

# SO SÁNH GIÁ TRỊ TỐC ĐỘ GÓC THU ĐƯỢC TỪ CẢM BIẾN MPU6050 VÀ GIÁ TRỊ ƯỚC LƯỢNG BẰNG BỘ QUAN SÁT TRONG ĐIỀU KHIỂN UAV

*Lê Quý Anh<sup>1</sup>, Ngô Doãn Thanh<sup>1</sup>*  
*Email: lequyanh.bmstu@gmail.com*

Ngày tòa soạn nhận được bài báo: 02/06/2025

Ngày phản biện đánh giá: 01/12/2025

Ngày bài báo được duyệt đăng: 19/12/2025

DOI: 10.59266/houjs.2025.1098

**Tóm tắt:** Trong các hệ thống điều khiển UAV (Unmanned Aerial Vehicle), việc xác định chính xác trạng thái trong không gian như góc chúc ngóc, góc nghiêng, góc hướng và các tốc độ góc tương ứng là yêu cầu thiết yếu để đảm bảo độ ổn định và đáp ứng nhanh. Tuy nhiên, cảm biến quán tính MPU6050 - gồm con quay hồi chuyển (gyroscope) và cảm biến gia tốc (accelerometer) - thường bị ảnh hưởng bởi nhiễu và trôi cảm biến (bias drift). Bài báo này trình bày kết quả so sánh giữa tốc độ góc đo trực tiếp từ cảm biến MPU6050 và tốc độ góc ước lượng thông qua bộ quan sát Luenberger. Phương pháp đề xuất cho phép giảm nhiễu và cải thiện tính ổn định của tín hiệu góc, giúp tăng chất lượng điều khiển trong hệ LQR cho UAV bốn cánh (Quadrotor). Kết quả mô phỏng và thử nghiệm cho thấy tín hiệu ước lượng từ bộ quan sát có dạng mượt hơn, phản ánh đúng xu hướng động học thực, đồng thời giảm đáng kể sai số tức thời.

**Từ khóa:** UAV, Quadcopter, MPU6050, cảm biến quán tính IMU, tốc độ góc, nhiễu và trôi cảm biến, bộ quan sát Luenberger, ước lượng trạng thái

## I. Đặt vấn đề

Trong các hệ thống điều khiển máy bay không người lái (UAV - Unmanned Aerial Vehicle), việc xác định và duy trì chính xác trạng thái của phương tiện là một yêu cầu thiết yếu (Mahony & cộng sự, 2008; Allende-Peña & cộng sự, 2021). Thông tin về tốc độ góc đóng vai trò quan trọng trong định luật điều khiển. Tín hiệu này được sử dụng để duy trì sự ổn định trạng thái, chống các dao động chu kỳ ngắn, cung cấp tín hiệu phản hồi cho các

bộ điều khiển như PID, LQR hoặc bộ điều khiển tối ưu (Bouabdallah & cộng sự, 2004; Madani & Benallegue, 2006), đồng thời hỗ trợ tính toán góc quay thông qua phép tích phân tốc độ góc, giúp ước lượng trạng thái của UAV.

Trong thực tế, giá trị tốc độ góc thường được đo trực tiếp từ cảm biến con quay tích hợp trong module MPU6050, một loại cảm biến quán tính MEMS phổ biến và có chi phí thấp (Allende-Peña & cộng sự, 2021). Tuy nhiên, do giới hạn của

<sup>1</sup> Trường Sĩ quan Không quân

phần cứng MEMS, tín hiệu đo được thường bị ảnh hưởng đáng kể bởi các yếu tố như nhiễu ngẫu nhiên (random noise), trôi nhiệt (thermal drift) và sai số bù lệch (bias error). Các yếu tố này gây ra hiện tượng dao động tín hiệu, sai lệch giá trị trung bình và biến dạng dữ liệu theo thời gian, khiến kết quả đo không phản ánh chính xác trạng thái động học thực của UAV (Allende-Peña & cộng sự, 2021; Hashim, 2022).

