TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHỆ THÔNG TIN

VÀ TRUYỀN THÔNG VIỆT - HÀN

**KHOA KHOA HỌC MÁY TÍNH**

Chart, funnel chart

Description automatically generated

**BÁO CÁO**

**ĐỒ ÁN MÔN HỌC**

**CHUYÊN ĐỀ 3 (IT) - TA (XE TỰ HÀNH)**

**TÊN ĐỀ TÀI**

**Drone Model in Simscape**

**Sinh viên thực hiện:**

**Nguyễn Tuấn Sang – 21IT304**

**Hồ Thanh Tú – 21IT659**

**Võ Khắc Đoài – 21IT335**

**Lê Quang Nghĩa – 21IT362**

**Giảng viên hướng dẫn: ThS. Nguyễn Nhật Ân**

***Đà Nẵng, tháng 11 năm 2024***

TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHỆ THÔNG TIN

VÀ TRUYỀN THÔNG VIỆT - HÀN

**KHOA KHOA HỌC MÁY TÍNH**

Chart, funnel chart

Description automatically generated

**BÁO CÁO**

**ĐỒ ÁN MÔN HỌC**

**CHUYÊN ĐỀ 3 (IT) - TA (XE TỰ HÀNH)**

**TÊN ĐỀ TÀI**

**Drone Model in Simscape**

**Sinh viên thực hiện:**

**Nguyễn Tuấn Sang – 21IT304**

**Hồ Thanh Tú – 21IT659**

**Võ Khắc Đoài – 21IT335**

**Lê Quang Nghĩa – 21IT362**

**Giảng viên hướng dẫn: ThS. Nguyễn Nhật Ân**

***Đà Nẵng, tháng 11 năm 2024***

MỤC LỤC

[MỤC LỤC i](#_Toc181899728)

[CHƯƠNG 1 MÔ TẢ PROJECT SIMULATION 4](#_Toc181899729)

[1.1 Xác định các thông số cơ bản của drone 4](#_Toc181899730)

[1.1.1 Thông số Mặt đất (Ground Parameters): 4](#_Toc181899731)

[1.1.2 Dung lượng Pin (Battery Capacity: 4](#_Toc181899732)

[1.1.3 Tính chất Vật liệu (Material Property): 4](#_Toc181899733)

[1.1.4 Khối lượng Drone: 4](#_Toc181899734)

[1.1.5 Thông số Liên hệ với Mặt đất cho Gói hàng (Package Ground Contact Properties): 4](#_Toc181899735)

[1.1.6 Thông số Gói hàng (Package Parameters): 4](#_Toc181899736)

[1.1.7 Thông số Cánh quạt (Propeller Parameters): 4](#_Toc181899737)

[1.1.8 Thông số Chân Drone (Leg Parameters): 4](#_Toc181899738)

[1.1.9 Thông số Động cơ (Motor Parameters) 5](#_Toc181899739)

[1.1.10 Thông số Bộ Điều khiển (Controller Parameters) 5](#_Toc181899740)

[1.1.11 Hệ số cản (Drag Coefficients): 5](#_Toc181899741)

[1.2 Lập mô hình động lực học 6](#_Toc181899742)

[1.2.1 Khối lượng drone và các đặc tính vật liệu 6](#_Toc181899743)

[1.2.2 Các tham số của động cơ (Motor parameters) 6](#_Toc181899744)

[1.2.3 Tính toán các lực và mô-men từ propeller 6](#_Toc181899745)

[1.2.4 Các tham số khí động học (Drag coefficients) 7](#_Toc181899746)

[1.2.5 Lực và mô-men tác động từ các chân drone (Leg parameters) 7](#_Toc181899747)

[1.2.6 Tính toán lực từ gió (Wind speed) 8](#_Toc181899748)

[1.2.7 Các tham số liên quan đến cản khí (Drag coefficients and Areas) 8](#_Toc181899749)

[1.3 Thiết kế bộ điều khiển 8](#_Toc181899750)

[1.4 Cấu hình môi trường mô phỏng 11](#_Toc181899751)

[1.4.1 Kích thước mặt đất (Ground Size) 11](#_Toc181899752)

[1.4.2 Điều kiện không khí (Air Conditions) 11](#_Toc181899753)

[1.4.3 Điều kiện gió (Wind Conditions) 12](#_Toc181899754)

[1.4.4 Thuộc tính của vật liệu (Material Properties) 12](#_Toc181899755)

[1.4.5 Thông số của gói hàng (Package Parameters) 12](#_Toc181899756)

[1.4.6 Thông số cánh quạt (Propeller Parameters) 13](#_Toc181899757)

[1.4.7 Thông số động cơ (Motor Parameters) 13](#_Toc181899758)

[1.5 Cấu hình môi trường mô phỏng 14](#_Toc181899759)

[1.5.1 Kích thước mặt đất (Ground Size) 14](#_Toc181899760)

[1.5.2 Điều kiện không khí (Air Conditions) 14](#_Toc181899761)

[1.5.3 Điều kiện gió (Wind Conditions) 15](#_Toc181899762)

[1.5.4 Thuộc tính của vật liệu (Material Properties) 15](#_Toc181899763)

[1.5.5 Thông số của gói hàng (Package Parameters) 15](#_Toc181899764)

[1.5.6 Thông số cánh quạt (Propeller Parameters) 16](#_Toc181899765)

[1.5.7 Thông số động cơ (Motor Parameters) 16](#_Toc181899766)

[1.6 Phương pháp giải (Solver) 17](#_Toc181899767)

[1.6.1 Độ phân giải (Step Size) 17](#_Toc181899768)

[1.6.2 Khối giải thuật solver trong mô hình Simulink 18](#_Toc181899769)

[CHƯƠNG 2 POSITIONS, VELOCITIES, TRAJECTORY AND CURRENT, BATTERY SOC FOR 6 PATH 19](#_Toc181899770)

[2.1 Run 6 path in project 19](#_Toc181899771)

[2.1.1 Run path 1 19](#_Toc181899772)

[2.1.2 Run path 2 19](#_Toc181899773)

[2.1.3 Run path 3 19](#_Toc181899774)

[2.1.4 Run path 4 20](#_Toc181899775)

[2.1.5 Run path 5 21](#_Toc181899776)

[2.1.6 Run path 6 21](#_Toc181899777)

[2.2 Positions, velocities, trajectory and current, battery SOC for path 1 21](#_Toc181899778)

[2.3 Positions, velocities, trajectory and current, battery SOC for path 2 25](#_Toc181899779)

