2) \ddot{e}_3 + (\alpha_3 + \alpha_4) \dot{e}_4 + \ddot{\theta}_d - k_2 \alpha_3 \chi_3 \right) - (I_{zz} - I_{xx}) \dot{\theta} \dot{\psi} + J_r \omega_r \dot{\phi} \quad (4)$$

$$U_4 = I_{zz} \left( (1 - a_5^2 + k_3) \ddot{e}_5 + (\alpha_5 + \alpha_6) \dot{e}_6 + \ddot{\psi}_d - k_3 \alpha_5 \chi_3 \right) - (I_{xx} - I_{yy}) \dot{\phi} \dot{\theta} \quad (5)$$

Trong đó:  $a_i, \alpha_i, k_i$  là các hằng số  $> 0$ ;  $e_1 = \phi_d - \phi$ ;  $e_2 = \omega_{xd} - \omega_x = a_1 e_1 + \dot{\phi}_d + k_1 \chi_1 - \omega_x$ ;  $e_3 = \theta_d - \theta$ ;  $e_4 = a_3 e_3 + \dot{\theta}_d + k_2 \chi_2 - \dot{\theta}$ ;  $e_5 = \psi_d - \psi$ ;  $e_6 = a_5 e_5 + \dot{\psi}_d + k_3 \chi_3 - \dot{\psi}$ ;  $e_7 = z_d - z$ ;  $e_8 = a_7 e_7 + \dot{z}_d + k_4 \chi_4 - \dot{z}$ ;  $\chi_1 = \int_0^t e_1(t) dt$ ;  $\chi_2 = \int_0^t e_3(t) dt$ ;  $\chi_3 = \int_0^t e_5(t) dt$ ;  $\chi_4 = \int_0^t e_7(t) dt$ .

**3.3. Vòng điều khiển vị trí**

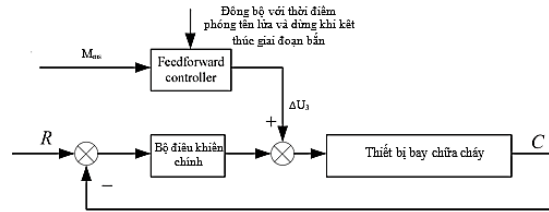
$$\ddot{x}_d = \frac{m}{U_1} \left( (1 - a_9^2 + k_5) e_9 + (\alpha_9 + \alpha_{10}) e_{10} - k_5 \alpha_9 \chi_5 \right) \tag{6}$$

$$\ddot{y}_d = \frac{m}{U_1} \left( (1 - a_{11}^2 + k_6) e_{11} + (\alpha_{11} + \alpha_{12}) e_{12} - k_6 \alpha_{11} \chi_6 \right) \tag{7}$$

Trong đó:  $\alpha_9, \alpha_{10}, \alpha_{11}, \alpha_{12}, k_4, k_5$  là các hằng số  $> 0$ ;  $e_9 = x_d - x$ ;  $e_{10} = a_9 e_9 + \dot{x}_d + k_5 \chi_5 - \dot{x}$ ;  $e_{11} = y_d - y$ ;  $e_{12} = a_{11} e_{11} + \dot{y}_d + k_6 \chi_6 - \dot{y}$ ;  $\chi_5 = \int_0^t e_9(t) dt$ ;  $\chi_6 = \int_0^t e_{11}(t) dt$ ;

**3.4. Thiết kế bộ điều khiển bù cho giai đoạn phóng tên lửa chữa cháy**

Từ cấu tạo và các thông số của cơ cấu phóng tên lửa chữa cháy, hoàn toàn có khả năng đo đạc và xác định được các giá trị: lực  $F_{ms}$ , momen quay  $M_{ms}$  và thời gian phóng  $t_{reaction}$  tác động vào thiết bị bay khi phóng tên lửa chữa cháy. Do đó, để hạn chế các tác động “xấu” gây rung lắc, mất ổn định khi phóng tên lửa, bài báo sử dụng phương pháp bù feedforward, với mục đích tác động một lực cùng lúc, cùng độ lớn nhưng ngược chiều với lực phóng tên lửa để triệt tiêu lực này.