Khi dữ liệu cảm biến không chính xác, chất lượng điều khiển của hệ thống bị suy giảm rõ rệt. Đặc biệt, trong các ứng dụng điều khiển tự động yêu cầu độ ổn định cao như UAV, tín hiệu tốc độ góc bị nhiễu có thể dẫn đến sai lệch lớn trong quá trình tính toán góc nghiêng, ảnh hưởng đến khả năng cân bằng và điều hướng của phương tiện (Mahony & cộng sự, 2008; Hoffmann & cộng sự, 2007). Để khắc phục vấn đề này, cần áp dụng các phương pháp ước lượng trạng thái (state estimation) nhằm tái tạo lại tín hiệu tốc độ góc thực, loại bỏ nhiễu và cải thiện độ ổn định của tín hiệu phản hồi (Chnib & cộng sự, 2023; Van Goor & cộng sự, 2023).

Một trong những phương pháp được sử dụng rộng rãi và có hiệu quả cao là bộ quan sát Luenberger (Luenberger Observer). Dựa trên mô hình toán học của hệ thống, bộ quan sát này cho phép ước lượng lại các biến trạng thái (bao gồm góc và tốc độ góc) từ tín hiệu đầu ra đo được (Chnib & cộng sự, 2023). Với ưu điểm tốc độ hội tụ nhanh, tính ổn định cao và khả năng triển khai dễ dàng trên các nền tảng vi điều khiển như Arduino hoặc STM32, bộ quan sát Luenberger trở thành giải pháp phù hợp cho các ứng dụng điều khiển UAV có yêu cầu độ chính xác và tính thời gian thực cao (Van Goor & cộng sự, 2023; Hashim, 2022).

## II. Cơ sở lý thuyết

### 2.1. Mô hình toán của UAV loại Quadcopter

Máy bay không người lái bốn cánh quạt (quadcopter UAV) là một hệ phi tuyến sáu bậc tự do, được điều khiển bởi bốn động cơ tạo ra các lực và mômen độc lập. Mô hình động lực học của UAV được xây dựng dựa trên phương trình Euler-Newton, mô tả mối quan hệ giữa lực nâng, mômen và trạng thái chuyển động của UAV (Mahony & cộng sự, 2008; Bouabdallah & cộng sự, 2004).

$$\begin{cases} m\ddot{x} = -U(\cos\gamma\sin\vartheta\cos\psi + \sin\vartheta\sin\psi) \\ m\ddot{y} = -U(\cos\gamma\sin\vartheta\sin\psi - \sin\vartheta\cos\psi) \\ m\ddot{z} = U(\cos\gamma\cos\vartheta) - mg \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} I_x \dot{p} = (I_y - I_z)qr + \tau_\gamma \\ I_y \dot{q} = (I_z - I_x)pr + \tau_\vartheta \\ I_z \dot{r} = (I_x - I_y)pq + \tau_\psi \end{cases} \quad (2)$$

Trong đó:

$(x, y, z)$  là tọa độ vị trí UAV;

$(\gamma, \vartheta, \psi)$  là các góc Roll, Pitch, Yaw;

$(p, q, r)$  là tốc độ góc tương ứng;

$(I_x, I_y, I_z)$  là mômen quán tính theo từng trục;

$(U, \tau_\gamma, \tau_\vartheta, \tau_\psi)$  lần lượt là lực nâng và các mômen điều khiển;

$(m, g)$  là khối lượng và gia tốc trọng trường.