[2.4 Positions, velocities, trajectory and current, battery SOC for path 3 29](#_Toc181899780)

[2.5 Positions, velocities, trajectory and current, battery SOC for path 4 33](#_Toc181899781)

[2.6 Positions, velocities, trajectory and current, battery SOC for path 5 37](#_Toc181899782)

[2.7 Positions, velocities, trajectory and current, battery SOC for path 6 41](#_Toc181899783)

[CHƯƠNG 3 PARAMETER SWEEP IN WORKFLOWS 45](#_Toc181899784)

[3.1 Quadcopter\_package\_delivery\_sweep\_load\_mass\_temp.m 45](#_Toc181899785)

[3.2 Quadcopter\_package\_delivery\_sweep\_load\_mass\_wind.m 47](#_Toc181899786)

[3.3 Quadcopter\_package\_delivery\_sweep\_load\_mass.m 49](#_Toc181899787)

[3.4 Quadcopter\_package\_delivery\_sweep\_load\_speed.m 51](#_Toc181899788)

[KẾT LUẬN 55](#_Toc181899789)

# MÔ TẢ PROJECT SIMULATION

## Xác định các thông số cơ bản của drone

### Thông số Mặt đất (Ground Parameters):

* planex = 12.5, planey = 8.5: Kích thước của mặt phẳng mặt đất trong mô phỏng (chiều dài và chiều rộng).
* planedepth = 0.2: Độ sâu từ mặt phẳng đến khung tham chiếu.

### Dung lượng Pin (Battery Capacity:

* battery\_capacity = 7.6 \* 3 được tính bằng đơn vị Ampere-giờ (A·h).

### Tính chất Vật liệu (Material Property):

·        rho\_pla = 1.25

### Khối lượng Drone:

·        drone\_mass = 1.2726: Khối lượng thực tế của drone, tính bằng kg.

### Thông số Liên hệ với Mặt đất cho Gói hàng (Package Ground Contact Properties):

·        pkgGrndStiff = 1000: Độ cứng của tiếp xúc giữa gói hàng và mặt đất.

·        pkgGrndDamp = 300: Độ cản của tiếp xúc này.

·        pkgGrndTransW = 1e-3: Độ rộng chuyển tiếp của tiếp xúc.

### Thông số Gói hàng (Package Parameters):

·        pkgSize = [1 1 1] \* 0.14: Kích thước gói hàng, tính theo mét (m).

·        pkgDensity = 1 / (pkgSize(1) \* pkgSize(2) \* pkgSize(3)): Khối lượng riêng của gói hàng, tính theo kg/m³.

### Thông số Cánh quạt (Propeller Parameters):

·        propeller.diameter = 0.254: Đường kính của cánh quạt, tính theo mét (m).

·        propeller.Kthrust = 0.1072: Hằng số lực đẩy của cánh quạt.

·        propeller.Kdrag = 0.01: Hằng số lực kéo của cánh quạt.

·        air\_rho = 1.225: Khối lượng riêng của không khí, tính theo kg/m³.

·        air\_temperature = 273 + 25: Nhiệt độ không khí, tính theo Kelvin (K).

·        wind\_speed = 0: Tốc độ gió trong mô phỏng (m/s).

### Thông số Chân Drone (Leg Parameters):

·        drone\_leg.Extr\_Data: Mảng chứa dữ liệu để định hình chân của drone trong mô phỏng.

·          drone\_leg.width = 0.01: Độ rộng của chân drone, tính bằng mét**.**

### Thông số Động cơ (Motor Parameters)

·          qc\_motor.max\_torque = 0.8: Mô-men xoắn tối đa của động cơ, tính theo Newton-mét (N·m).

·          qc\_motor.max\_power = 160: Công suất tối đa của động cơ, tính bằng Watt (W).

·          qc\_motor.time\_const = 0.02: Hằng số thời gian của động cơ, tính theo giây (s).

·          qc\_motor.efficiency = 25 / 30 \* 100: Hiệu suất của động cơ (tính theo phần trăm).

·          qc\_motor.efficiency\_spd = 5000: Tốc độ hiệu suất tối ưu, tính theo vòng/phút (rpm).

·          qc\_motor.efficiency\_trq = 0.05: Mô-men xoắn hiệu suất tối ưu, tính theo N·m.

·          qc\_motor.rotor\_damping = 1e-7: Hệ số cản của rotor.

### Thông số Bộ Điều khiển (Controller Parameters)

·        Điều chỉnh các thông số PID cho nhiều hệ thống con khác nhau:

·        Vị trí (Position): kp\_position, ki\_position, kd\_position, filtM\_position, filtD\_position.

·        Góc nghiêng (Attitude): kp\_attitude, ki\_attitude, kd\_attitude, filtM\_attitude, filtD\_attitude, limit\_attitude.

·        Hướng quay (Yaw): kp\_yaw, ki\_yaw, kd\_yaw, filtM\_yaw, filtD\_yaw, limit\_yaw.

·        Độ cao (Altitude): kp\_altitude, ki\_altitude, kd\_altitude, filtM\_altitude, filtD\_altitude, limit\_altitude.

·        Động cơ (Motor): kp\_motor, ki\_motor, kd\_motor, filtD\_motor, filtSpd\_motor, limit\_motor.

### Hệ số cản (Drag Coefficients):

·        Hệ số cản theo từng hướng và chuyển động quay:

·        qd\_drag.Cd\_X, qd\_drag.Cd\_Y, qd\_drag.Cd\_Z: Hệ số cản theo trục X, Y, Z.

·        qd\_drag.Roll, qd\_drag.Pitch, qd\_drag.Yaw: Hệ số cản cho các chuyển động quay.

·        Diện tích cản:

·        qd\_area.YZ, qd\_area.XZ, qd\_area.XY: Diện tích bề mặt cho từng trục.

·        qd\_area.Roll, qd\_area.Pitch, qd\_area.Yaw: Diện tích bề mặt cho các chuyển động quay

Lập mô hình động lực học: Thiết lập mô hình động học và động lực học của drone. Điều này bao gồm các phương trình chuyển động mô tả sự dịch chuyển và quay của drone. MATLAB hỗ trợ các công cụ như Simulink, nơi bạn có thể thiết lập các khối để tạo ra mô hình động học của drone.

## Lập mô hình động lực học

### Khối lượng drone và các đặc tính vật liệu

**% Measured drone mass**

drone\_mass = 1.2726 kg

Dòng code này xác định khối lượng của drone là 1.2726 kg. Đây là một tham số cơ bản trong các phương trình động lực học, vì khối lượng ảnh hưởng đến gia tốc của drone khi có lực tác động (theo định lý Newton).