**Hình 5.** Cấu trúc bù feedforward trong giai đoạn phóng tên lửa chữa cháy.

Từ phương trình mô tả động học của TBB trong giai đoạn phóng tên lửa [9], ta có thể thấy giai đoạn phóng tên lửa gây ra 2 tác động “xấu” là: 1) Moment  $M_{ms}$  tác động vào thành phần vận tốc góc  $\dot{q}$  gây ra chuyển động quay quanh góc pitch. Giá trị thay đổi này có thể triệt tiêu bởi tín hiệu điều khiển  $U_3$ ; 2) Lực  $F_{ms}$  tác động vào thành phần vận tốc dài  $\dot{u}$  gây ra chuyển động giật lùi của thiết bị bay theo phương  $\overline{Ox_b}$ . Giá trị này chỉ có thể được triệt tiêu thông qua việc điều chỉnh hướng, vận tốc của thiết bị bay ( $\theta, q, w, r, v$ ), tuy nhiên điều này sẽ làm thiết bị bay bị rung lắc dẫn tới tên lửa có khả năng phóng trượt mục tiêu đã ngắm. Do đó, đối với bài toán thiếu cơ cấu chấp hành như trên, trong giai đoạn phóng chúng ta chỉ điều khiển ổn định về góc quay ( $\phi=0; \theta=0$ ), việc điều khiển bám giá trị đặt về vị trí (x, y) sẽ được thực hiện sau khi kết thúc quá trình phóng.

Để cơ cấu bay không bị rung lắc trong quá trình phóng tên lửa, tín hiệu điều khiển  $U_3$ :

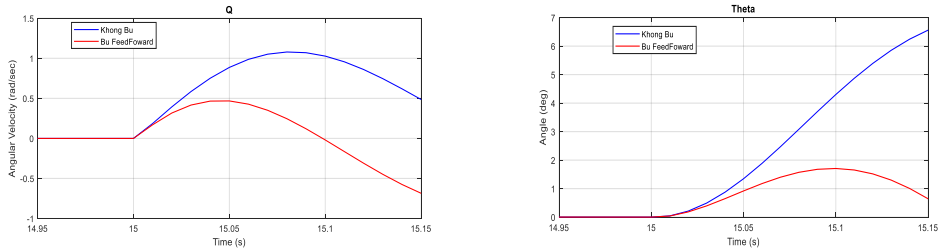
$$\frac{I_{zz} - I_{xx}}{I_{yy}} qr - \frac{J_r \omega_r}{I_{yy}} p + \frac{U_3}{I_{yy}} + M_{ms} = 0 \Rightarrow U_3 = -M_{ms} I_{yy} - (I_{zz} - I_{xx}) qr + J_r \omega_r p \tag{8}$$

**4. MÔ PHỎNG, TÍNH TOÁN VÀ THẢO LUẬN**

Mô phỏng được thực hiện bằng phần mềm Matlab, với các thông số của TBB thực hiện nhiệm vụ chữa cháy [8] : Trọng lượng thiết bị bay trước khi phóng tên lửa  $m = 7.430$  kg; Trọng lượng thiết bị bay sau khi phóng tên lửa  $= 5.630$  kg; Khoảng cách từ trọng tâm thiết bị bay tới trọng tâm động cơ  $= 0.5$  m; Momen quán tính xung quanh trục x, y, z ban đầu lần lượt là: 0.161, 0.308, 0.332 Kg.m<sup>2</sup>; Lực ma sát tác động vào thiết bị bay 15.2 N; Moment tạo ra bởi ma sát trong quá trình phóng tên lửa  $= 3.8$  N.m.

**4.1. Mô phỏng bộ điều khiển bù feedforward trong giai đoạn phóng tên lửa**

Bộ điều khiển bù feedforward được thiết kế theo phương trình (14), với thông số ở bảng 1, kết quả mô phỏng được trình bày trong hình 6:

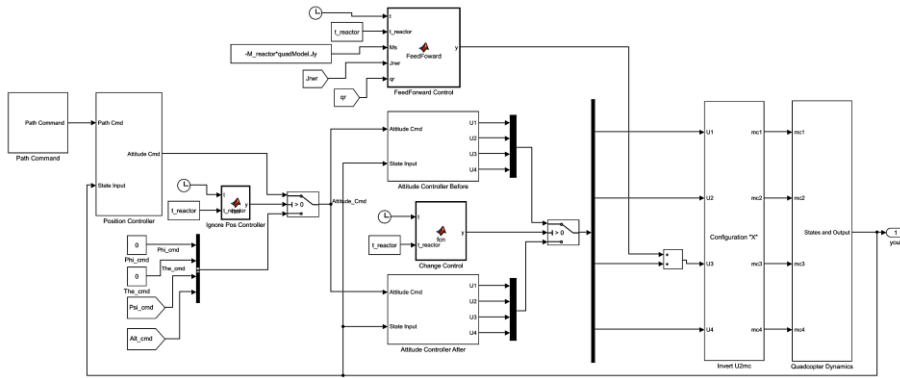


Hình 6. Đáp ứng vận tốc góc  $q$ , góc  $\theta$  trong giai đoạn phóng tên lửa chữa cháy.

Kết quả mô phỏng cho thấy hiệu quả của khâu bù feedforward. Trong giai đoạn phóng tên lửa chữa cháy, nếu không có khâu bù, góc  $\theta$  thay đổi với biên độ lớn  $6.5^\circ$  nhưng khi có khâu bù sự thay đổi này xấp xỉ  $2^\circ$ . Tuy nhiên, để đảm bảo hiệu quả của khâu bù feedforward, yêu cầu phải đồng bộ hóa thời điểm kích hoạt tên lửa chữa cháy và kích hoạt bộ điều khiển feedforward.

4.2. Mô phỏng quá trình hoạt động của thiết bị bay

Quá trình hoạt động của thiết bị bay thực hiện nhiệm vụ chữa cháy được mô phỏng bằng phần mềm Matlab với cấu trúc điều khiển như hình 7.



Hình 7. Cấu trúc điều khiển thiết bị bay thực hiện nhiệm vụ chữa cháy.

Bao gồm 4 bộ điều khiển chính: Bộ điều khiển cho vòng điều khiển vị trí (x, y) được thiết kế bằng luật điều khiển cuộn chiều – tích phân được trình bày trong mục 3.1 với thông số trong bảng 1.

Bảng 1. Thông số bộ điều khiển cuộn chiều – tích phân cho vòng điều khiển vị trí.

Bộ điều khiển	$k_5/k_6$	$a_9/a_{11}$	$a_{10}/ a_{12}$
Vị trí x	9.2	8.8	2.05
Vị trí y	7.5	8.5	0.8

Bộ điều khiển cho vòng điều khiển hướng, cao độ trong giai đoạn 1: có các thông số điều khiển trong bảng 2.

Bảng 2. Thông số bộ điều khiển cuộn chiều – tích phân cho vòng điều khiển hướng, cao độ.

Bộ điều khiển	$k_4/ k_1/k_2/ k_3$	$a_7/a_1/a_3/a_5$	$a_8/a_2/a_4/ a_6$
Cao độ $U_1$	5.5	12	2.8
Góc Roll $U_2$	4.6	30.2	3.5
Góc Pitch $U_3$	4.12	30.2	3.34
Góc Yaw $U_4$	6.13	35.2	3.5

Bộ điều khiển bù feedforward nhằm triệt tiêu ảnh hưởng của quá trình phóng tên lửa chữa cháy tới TBB được trình bày trong mục 3.4. Trong khoảng thời gian phóng tên lửa chữa cháy, kích hoạt bộ điều khiển bù feedforward, đồng thời vô hiệu hóa bộ điều khiển vị trí nhằm tránh việc bộ điều khiển vị trí tạo ra các tín hiệu góc đặt ( $\phi_d, \theta_d$ ) với mục đích đưa TTB về giá trị ( $x_d, y_d$ ) nhưng lại

làm lệch hướng phóng của tên lửa chữa cháy. Bộ điều khiển cho vòng điều khiển hướng, cao độ trong giai đoạn 3 có các thông số trình bày trong bảng 3.