Để đơn giản cho quá trình tính toán, giả sử UAV chỉ quay quanh trục pitch ( $\vartheta$ ), ta bỏ qua chuyển động quanh các trục khác. Phương trình động lực học giảm lược còn lại (Hoffmann & cộng sự, 2007):

$$I_y \ddot{\vartheta} = \tau_\vartheta \quad (3)$$

Đặt  $x_1 = \vartheta, x_2 = \dot{\vartheta}, u = \tau_\vartheta, y = \vartheta$ . Khi đó mô hình không gian trạng thái của hệ được viết dưới dạng:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2 \\ \dot{x}_2 = \frac{1}{I_y} u \end{cases} \quad (4)$$

Trong đó:

$$\dot{x} = Ax + Bu, y = Cx$$

$$A = [0 \ 1 \ 0 \ 0], B = \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{1}{I_y} \end{bmatrix}, C = [1 \ 0] \quad (5)$$

Ma trận  $A$  mô tả động học góc pitch đã giản lược: đạo hàm của góc bằng tốc độ góc và đạo hàm của tốc độ góc bằng mô men chia cho mô men quán tính. Ma trận  $B$  biểu diễn ảnh hưởng trực tiếp của mô men điều khiển lên gia tốc. Ma trận  $C$  thể hiện cảm biến đo góc pitch. Hệ trên là tuyến tính và có thể áp dụng các phương pháp điều khiển hiện đại như LQR hoặc quan sát trạng thái. Để xây dựng bộ quan sát, ta cần đảm bảo hệ là khả quan sát (observable).

## 2.2. Thiết kế bộ quan sát Luenberger cho góc Pitch

Trong hệ UAV thực tế, cảm biến MPU6050 cung cấp góc nghiêng (từ gia tốc kế) và tốc độ góc (từ con quay hồi chuyển). Tuy nhiên, tốc độ góc đo được thường nhiễu và bị trôi. Bộ quan sát Luenberger được sử dụng để ước lượng lại tốc độ góc từ góc đo được.

$$\dot{\hat{x}} = A\hat{x} + Bu + L(y - C\hat{x}) \quad (6)$$

Sai số ước lượng được định nghĩa là  $e = x - \hat{x}$ . Khi đó:

$$\dot{e} = (A - LC)e \quad (7)$$

Trong mô hình của UAV, ma trận trạng thái  $A$  có đa thức đặc trưng là:

$$\det \det (sI - A) = s^2$$

Đa thức có nghiệm tại  $s = 0$  (bội 2). Đây là đặc điểm của các mô hình không có thành phần cản đối với động học góc: tốc độ góc là tích phân của mô men, và góc là tích phân của tốc độ góc. Do đó, bản thân mô hình là hệ biên ổn định và không có khả năng tự triệt tiêu sai số theo

thời gian. Điều này dẫn đến một hệ quả quan trọng: nếu không thiết kế bộ quan sát, sai số ước lượng sẽ không suy giảm, tốc độ hội tụ rất chậm và dễ bị ảnh hưởng bởi nhiễu ngẫu nhiên, đặc biệt là trôi bias của cảm biến MPU6050.

Vì lý do đó, bộ quan sát cần phải được thiết kế sao cho các cực của ma trận  $A-LC$  được dịch sang bên trái trục tung trong mặt phẳng  $s$ , nhằm tạo ra tốc độ hội tụ nhanh và triệt tiêu sai số ước lượng theo thời gian. Các cực của bộ quan sát được đặt ra xa hơn về phía trái trục thực tại  $s = -8$  và  $s = -10$ . Việc lựa chọn này giúp sai số ước lượng hội tụ nhanh hơn khoảng 4-5 lần so với hệ thực, đảm bảo rằng bộ quan sát có thể: giảm đáng kể nhiễu cao tần của gyroscope, hạn chế hiệu ứng trôi do tích phân góc, tái tạo tốc độ góc mượt và ổn định hơn, cung cấp tín hiệu chất lượng cao cho bộ điều khiển (như LQR hoặc PID nâng cao).

Tuy nhiên, việc chọn cực quá xa về bên trái có thể làm tăng độ nhạy với sai số mô hình và nhiễu đo. Vì vậy, cặp cực  $s = -8$  và  $s = -10$  được chọn như một sự cân bằng giữa tốc độ hội tụ, khả năng lọc nhiễu, và độ ổn định số khi triển khai trên Arduino với tần số lấy mẫu 100 Hz.