### Các tham số của động cơ (Motor parameters)

qc\_motor.max\_torque = 0.8;  % N\*m

qc\_motor.max\_power  = 160;  % W

qc\_motor.time\_const = 0.02; % sec

qc\_motor.efficiency = 25/30\*100; % 0-100

qc\_motor.efficiency\_spd = 5000; % rpm

qc\_motor.efficiency\_trq = 0.05; % N\*m

qc\_motor.rotor\_damping  = 1e-7; % N\*m/(rad/s)

Những dòng code này thiết lập các tham số động cơ của drone, bao gồm:

* Mô-men tối đa (max\_torque) và công suất tối đa (max\_power): Những tham số này ảnh hưởng đến khả năng của động cơ tạo ra lực nâng và mô-men quay.
* Hệ số hiệu suất (efficiency): Tham số này mô tả hiệu suất hoạt động của động cơ, ảnh hưởng đến khả năng chuyển đổi năng lượng điện thành lực nâng và mô-men.
* Mô-men cản (rotor\_damping): Đây là một tham số đặc trưng cho mức độ giảm mô-men do lực cản quay của các cánh quạt.

Các tham số này sẽ được sử dụng trong các phương trình động lực học để tính toán lực nâng và mô-men tác động từ các động cơ của drone**.**

### Tính toán các lực và mô-men từ propeller

% Propeller parameters

propeller.diameter = 0.254; % m

propeller.Kthrust  = 0.1072;

propeller.Kdrag = 0.01;

Các tham số của propeller (cánh quạt) được thiết lập ở đây, bao gồm:

* Đường kính cánh quạt (diameter): Đây là yếu tố ảnh hưởng đến lực nâng mà cánh quạt có thể tạo ra.
* Hệ số lực nâng (Kthrust) và hệ số lực cản (Kdrag): Các hệ số này được sử dụng trong các phương trình tính toán lực nâng và lực cản của cánh quạt, giúp mô phỏng được sự thay đổi lực nâng khi tốc độ quay của cánh quạt thay đổi.

### Các tham số khí động học (Drag coefficients)

qd\_drag.Cd\_X = 0.35;

qd\_drag.Cd\_Y = 0.35;

qd\_drag.Cd\_Z = 0.6;

qd\_drag.Roll = 0.2;

qd\_drag.Pitch = 0.2;

qd\_drag.Yaw = 0.2;

Các tham số khí động học này là hệ số cản không khí cho các trục X, Y, Z, và các phương diện quay (roll, pitch, yaw). Những hệ số này ảnh hưởng đến lực cản của không khí khi drone di chuyển trong không gian và quay quanh các trục của nó. Đây là yếu tố quan trọng trong việc tính toán mô-men cản khi drone bay qua không khí.

### Lực và mô-men tác động từ các chân drone (Leg parameters)

% Leg parameters

drone\_leg.Extr\_Data = flipud([...

0 0;

0.5   0;

1 -1;

0.98 -1;

0.5  -0.02;

   -0.5  -0.02;

   -0.98 -1;

   -1 -1;

   -0.5   0].\*[1 1]\*0.15);

Phần này mô tả các tham số liên quan đến các chân drone, giúp mô phỏng các hiệu ứng khi drone tiếp đất hoặc va chạm. Extr\_Data định nghĩa dữ liệu về chiều dài và vị trí của các chân, có thể ảnh hưởng đến việc mô phỏng lực tác động lên drone khi tiếp xúc với mặt đất hoặc vật thể khác.

### Tính toán lực từ gió (Wind speed)

wind\_speed = 0;  % Wind speed (m/s)

Mặc dù giá trị của gió trong trường hợp này được đặt bằng 0, nhưng tham số này có thể được sử dụng trong mô phỏng để tính toán lực cản không khí hoặc sự ảnh hưởng của gió lên quỹ đạo của drone. Nếu bạn muốn tính toán ảnh hưởng của gió, bạn có thể thay đổi giá trị này để mô phỏng các điều kiện bay trong môi trường gió.

### Các tham số liên quan đến cản khí (Drag coefficients and Areas)

qd\_area.YZ = 0.0875;

qd\_area.XZ = 0.0900;

qd\_area.XY = 0.2560;

qd\_area.Roll = qd\_area.XY\*2;

qd\_area.Pitch = qd\_area.XY\*2;

qd\_area.Yaw = qd\_area.XY;

Những tham số này định nghĩa các diện tích cản khí trên các mặt của drone (XZ, XY, YZ). Các diện tích này ảnh hưởng đến lực cản khí động học tác dụng lên drone khi nó bay qua không khí, đặc biệt khi drone quay quanh các trục của nó (roll, pitch, yaw).

Thiết kế bộ điều khiển:  
Để drone hoạt động ổn định, bạn sẽ cần thiết kế các bộ điều khiển PID, LQR, hoặc MPC để kiểm soát độ cao, hướng, và vị trí của drone. MATLAB và Simulink có các thư viện điều khiển, giúp bạn dễ dàng tạo và kiểm tra các bộ điều khiển này.

## Thiết kế bộ điều khiển

% Controller parameters

filtM\_position = 0.005;

kp\_position = 8;

ki\_position = 0.04;

kd\_position = 3.2;

filtD\_position = 100;

pos2attitude   = 2.4;

filtM\_attitude = 0.01;

kp\_attitude = 128.505;

ki\_attitude = 5.9203;

kd\_attitude = 78.2000\*2;

filtD\_attitude = 1000;

limit\_attitude = 800;

filtM\_yaw  = 0.01;

kp\_yaw     = 25.7010\*4\*2;

ki\_yaw     = 5.9203\*0.01;

kd\_yaw     = 78.2000\*0.01;

filtD\_yaw  = 100;

limit\_yaw  = 20;

filtM\_altitude = 0.05;

kp\_altitude = 0.27;

ki\_altitude = 0.07;

kd\_altitude = 0.35;

filtD\_altitude = 10000;

limit\_altitude = 10;

kp\_motor   = 0.00375;

ki\_motor   = 4.50000e-4;

kd\_motor   = 0;

filtD\_motor = 10000;

filtSpd\_motor  = 0.001;

limit\_motor = 0.25;

Vị trí (Position): kp\_position, ki\_position, kd\_position

Thuộc tính (Attitude): kp\_attitude, ki\_attitude, kd\_attitude

Yaw: kp\_yaw, ki\_yaw, kd\_yaw

Độ cao (Altitude): kp\_altitude, ki\_altitude, kd\_altitude

Motor: kp\_motor, ki\_motor, kd\_motor

**Vị trí (Position)**

kp\_position = 8: Đây là hệ số tỷ lệ (proportional) cho bộ điều khiển PID của vị trí. Hệ số này quyết định mức độ điều chỉnh của bộ điều khiển đối với sai số vị trí.

ki\_position = 0.04: Hệ số tích phân (integral) giúp điều chỉnh sai số vị trí theo thời gian.

kd\_position = 3.2: Hệ số đạo hàm (derivative) giúp giảm độ dao động và điều chỉnh nhanh chóng với sự thay đổi sai số.