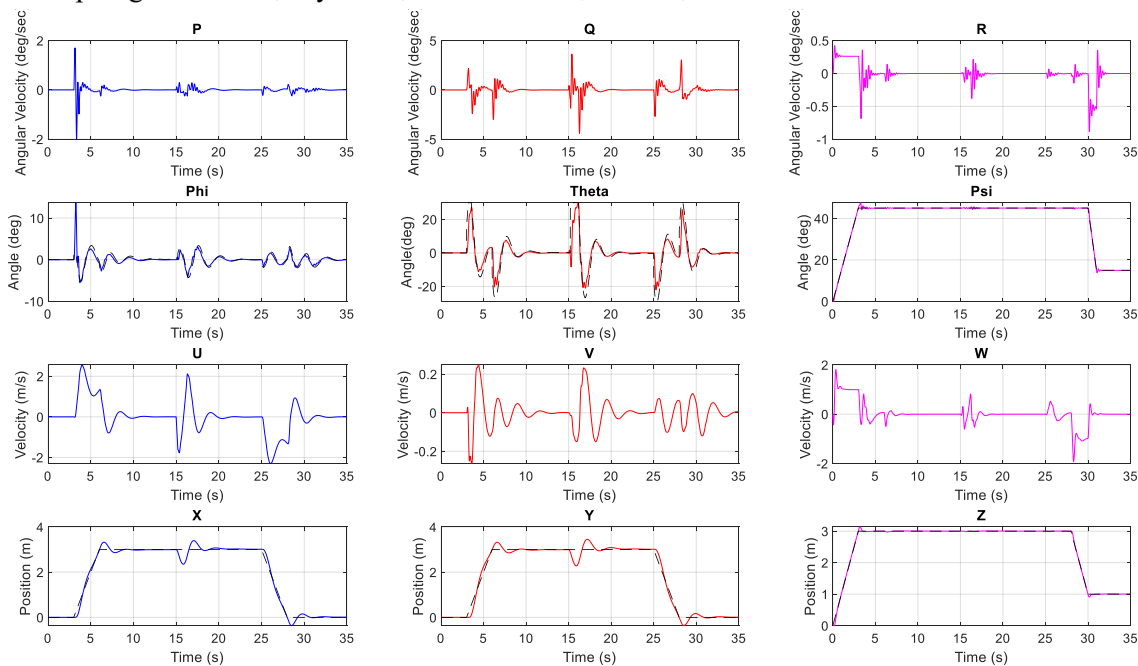
**Bảng 3.** Thông số bộ điều khiển khâu cuốn chiếu – tích phân cho giai đoạn 3.

Bộ điều khiển	$k_4/ k_1/k_2/ k_3$	$a_7/a_1/a_3/a_5$	$a_8/a_2/a_4/ a_6$
Cao độ $U_1$	5.2	10.2	2.8
Góc Roll $U_2$	4.3	25.6	3.5
Góc Pitch $U_3$	4.12	24.3	3.34
Góc Yaw $U_4$	5.13	25.2	3.5

Với cấu trúc điều khiển trên, kịch bản tín hiệu đặt mô tả quá trình hoạt động của TTB như sau:

- Giai đoạn 1: TBB xuất phát từ tọa độ (0,0,0) bay lên cao độ (0,0,3 m) với vận tốc 1m/s đồng thời quay góc yaw  $45^\circ$  với vận tốc 15 °/s (Kết thúc tại thời điểm 3 s);
- Giai đoạn 2: Từ vị trí (0, 0, 3) di chuyển tới tọa độ (3 , 3, 3) với vận tốc 1 m/s giữ nguyên góc yaw  $45^\circ$  (Kết thúc tại thời điểm 6 s);
- Giai đoạn 3: Giữ ổn định tại vị trí (3, 3, 3) và góc yaw  $45^\circ$  từ 6 s đến 15 s;
- Giai đoạn 4: Tại thời điểm 15 s, kích hoạt phóng tên lửa chữa cháy;
- Giai đoạn 5: Tại thời điểm 25 s, di chuyển từ vị trí (3 , 3, 3) về (0, 0, 3) với vận tốc 1 m/s giữ nguyên góc yaw  $45^\circ$  (Kết thúc tại thời điểm 28 s);
- Giai đoạn 6: Di chuyển từ vị trí (0, 0, 3) về (0, 0, 1) với vận tốc 1 m/s giữ nguyên góc yaw  $45^\circ$  (Kết thúc tại thời điểm 30 s);
- Giai đoạn 7: Xoay góc yaw từ  $45^\circ$  về  $15^\circ$  trong 1 giây (Kết thúc tại thời điểm 31 s).

Đáp ứng của thiết bị bay với kịch bản trên được thể hiện hình 8.