Với cặp cực  $s = -8$  và  $s = -10$ , ta có:

$$(s+8)(s+10) = s^2 + 18s + 80 \quad (8)$$

Khi đó, ma trận khuếch đại  $L$  được tính bằng phương pháp đặt cực (pole placement):

$$L = [18 \ 80] \quad (9)$$

$$\dot{\hat{x}} = [0 \ 1 \ 0 \ 0] \hat{x} + \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{1}{I_y} \end{bmatrix} u + [18 \ 80] (y - [1 \ 0] \hat{x}) \quad (10)$$

Trong hệ thống thực nghiệm sử dụng Arduino Uno và cảm biến MPU6050, toàn

bộ dữ liệu được thu và xử lý theo chu trình tuần tự với tần số lấy mẫu cố định 100 Hz. Quá trình này không diễn ra song song mà được thực hiện lần lượt trong mỗi chu kỳ 0,01 s, bao gồm các bước:

**Bước 1: (Đọc dữ liệu cảm biến)** Arduino nhận giá trị gia tốc và tốc độ góc từ MPU6050 thông qua giao thức I2C.

**Bước 2: (Tính góc pitch)** từ dữ liệu accelerometer, góc được ước tính để cung cấp thông tin đo cho bộ quan sát.

**Bước 3: (Cập nhật bộ quan sát Luenberger)** dùng mô hình UAV và góc đo được để ước tính lại trạng thái, đặc biệt là tốc độ góc đã giảm nhiều.

**Bước 4: (Ghi và truyền dữ liệu)** kết quả được lưu và gửi sang máy tính để phân tích.

### III. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu được tiến hành theo hai hướng chính: phương pháp nghiên cứu lý thuyết và phương pháp nghiên cứu thực nghiệm, đảm bảo tính toàn diện trong việc đánh giá hiệu quả của bộ quan sát Luenberger so với tín hiệu đo từ cảm biến MPU6050.

#### 3.1. Phương pháp nghiên cứu lý thuyết

- Phân tích tính điều khiển được (controllability) và tính quan sát được (observability) để đảm bảo khả năng thiết kế bộ điều khiển và bộ quan sát.

- Thiết kế bộ quan sát Luenberger bằng phương pháp đặt cực (pole placement) nhằm đảm bảo sai số ước lượng hội tụ nhanh.

- Xây dựng thuật toán mô phỏng trên MATLAB/Simulink hoặc Python để kiểm chứng tính ổn định và độ chính xác của bộ quan sát trong điều kiện nhiễu giả lập.

#### 3.2. Phương pháp nghiên cứu thực nghiệm

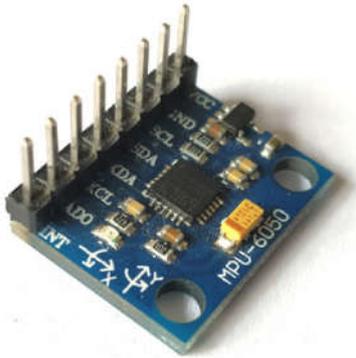
Trong hệ thống thực nghiệm, bộ quan sát Luenberger được triển khai trực tiếp trên Arduino Uno với tần số lấy mẫu cố định 100Hz (chu kỳ 0,01 s). Sau khi rời rạc hóa mô hình và ma trận L bằng phương pháp Euler tiến, thuật toán observer được thực hiện tuần tự trong từng chu kỳ lấy mẫu. Cụ thể, ở mỗi bước tính, Arduino đọc dữ liệu gyroscope và accelerometer từ MPU6050, tính góc pitch từ accelerometer, sau đó cập nhật trạng thái ước lượng theo công thức:

$$\hat{x}[k + 1] = A_d \hat{x}[k] + B_d u[k] + L_d (y[k] - C \hat{x}[k]) \quad (11)$$