Những hệ số này sẽ giúp điều khiển chính xác vị trí của drone theo từng thời điểm, đảm bảo rằng drone duy trì vị trí mong muốn mà không bị dao động.

**Attitude**

kp\_attitude = 128.505: Hệ số tỷ lệ cho bộ điều khiển attitude (pitch, roll, yaw). Đảm bảo rằng drone điều chỉnh thái độ theo sai số hiện tại.

ki\_attitude = 5.9203: Hệ số tích phân giúp loại bỏ sai số lâu dài và duy trì thái độ ổn định.

kd\_attitude = 78.2000\*2: Hệ số đạo hàm giúp điều chỉnh thái độ nhanh chóng để tránh dao động.

Các tham số này giúp drone giữ được góc nghiêng (pitch, roll) và hướng (yaw) đúng theo yêu cầu.

**Yaw**

kp\_yaw = 25.7010\*4\*2: Hệ số tỷ lệ cho yaw, ảnh hưởng đến việc quay của drone quanh trục z.

ki\_yaw = 5.9203\*0.01: Hệ số tích phân giúp điều chỉnh yaw theo thời gian.

kd\_yaw = 78.2000\*0.01: Hệ số đạo hàm giúp giảm độ dao động của yaw.

Bộ điều khiển PID này giúp drone duy trì hướng đúng trong quá trình bay.

**Độ cao (Altitude)**

kp\_altitude = 0.27: Hệ số tỷ lệ cho độ cao, điều chỉnh sai số độ cao hiện tại.

ki\_altitude = 0.07: Hệ số tích phân giúp loại bỏ sai số độ cao lâu dài.

kd\_altitude = 0.35: Hệ số đạo hàm giúp điều chỉnh độ cao nhanh chóng.

Các tham số này giúp drone bay ở độ cao ổn định, đồng thời phản hồi nhanh chóng khi có thay đổi.

**Motor**

kp\_motor = 0.00375, ki\_motor = 4.50000e-4, kd\_motor = 0: Các tham số này điều khiển động cơ của drone dựa trên sai số tốc độ của động cơ.

## Cấu hình môi trường mô phỏng

### Kích thước mặt đất (Ground Size)

Các thông số dưới đây mô tả kích thước của không gian bay mà drone có thể hoạt động. Đây là phần cấu hình không gian mà drone sẽ bay trong môi trường mô phỏng:

**% Kích thước mặt đất (không gian bay)**

planex = 12.5;           % m

planey = 8.5;            % m

planedepth = 0.2;        % m, khoảng cách từ mặt đất đến hệ tọa độ tham chiếu

planex và planey xác định chiều dài và chiều rộng của không gian mặt đất, tức là phạm vi mà drone có thể di chuyển theo phương X và Y.

planedepth là khoảng cách từ mặt đất đến hệ tọa độ tham chiếu, có thể coi là chiều cao hoặc độ cao của mặt đất so với hệ tọa độ mô phỏng.

### Điều kiện không khí (Air Conditions)

Điều kiện không khí, bao gồm mật độ không khí (air\_rho) và nhiệt độ không khí (air\_temperature), ảnh hưởng đến lực đẩy và cản của drone. Đây là các yếu tố quan trọng trong mô phỏng khí động học.

**% Điều kiện không khí**

air\_rho = 1.225;  % Mật độ không khí (kg/m^3) tại mực nước biển

air\_temperature = 273 + 25; % Nhiệt độ không khí (K) tại 25°C

air\_rho là mật độ không khí tại mực nước biển (1.225 kg/m³), ảnh hưởng đến lực nâng và lực cản khi drone bay.

air\_temperature là nhiệt độ không khí (K), được tính từ nhiệt độ Celsius 25°C (được cộng thêm 273 để chuyển đổi sang độ Kelvin). Nhiệt độ không khí ảnh hưởng đến tính chất của không khí, như mật độ không khí và các yếu tố khí động học khác.

### Điều kiện gió (Wind Conditions)

Gió là yếu tố môi trường có thể tác động đến tính ổn định và khả năng kiểm soát của drone trong quá trình bay. Trong đoạn code này, gió không được đưa vào với tốc độ cụ thể, nhưng có thể dễ dàng thay đổi nếu cần thiết.

**% Điều kiện gió**

wind\_speed = 0;  % Tốc độ gió (m/s)

wind\_speed là tốc độ gió, được đặt bằng 0 m/s trong trường hợp này, nghĩa là không có gió. Tuy nhiên, nếu cần mô phỏng điều kiện gió, bạn có thể thay đổi giá trị này để xem ảnh hưởng của gió đối với quá trình bay của drone.

### Thuộc tính của vật liệu (Material Properties)

Đoạn mã này mô tả các thuộc tính của vật liệu cấu thành drone, có thể ảnh hưởng đến độ bền của drone khi tác động với các yếu tố môi trường (như độ bền của cánh quạt, khung drone, v.v.).

**% Thuộc tính vật liệu**

rho\_pla = 1.25;  % Khối lượng riêng của vật liệu PLA (g/cm^3)

rho\_pla là khối lượng riêng của vật liệu PLA (1.25 g/cm³). PLA là một loại vật liệu thường được dùng để in 3D và có tính năng nhẹ, rẻ tiền. Tuy nhiên, tính chất nhiệt của PLA có thể làm ảnh hưởng đến khả năng chịu nhiệt của drone.

### Thông số của gói hàng (Package Parameters)

Đoạn mã này định nghĩa các thông số của gói hàng mà drone sẽ vận chuyển, bao gồm kích thước và mật độ. Các thông số này ảnh hưởng đến trọng lượng và sức tải của drone, cũng như lực tác động trong quá trình bay.