**Hình 8.** Đáp ứng của thiết bị.

Kết quả mô phỏng cho thấy TBB đáp ứng tốt kịch bản đề xuất. Các giá trị (x,y,z,ψ) bám sát các giá trị đặt, đặc biệt là cao độ z và góc yaw ψ. Vị trí (x, y) tồn tại quá điều chỉnh nhỏ trong quá trình di chuyển, tuy nhiên, nhanh chóng về trạng thái ổn định, ngay cả khi chịu ảnh hưởng của phân lực và việc thay đổi các thông số kỹ thuật của TBB sau khi phóng tên lửa chữa cháy.

## 5. KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG NGHIÊN CỨU

Với các bộ điều khiển được xây dựng, kết quả mô phỏng đã chứng minh tính ổn định của TBB bám sát các vị trí mong muốn, kể cả trong điều kiện làm việc phức tạp nhất là giai đoạn phóng tên lửa chữa cháy. Đây là kết quả nghiên cứu bước đầu về TBB thực hiện nhiệm vụ chữa cháy nhà cao tầng, hướng nghiên cứu tiếp theo là cần cải thiện cấu trúc điều khiển để triệt tiêu độ quá điều chỉnh trong các đáp ứng vị trí  $(x,y)$ . Đồng thời nâng cao hiệu quả của bộ điều khiển bù feedforward, đặc biệt là sự đồng bộ về thời gian kích hoạt và nâng cấp cấu trúc TBB chữa cháy để có khả năng mang theo khối lượng chất chữa cháy nhiều hơn, tiếp tục triển khai thử nghiệm thực tế với các kịch bản khác nhau để đánh giá độ ổn định của hệ thống cũng như hiệu quả của thuật toán.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. K. Himoto, Y. Akimoto, A. Hokugo, and T. Tanaka, "Risk and behavior of fire spread in a densely-built urban area," *Fire Safety Science*, Vol. 9, pp. 267-278, (2008).
- [2]. S. Kurak and M. Hodzic, "Control and estimation of a quadcopter dynamical model," *Periodicals of Engineering Natural Sciences*, Vol. 6, No. 1, pp. 63-75, (2018).
- [3]. C. A. Cárdenas Ruiz, "Performance study of the flight control and path planning for a UAV type Quadrotor," *Ingeniería Mecatrónica*, (2018).
- [4]. S. Bouabdallah, "Design and control of quadrotors with application to autonomous flying," *Epdf*, (2007).
- [5]. F. Sabatino, "Quadrotor control: modeling, nonlinear control design, and simulation," ed, (2015).
- [6]. T. Luukkonen, "Modelling and control of quadcopter," Independent research project in applied mathematics, Espoo, Vol. 22, p. 22, (2011).
- [7]. D. Li, H. Wang, and W. Gai, "Application of a feedforward controller with a disturbance observer for UAV during missile launch," in 2nd International Conference on Artificial Intelligence, Management Science and Electronic Commerce (AIMSEC), pp. 2811-2815: IEEE, (2011).
- [8]. Noudeh Mehran Ebadollahi, "Design and control of X5 unmanned aerial robot," Middle East Technical University, (2015).
- [9]. N. D. Anh, P. H. Hai, N. T. H. Hanh, N. Q. Vinh, "The dynamic model of a high-rise firefighting drone". *Computer research and modeling*, Vol.14, No.1, pp 115–126, (2022), doi: 10.20537/2076-7633-2022-14-1-115-126.
- [10]. Elkholly H M, "Dynamic Modeling and Control of a Quadrotor using Linear and Nonlinear Approaches" Thesis, American University in Cairo, (2014).
- [11]. Radu V., Tiberiu A., Schmidt K., Saqib M. "Use of drones for firefighting operations", (2019).

### ABSTRACT

#### **Building a controller for a high-rise firefighting drone**

*On the basis of a dynamic model describing the movement of high-rise firefighting drones built by the authors using the Newton - Euler method as published, this article researches and builds a controller to stably control firefighting drones in normal motion and when the system launches the firefighting rocket for high-rise buildings in Vietnam. Due to the nature of the control object, the article chooses to use a rolling-integral controller combined with a feedforward compensation controller for the firefighting missile launch stage to perform the above task. Simulation results on Matlab/simulink show that the system is stable at the reference position and meets the requirements of the problem.*

**Keywords:** Backstepping control; Firefighting drones; UAVs.