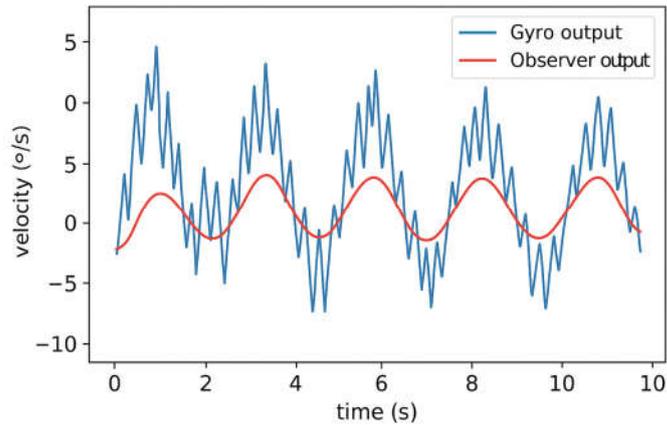
Ký hiệu  $d$  (*discrete*) thể hiện ma trận rời rạc. Tần số lấy mẫu 100Hz được lựa chọn vì đáp ứng đủ nhanh so với các cực quan sát đã đặt tại -8 và -10. Với thời gian hội tụ lý thuyết khoảng 0,1-0,2 s, việc lấy mẫu ở 100Hz đảm bảo quá trình rời rạc hóa không làm mất ổn định hệ quan sát, đồng thời giúp bộ quan sát tái tạo tín hiệu tốc độ góc với độ trễ rất nhỏ. Nếu tần số lấy mẫu thấp hơn, độ trễ và sai số rời rạc hóa có thể làm giảm đáng kể khả năng lọc nhiễu của bộ quan sát.

### IV. Kết quả thực nghiệm, đánh giá

Thí nghiệm được tiến hành trên mô hình UAV loại quadcopter cỡ nhỏ, trang bị cảm biến MPU6050 để đo gia tốc và tốc độ góc, cùng vi điều khiển Arduino Uno để lập trình bộ quan sát Luenberger. Mục tiêu là so sánh: Tín hiệu tốc độ góc đo trực tiếp từ MPU6050 (gyro output) và tín hiệu tốc độ góc ước lượng từ bộ quan sát Luenberger (observer output). Dữ liệu được thu thập với tần số lấy mẫu 100 Hz và truyền về máy tính qua cổng Serial để xử lý, hiển thị trên phần mềm.



Hình 1. Cảm biến MPU6050



Hình 2. So sánh tín hiệu tốc độ góc: MPU6050 (xanh) và Luenberger Observer (đỏ)

Mã chương trình thực thi trên Arduino bao gồm: Khối đọc dữ liệu MPU6050 (góc, tốc độ góc), khối bộ quan sát Luenberger, tính toán theo công thức: Khối xuất dữ liệu ra Serial cho máy tính.

Hình 2 thể hiện sự so sánh giữa hai tín hiệu tốc độ góc:

- Đường màu xanh: tốc độ góc đo trực tiếp từ gyroscope của MPU6050.
- Đường màu đỏ: tốc độ góc ước lượng từ bộ quan sát Luenberger dựa trên mô hình UAV và góc đo được.

Phân tích cho thấy: Đường màu xanh (gyro thô) dao động mạnh, chứa nhiều nhiễu cao tần đặc trưng của cảm biến MEMS, và thể hiện rõ xu hướng trôi khi tích phân. Đường màu đỏ (Luenberger) mượt hơn, bám theo xu hướng động học của hệ tốt hơn do sử dụng mô hình và hiệu chỉnh sai số thông qua quan sát trạng thái. Độ trễ của observer rất nhỏ (ở mức vài mili-giây) vì tín hiệu chỉ chịu một bước tính toán duy nhất. Mức trễ này hầu như không ảnh hưởng đến điều khiển UAV, bởi tần số lấy mẫu 100 Hz của Arduino vẫn đáp ứng tốt yêu cầu ổn định vòng kín. Nhờ sự lọc nhiễu và bám tín hiệu tốt hơn, đường màu đỏ cho thấy khả năng tái tạo tốc độ góc phù hợp hơn để sử dụng trong

điều khiển, đặc biệt trong các bộ điều khiển nhạy với nhiễu như LQR.