**% Thông số của gói hàng**

pkgSize = [1 1 1]\*0.14;  % m

pkgDensity = 1/(pkgSize(1)\*pkgSize(2)\*pkgSize(3)); % kg/m^3

pkgSize là kích thước của gói hàng, được xác định là một hình khối với chiều dài, chiều rộng và chiều cao bằng 0.14 m.

pkgDensity là mật độ của gói hàng, được tính toán từ thể tích của gói hàng (pkgSize). Mật độ này sẽ ảnh hưởng đến trọng lượng và khả năng chịu tải của drone.

### Thông số cánh quạt (Propeller Parameters)

Các thông số của cánh quạt được mô phỏng trong phần này, bao gồm đường kính và các hệ số liên quan đến lực đẩy và lực cản khí động học.

**% Thông số cánh quạt**

propeller.diameter = 0.254; % m

propeller.Kthrust = 0.1072;

propeller.Kdrag = 0.01;

propeller.diameter là đường kính của cánh quạt, có giá trị là 0.254 m.

propeller.Kthrust và propeller.Kdrag là các hệ số ảnh hưởng đến lực đẩy và lực cản của cánh quạt trong môi trường không khí.

### Thông số động cơ (Motor Parameters)

Các thông số của động cơ drone, bao gồm mô-men xoắn tối đa và công suất tối đa, là yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến khả năng bay của drone.

**% Thông số động cơ**

qc\_motor.max\_torque = 0.8;  % N\*m

qc\_motor.max\_power = 160;   % W

qc\_motor.time\_const = 0.02; % sec

qc\_motor.efficiency = 25/30\*100; % % hiệu suất

qc\_motor.efficiency\_spd = 5000; % rpm

qc\_motor.efficiency\_trq = 0.05; % N\*m

qc\_motor.rotor\_damping = 1e-7; % N\*m/(rad/s)

qc\_motor.max\_torque là mô-men xoắn tối đa của động cơ (0.8 N\*m).

qc\_motor.max\_power là công suất tối đa của động cơ (160 W).

Các tham số khác như time\_const, efficiency, và rotor\_damping ảnh hưởng đến hiệu suất hoạt động của động cơ và phản ứng của drone trong quá trình bay.

## Cấu hình môi trường mô phỏng

### Kích thước mặt đất (Ground Size)

Các thông số dưới đây mô tả kích thước của không gian bay mà drone có thể hoạt động. Đây là phần cấu hình không gian mà drone sẽ bay trong môi trường mô phỏng:

**% Kích thước mặt đất (không gian bay)**

planex = 12.5;           % m

planey = 8.5;            % m

planedepth = 0.2;        % m, khoảng cách từ mặt đất đến hệ tọa độ tham chiếu

planex và planey xác định chiều dài và chiều rộng của không gian mặt đất, tức là phạm vi mà drone có thể di chuyển theo phương X và Y.

planedepth là khoảng cách từ mặt đất đến hệ tọa độ tham chiếu, có thể coi là chiều cao hoặc độ cao của mặt đất so với hệ tọa độ mô phỏng.

### Điều kiện không khí (Air Conditions)

Điều kiện không khí, bao gồm mật độ không khí (air\_rho) và nhiệt độ không khí (air\_temperature), ảnh hưởng đến lực đẩy và cản của drone. Đây là các yếu tố quan trọng trong mô phỏng khí động học.

**% Điều kiện không khí**

air\_rho = 1.225;  % Mật độ không khí (kg/m^3) tại mực nước biển

air\_temperature = 273 + 25; % Nhiệt độ không khí (K) tại 25°C

air\_rho là mật độ không khí tại mực nước biển (1.225 kg/m³), ảnh hưởng đến lực nâng và lực cản khi drone bay.

air\_temperature là nhiệt độ không khí (K), được tính từ nhiệt độ Celsius 25°C (được cộng thêm 273 để chuyển đổi sang độ Kelvin). Nhiệt độ không khí ảnh hưởng đến tính chất của không khí, như mật độ không khí và các yếu tố khí động học khác.

### Điều kiện gió (Wind Conditions)

Gió là yếu tố môi trường có thể tác động đến tính ổn định và khả năng kiểm soát của drone trong quá trình bay. Trong đoạn code này, gió không được đưa vào với tốc độ cụ thể, nhưng có thể dễ dàng thay đổi nếu cần thiết.

**% Điều kiện gió**

wind\_speed = 0;  % Tốc độ gió (m/s)

wind\_speed là tốc độ gió, được đặt bằng 0 m/s trong trường hợp này, nghĩa là không có gió. Tuy nhiên, nếu cần mô phỏng điều kiện gió, bạn có thể thay đổi giá trị này để xem ảnh hưởng của gió đối với quá trình bay của drone.

### Thuộc tính của vật liệu (Material Properties)

Đoạn mã này mô tả các thuộc tính của vật liệu cấu thành drone, có thể ảnh hưởng đến độ bền của drone khi tác động với các yếu tố môi trường (như độ bền của cánh quạt, khung drone, v.v.).

**% Thuộc tính vật liệu**

rho\_pla = 1.25;  % Khối lượng riêng của vật liệu PLA (g/cm^3)

rho\_pla là khối lượng riêng của vật liệu PLA (1.25 g/cm³). PLA là một loại vật liệu thường được dùng để in 3D và có tính năng nhẹ, rẻ tiền. Tuy nhiên, tính chất nhiệt của PLA có thể làm ảnh hưởng đến khả năng chịu nhiệt của drone.

### Thông số của gói hàng (Package Parameters)

Đoạn mã này định nghĩa các thông số của gói hàng mà drone sẽ vận chuyển, bao gồm kích thước và mật độ. Các thông số này ảnh hưởng đến trọng lượng và sức tải của drone, cũng như lực tác động trong quá trình bay.

**% Thông số của gói hàng**

pkgSize = [1 1 1]\*0.14;  % m

pkgDensity = 1/(pkgSize(1)\*pkgSize(2)\*pkgSize(3)); % kg/m^3

pkgSize là kích thước của gói hàng, được xác định là một hình khối với chiều dài, chiều rộng và chiều cao bằng 0.14 m.

pkgDensity là mật độ của gói hàng, được tính toán từ thể tích của gói hàng (pkgSize). Mật độ này sẽ ảnh hưởng đến trọng lượng và khả năng chịu tải của drone.

### Thông số cánh quạt (Propeller Parameters)

Các thông số của cánh quạt được mô phỏng trong phần này, bao gồm đường kính và các hệ số liên quan đến lực đẩy và lực cản khí động học.