Tín hiệu tốc độ góc sau khi được ước lượng bởi bộ quan sát Luenberger đóng vai trò trực tiếp trong vòng phản hồi của bộ điều khiển UAV. Các phương trình (1), (2), (3) mô tả động lực học cơ bản của UAV, gồm quan hệ giữa mômen điều khiển, tốc độ góc và góc nghiêng. Bộ điều khiển, đặc biệt là LQR trong hệ thống này, sử dụng trạng thái để sinh lệnh điều khiển  $u$ . Do đó, chất lượng của tín hiệu  $\omega$  ảnh hưởng trực tiếp đến độ ổn định và khả năng bám theo của UAV.

Nếu sử dụng trực tiếp tốc độ góc từ gyroscope, nhiễu cao tần và trôi tích lũy dễ gây dao động điều khiển, làm tăng lực bù và giảm tuổi thọ động cơ. Khi thay thế bằng tốc độ góc sau quan sát, tín hiệu phản hồi trở nên mượt hơn, ổn định hơn và bám sát động học thật của UAV. Nhờ đó: biên độ dao động giảm, thời gian đáp ứng nhanh hơn, hệ thống ít bị tác động bởi nhiễu MEMS, và thuật toán điều khiển sử dụng mô hình (1), (2), (3) phát huy hiệu quả tối đa.

Điều này chứng minh vai trò quan trọng của việc kết hợp mô hình UAV và quan sát trạng thái trong việc nâng cao hiệu năng điều khiển.

### **Nhận xét:**

Tín hiệu từ MPU6050 chứa nhiều ngẫu nhiên cao và xuất hiện độ trôi (drift) khi UAV đứng yên. Tín hiệu từ Observer đã được làm mượt đáng kể, đặc biệt trong vùng dao động nhỏ. Sai lệch trung bình giữa hai tín hiệu trong trạng thái ổn định nhỏ hơn  $0.5^\circ/s$ , cho thấy độ chính xác cao của bộ quan sát.

### **V. Kết luận**

Bài báo này tập trung nghiên cứu mô hình toán và phương pháp thiết kế bộ quan sát (Observer) cho hệ thống UAV loại quadcopter, với mục tiêu ước lượng tín hiệu tốc độ góc từ dữ liệu đo cảm biến MPU6050 (Allende-Peña & cộng sự, 2021). Trên cơ sở mô hình động học góc pitch của UAV, bài báo đã tiến hành tuyến tính hóa, xây dựng mô hình không gian trạng thái và thiết kế bộ quan sát Luenberger nhằm ước lượng tín hiệu tốc độ góc (Chnib & cộng sự, 2023; Van Goor & cộng sự, 2023).

Sau đó, nghiên cứu thực hiện so sánh giữa tín hiệu tốc độ góc thu được trực tiếp từ cảm biến MPU6050 và tín hiệu ước lượng thông qua bộ quan sát, dựa trên dữ liệu thực nghiệm từ hệ thống UAV mô phỏng và triển khai trên vi điều khiển Arduino (Allende-Peña & cộng sự, 2021; Hashim, 2022). Kết quả cho thấy bộ quan sát cho phép làm giảm nhiễu ngẫu nhiên, hạn chế trôi cảm biến, đồng thời tạo ra tín hiệu mượt hơn và ổn định hơn so với dữ liệu thô từ cảm biến, phù hợp với các phân tích về tác động của bộ quan sát trong UAV đã được đề cập trong các nghiên cứu gần đây (Chnib & cộng sự, 2023; Hashim, 2022).