**% Thông số cánh quạt**

propeller.diameter = 0.254; % m

propeller.Kthrust = 0.1072;

propeller.Kdrag = 0.01;

propeller.diameter là đường kính của cánh quạt, có giá trị là 0.254 m.

propeller.Kthrust và propeller.Kdrag là các hệ số ảnh hưởng đến lực đẩy và lực cản của cánh quạt trong môi trường không khí.

### Thông số động cơ (Motor Parameters)

Các thông số của động cơ drone, bao gồm mô-men xoắn tối đa và công suất tối đa, là yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến khả năng bay của drone.

**% Thông số động cơ**

qc\_motor.max\_torque = 0.8;  % N\*m

qc\_motor.max\_power = 160;   % W

qc\_motor.time\_const = 0.02; % sec

qc\_motor.efficiency = 25/30\*100; % % hiệu suất

qc\_motor.efficiency\_spd = 5000; % rpm

qc\_motor.efficiency\_trq = 0.05; % N\*m

qc\_motor.rotor\_damping = 1e-7; % N\*m/(rad/s)

qc\_motor.max\_torque là mô-men xoắn tối đa của động cơ (0.8 N\*m).

qc\_motor.max\_power là công suất tối đa của động cơ (160 W).

Các tham số khác như time\_const, efficiency, và rotor\_damping ảnh hưởng đến hiệu suất hoạt động của động cơ và phản ứng của drone trong quá trình bay.

## Phương pháp giải (Solver)

Trong đoạn mã này, phương pháp giải được cấu hình cho mô phỏng dựa trên chế độ **desktop** và **real-time**:

**Phương pháp giải cho chế độ Desktop**:

* + Khi chế độ là desktop (deskreal == 'desktop'), phương pháp giải được đặt là ode23t (phương pháp giải thích hợp với các hệ phương trình vi phân không cứng).

desktop\_solver = 'ode23t';

set\_param(mdl,'Solver’, desktop\_solver);

* **Phương pháp giải cho chế độ Real-time**:
  + Khi chế độ là real-time (deskreal ~= 'desktop'), phương pháp giải được thay đổi thành ode14x với bước thời gian cố định (FixedStep) là 0.01.

realtime\_globalSolver = 'ode14x';

realtime\_stepSize = '0.01';

set\_param(mdl,'Solver’, realtime\_globalSolver,'FixedStep',realtime\_stepSize);

### Độ phân giải (Step Size)

**Bước thời gian cố định (Fixed Step)**:

* + Trong chế độ real-time, bước thời gian cố định được thiết lập là 0.01 giây:

set\_param (mdl,'Solver', realtime\_globalSolver,'FixedStep',realtime\_stepSize);

Điều này có nghĩa là mỗi bước mô phỏng sẽ được tính toán với độ phân giải là 0.01 giây.

**Chế độ real-time yêu cầu các tham số nhỏ hơn**:

* + Khi mô phỏng đang chạy ở chế độ real-time, một số tham số liên quan đến độ phân giải như MaxNonlinIter và các cấu hình khác được thiết lập để tối ưu hóa quá trình mô phỏng thời gian thực:

set\_param(solverBlock\_pth(svb\_i),...

  'UseLocalSolver','on',...

  'DoFixedCost','on',...

  'MaxNonlinIter',realtime\_nonlinIter,...

  'LocalSolverChoice',realtime\_localSolver,...

  'LocalSolverSampleTime',realtime\_stepSize);

Các tham số này cho phép điều chỉnh số vòng lặp tính toán, cách thức giải quyết các vấn đề phi tuyến, và các tùy chọn giải thuật cho phương pháp giải.

### Khối giải thuật solver trong mô hình Simulink

* Đoạn mã tìm tất cả các khối solver trong mô hình Simulink và cấu hình chúng. Điều này giúp đảm bảo rằng các tham số của solver được thiết lập chính xác cho các mô phỏng trong mô hình:

solverBlock\_pth = Simulink.findBlocks(bdroot, 'SubClassName', 'solver', f);

* Sau đó, đối với từng khối solver, các tham số như UseLocalSolver, MaxNonlinIter, và LocalSolverSampleTime được cấu hình tùy theo chế độ desktop hoặc real-time.

**Tóm lại:**

Đoạn mã này **cấu hình các tham số mô phỏng**, bao gồm:

* **Phương pháp giải** (solver) cho mô phỏng: ode23t cho chế độ desktop và ode14x cho chế độ real-time.
* **Độ phân giải** (step size) với giá trị cố định là 0.01 giây cho chế độ real-time.
* **Tham số solver** trong Simulink để điều chỉnh phương pháp giải cho các khối solver trong mô hình.

# POSITIONS, VELOCITIES, TRAJECTORY AND CURRENT, BATTERY SOC FOR 6 PATH

## Run 6 path in project

### Run path 1

A screenshot of a computer

Description automatically generated

### Run path 2

A computer screen shot of a computer

Description automatically generated

### Run path 3

A screenshot of a computer

Description automatically generated

### Run path 4

A screenshot of a computer

Description automatically generated

### Run path 5

A screenshot of a computer

Description automatically generated

### Run path 6

A screenshot of a computer

Description automatically generated

## Positions, velocities, trajectory and current, battery SOC for path 1

A graph of a graph of a graph

Description automatically generated with medium confidence

* **Vị trí theo trục X (Pos x)**: Đồ thị này hiển thị vị trí theo trục x (đơn vị mét) theo thời gian (đơn vị giây). Đường nét đứt là giá trị tham chiếu (Ref) và đường nét liền là giá trị đo được (Meas). Vị trí x tăng dần từ -2 m đến khoảng 4.5 m trong khoảng thời gian từ 0 đến 60 giây.
* **Vận tốc theo trục X (Vel x)**: Đồ thị này hiển thị vận tốc theo trục x (đơn vị mét/giây) theo thời gian (đơn vị giây). Vận tốc x dao động và đạt đỉnh khoảng 0.4 m/s trước khi giảm về gần 0 m/s.
* **Góc lăn (Roll)**: Đồ thị này hiển thị góc lăn (đơn vị độ) theo thời gian (đơn vị giây). Góc lăn dao động nhẹ quanh giá trị 0 độ.
* **Vị trí theo trục Y (Pos y)**: Đồ thị này hiển thị vị trí theo trục y (đơn vị mét) theo thời gian (đơn vị giây). Vị trí y tăng từ -2 m đến khoảng 0.5 m trong khoảng thời gian từ 0 đến 60 giây.
* **Vận tốc theo trục Y (Vel y)**: Đồ thị này hiển thị vận tốc theo trục y (đơn vị mét/giây) theo thời gian (đơn vị giây). Vận tốc y dao động và đạt đỉnh khoảng 0.2 m/s trước khi giảm về gần 0 m/s.
* **Góc ngẩng (Pitch)**: Đồ thị này hiển thị góc ngẩng (đơn vị độ) theo thời gian (đơn vị giây). Góc ngẩng dao động quanh giá trị 0 độ với biên độ dao động lớn hơn so với góc lăn.
* **Vị trí theo trục Z (Pos z)**: Đồ thị này hiển thị vị trí theo trục z (đơn vị mét) theo thời gian (đơn vị giây). Vị trí z tăng từ 0 m đến khoảng 6 m rồi giảm về khoảng 2 m trong khoảng thời gian từ 0 đến 60 giây.
* **Vận tốc theo trục Z (Vel z)**: Đồ thị này hiển thị vận tốc theo trục z (đơn vị mét/giây) theo thời gian (đơn vị giây). Vận tốc z dao động và đạt đỉnh khoảng 0.5 m/s trước khi giảm về gần 0 m/s.
* **Góc quay (Yaw)**: Đồ thị này hiển thị góc quay (đơn vị độ) theo thời gian (đơn vị giây). Góc quay tăng từ 0 độ đến khoảng 5 độ rồi giảm về gần 0 độ.

A screen shot of a graph

Description automatically generated

**Quỹ đạo tham chiếu (Ref)**

* Đường nét đứt màu đen biểu thị quỹ đạo lý tưởng mà drone cần theo dõi.
* Đây là đường mà hệ thống điều khiển của drone đang cố gắng duy trì.

**Quỹ đạo thực tế (Path)**

* Đường màu đỏ biểu thị quỹ đạo thực tế mà drone đã bay.
* Có sự chênh lệch so với quỹ đạo tham chiếu, điều này có thể do nhiều yếu tố như điều kiện thời tiết, độ chính xác của các cảm biến, hoặc phản ứng của hệ thống điều khiển.

**Vị trí hiện tại của tải trọng (Load)**

* Dấu cộng màu đỏ biểu thị vị trí hiện tại của tải trọng mà drone đang mang.
* Đây là điểm thực tế tại thời điểm chụp của quỹ đạo, cho thấy drone đang ở đâu trên quỹ đạo thực tế.

**Các điểm mốc (Waypoints)**

* Các điểm màu xanh dương biểu thị các điểm mốc mà drone cần đi qua.
* Đây là các tọa độ cố định mà drone cần đạt tới trong quá trình bay, giúp định hướng và xác định lộ trình của drone.
* Quỹ đạo thực tế của drone (đường màu đỏ) bắt đầu từ tọa độ (-4, -4, 0) và di chuyển qua các điểm mốc màu xanh dương, sau đó kết thúc tại tọa độ (-2, 0, 0). Quỹ đạo này có sự khác biệt so với quỹ đạo tham chiếu (đường nét đứt màu đen), cho thấy drone có sự lệch nhẹ quỹ đạo tham chiếu.

A graph of a battery

Description automatically generated

**Trạng thái sạc của pin (Battery State of Charge - SOC)**

* **Biểu đồ trên cùng**: Hiển thị trạng thái sạc của pin (SOC) theo thời gian.
* **Trục Y**: Đại diện cho dung lượng pin tính bằng Ah (ampere-giờ).
* **Trục X**: Đại diện cho thời gian tính bằng giây (s).
* Đường biểu đồ cho thấy dung lượng pin giảm dần từ khoảng 22.8 Ah xuống còn 22 Ah trong khoảng thời gian từ 0 đến 75 giây. Điều này cho thấy pin đang bị tiêu hao năng lượng dần trong suốt quá trình hoạt động.

**Dòng điện của pin và động cơ (Currents)**

* **Biểu đồ dưới cùng**: Hiển thị dòng điện (currents) của pin và bốn động cơ theo thời gian.
* **Trục Y**: Đại diện cho dòng điện tính bằng ampere (A).
* **Trục X**: Đại diện cho thời gian tính bằng giây (s).
* Dòng điện của pin dao động quanh mức 40A và động cơ dao động quanh mức 10A, trong khi dòng điện của các động cơ rất nhỏ và ổn định.

## Positions, velocities, trajectory and current, battery SOC for path 2

A screenshot of a graph

Description automatically generated

**Vị trí theo trục X (Pos x):**

* Đồ thị này hiển thị vị trí theo trục x (đơn vị mét) theo thời gian (đơn vị giây).
* Đường nét đứt là giá trị tham chiếu (Ref) và đường nét liền là giá trị đo được (Meas).
* Vị trí x tăng từ -2 đến 2 mét trong khoảng thời gian từ 0 đến 100 giây.

**Vận tốc theo trục X (Vel x):**

* Đồ thị này hiển thị vận tốc theo trục x (đơn vị mét/giây) theo thời gian (đơn vị giây).
* Vận tốc x dao động quanh giá trị 0 và có một đỉnh cao khoảng 0.4 m/s tại khoảng 50 giây.

**Góc lăn (Roll):**

* Đồ thị này hiển thị góc lăn (đơn vị độ) theo thời gian (đơn vị giây).
* Góc lăn dao động mạnh quanh giá trị 0 độ.

**Vị trí theo trục Y (Pos y):**

* Đồ thị này hiển thị vị trí theo trục y (đơn vị mét) theo thời gian (đơn vị giây).
* Vị trí y tăng từ -2 đến 2 mét trong khoảng thời gian từ 0 đến 100 giây.

**Vận tốc theo trục Y (Vel y):**

* Đồ thị này hiển thị vận tốc theo trục y (đơn vị mét/giây) theo thời gian (đơn vị giây).
* Vận tốc y dao động quanh giá trị 0 và có một đỉnh cao khoảng 0.4 m/s tại khoảng 50 giây.

**Góc ngẩng (Pitch):**

* Đồ thị này hiển thị góc ngẩng (đơn vị độ) theo thời gian (đơn vị giây).
* Góc ngẩng dao động mạnh quanh giá trị 0 độ.

**Vị trí theo trục Z (Pos z):**

* Đồ thị này hiển thị vị trí theo trục z (đơn vị mét) theo thời gian (đơn vị giây).
* Vị trí z tăng từ 0 đến 6 mét và sau đó giảm về 0 trong khoảng thời gian từ 0 đến 100 giây.

**Vận tốc theo trục Z (Vel z):**

* Đồ thị này hiển thị vận tốc theo trục z (đơn vị mét/giây) theo thời gian (đơn vị giây).
* Vận tốc z dao động quanh giá trị 0 và có một đỉnh cao khoảng 0.5 m/s tại khoảng 50 giây.