Các kết quả thu được chứng minh tính hiệu quả của phương pháp ước lượng

sử dụng bộ quan sát Luenberger trong việc cải thiện chất lượng tín hiệu phản hồi phục vụ điều khiển UAV, đặc biệt đối với các bộ điều khiển PID, LQR và các bộ điều khiển hiện đại trong UAV (Bouabdallah & cộng sự, 2004; Madani & Benallegue, 2006; Mellinger & Kumar, 2011). Nghiên cứu này có thể được xem là cơ sở tham khảo để phát triển các bộ quan sát nâng cao (như Kalman Filter, Extended Kalman Filter) và tích hợp chúng vào hệ thống điều khiển UAV trong các nghiên cứu tiếp theo (Mahony & cộng sự, 2008; Hoffmann & cộng sự, 2007). Đồng thời, kết quả cũng mở ra hướng ứng dụng thực tiễn trong việc thiết kế, chế tạo bộ điều khiển UAV với khả năng đo lường và ước lượng chính xác hơn, phục vụ các nhiệm vụ bay ổn định và tự động trong điều kiện thực tế (Hashim, 2022).

### **Tài liệu tham khảo:**

- [1]. Mahony, R., Hamel, T., & Pflimlin, J. M. (2008). Nonlinear complementary filters on the special orthogonal group. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 53(5), 1203-1218.
- [2]. Bouabdallah, S., Noth, A., & Siegwart, R. (2004). *PID vs LQ control techniques applied to an indoor micro quadrotor*. In Proceedings of the 2004 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS) (Vol. 3, pp. 2451-2456).
- [3]. Hoffmann, G., Huang, H., Waslander, S., & Tomlin, C. (2007). Quadrotor helicopter flight dynamics and control: Theory and experiment. In *AIAA Guidance, Navigation, and Control Conference* (pp. 1-14).
- [4]. Madani, T., & Benallegue, A. (2006). Backstepping control for a quadrotor helicopter. In *Proceedings of the IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)* (pp. 2247-2252).

- [5]. Mellinger, D., & Kumar, V. (2011). Minimum snap trajectory generation and control for quadrotors. *In IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)* (pp. 2520-2525).
- [6]. Yun, X., & Bachmann, E. (2006). Design, implementation, and experimental results of a quaternion-based Kalman filter. *IEEE Transactions on Robotics*, 22(3), 1216-1227.
- [7]. Chnib, E., Bsiri, M. A., & Ksouri, M. (2023). LMI-based  $H_\infty$  observer design for a quadcopter model. *IFAC-PapersOnLine*, 56(2), 451-456.
- [8]. Allende-Peña, J. M., Guerrero-Ibáñez, J. A., & García-Rodríguez, A. (2021). Control and signal filtering system for a quadcopter using MPU6050 IMU. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, 22(2), 195-202.
- [9]. Van Goor, P., Hamel, T., & Mahony, R. (2023). *Synchronous observer design for inertial navigation systems with almost global convergence*. Retrieved from <https://arxiv.org/abs/2311.02234>
- [10]. Hashim, H. A. (2022). *Exponentially stable observer-based controller for VTOL-UAVs without velocity measurements*. Retrieved from <https://arxiv.org/abs/2205.07159>

## COMPARATIVE ANALYSIS OF ANGULAR VELOCITY FROM MPU6050 SENSOR AND OBSERVER-BASED ESTIMATION IN UNMANNED AERIAL VEHICLE CONTROL

*Le Quy Anh<sup>1</sup>, Ngo Doan Thanh<sup>1</sup>*

**Abstract:** *In Unmanned Aerial Vehicle (UAV) control systems, accurate estimation of spatial attitude states such as pitch, roll, yaw angles, and their corresponding angular rates is essential to ensure stability and fast dynamic response. However, the MPU6050 inertial measurement unit - consisting of a gyroscope and an accelerometer - is often affected by sensor noise and bias drift. This paper presents a comparative analysis between angular rates measured directly from the MPU6050 sensor and those estimated using a Luenberger observer. The proposed method effectively reduces measurement noise and enhances the stability of attitude signals, thereby improving control quality in a Linear Quadratic Regulator (LQR)-based quadrotor UAV system. Simulation and experimental results demonstrate that the estimated signals obtained from the observer are smoother, accurately reflect the true dynamic behavior, and significantly reduce instantaneous errors.*

**Keywords:** *UAV, Quadcopter, MPU6050, IMU sensor, angular rate, noise and bias drift, Luenberger observer, state estimation*

---

<sup>1</sup> Air Force Officer's College