**Góc quay (Yaw):**

* Đồ thị này hiển thị góc quay (đơn vị độ) theo thời gian (đơn vị giây).
* Góc quay tăng từ 0 đến 100 độ trong khoảng thời gian từ 0 đến 50 giây và sau đó giữ nguyên.

A diagram of a quadcopter

Description automatically generated

* **Đường nét đứt màu đen (Ref)**: Biểu thị quỹ đạo tham chiếu mà drone cần theo dõi.
* **Đường màu đỏ (Path)**: Biểu thị quỹ đạo thực tế mà drone đã bay. Đường nét này cho thấy drone di chuyển qua các điểm định trước.
* **Dấu cộng màu đỏ (Load)**: Biểu thị vị trí hiện tại của tải trọng mà drone đang mang.
* **Các điểm màu xanh dương nhạt (Waypoints)**: Các điểm mà drone cần đạt đến. Đây là các tọa độ cố định giúp định hướng và xác định lộ trình.
* Quỹ đạo của drone bắt đầu từ điểm waypoint đầu tiên ở tọa độ (-5, 5, 0), sau đó di chuyển lên điểm waypoint thứ hai ở tọa độ (-5, 5, 6), tiếp tục di chuyển đến điểm waypoint thứ ba ở tọa độ (-5, -5, 6), và cuối cùng di chuyển xuống điểm waypoint thứ tư ở tọa độ (-5, -5, 0). Quỹ đạo này cho thấy drone di chuyển theo một hình chữ nhật trong không gian ba chiều, với các điểm waypoint được kết nối bởi các đoạn thẳng.

A graph of a battery

Description automatically generated

**Trạng thái sạc của pin (Battery SOC)**

* **Biểu đồ trên cùng**: Hiển thị trạng thái sạc của pin (SOC) theo thời gian.
* **Trục X (Time)**: Đại diện cho thời gian tính bằng giây (s).
* **Trục Y (Charge)**: Đại diện cho dung lượng pin tính bằng ampe-giờ (A·hr).
* Đường biểu đồ cho thấy dung lượng pin giảm dần từ khoảng 23 A·hr xuống còn khoảng 21.5 A·hr trong khoảng thời gian từ 0 đến 108 giây. Điều này cho thấy pin đang tiêu thụ năng lượng và dung lượng sạc giảm dần theo thời gian.

**Dòng điện của pin và động cơ (Currents)**

* **Biểu đồ dưới cùng**: Hiển thị dòng điện của pin và bốn động cơ theo thời gian.
* **Trục X (Time)**: Đại diện cho thời gian tính bằng giây (s).
* **Trục Y (Current)**: Đại diện cho dòng điện tính bằng ampe (A).
* Dòng điện của pin (Battery) dao động quanh mức 80 A, trong khi dòng điện của các động cơ (Motor 1, Motor 2, Motor 3, Motor 4) dao động quanh mức thấp hơn nhiều, dưới 10 A.

## Positions, velocities, trajectory and current, battery SOC for path 3

A graph of a graph of a graph

Description automatically generated with medium confidence

**Vị trí theo trục X (Pos x):**

* Đồ thị này hiển thị: Vị trí theo trục X (đơn vị mét) theo thời gian (đơn vị giây).
* Đường nét đứt (Ref): Giá trị tham chiếu, cho biết vị trí lý tưởng của đối tượng theo thời gian.
* Đường nét liền (Meas): Giá trị đo được, cho biết vị trí thực tế của đối tượng theo thời gian.
* Quan sát: Vị trí x dao động quanh giá trị tham chiếu -1.98 m.

**Vận tốc theo trục X (Vel x):**

* Đồ thị này hiển thị: Vận tốc theo trục X (đơn vị mét/giây) theo thời gian (đơn vị giây).
* Quan sát: Vận tốc x dao động quanh giá trị 0 m/s, không có sự thay đổi lớn.

**Góc lăn (Roll):**

* Đồ thị này hiển thị: Góc lăn (đơn vị độ) theo thời gian (đơn vị giây).
* Quan sát: Góc lăn dao động quanh giá trị 0 độ, cho thấy sự ổn định của đối tượng về mặt ngang.

**Vị trí theo trục Y (Pos y):**

* Đồ thị này hiển thị: Vị trí theo trục Y (đơn vị mét) theo thời gian (đơn vị giây).
* Quan sát: Vị trí y thay đổi từ 0 đến khoảng -1 m, cho thấy đối tượng di chuyển theo trục Y.

**Vận tốc theo trục Y (Vel y):**

* Đồ thị này hiển thị: Vận tốc theo trục Y (đơn vị mét/giây) theo thời gian (đơn vị giây).
* Quan sát: Vận tốc y thay đổi từ 0 đến khoảng 0.4 m/s.

**Góc ngẩng (Pitch):**

* Đồ thị này hiển thị: Góc ngẩng (đơn vị độ) theo thời gian (đơn vị giây).
* Quan sát: Góc ngẩng dao động quanh giá trị 0 độ, cho thấy sự ổn định của đối tượng về mặt dọc.

**Vị trí theo trục Z (Pos z):**

* Đồ thị này hiển thị: Vị trí theo trục Z (đơn vị mét) theo thời gian (đơn vị giây).
* Quan sát: Vị trí z thay đổi từ 0 đến khoảng 4 m, cho thấy đối tượng di chuyển lên xuống theo trục Z.

**Vận tốc theo trục Z (Vel z):**

* Đồ thị này hiển thị: Vận tốc theo trục Z (đơn vị mét/giây) theo thời gian (đơn vị giây).
* Quan sát: Vận tốc z thay đổi từ 0 đến khoảng 1 m/s.

**Góc quay (Yaw):**

* Đồ thị này hiển thị: Góc quay (đơn vị độ) theo thời gian (đơn vị giây).
* Quan sát: Góc quay thay đổi từ 0 đến khoảng -50 độ, cho thấy sự thay đổi hướng của đối tượng.

A diagram of a quadcopter

Description automatically generated

* **Đường nét đứt màu đen (Ref)**: Biểu thị quỹ đạo tham chiếu mà drone cần theo dõi. Đây là lộ trình lý tưởng mà hệ thống điều khiển muốn drone tuân thủ.
* **Đường màu đỏ (Path)**: Biểu thị quỹ đạo thực tế mà drone đã bay. Đường màu đỏ cho thấy lộ trình mà drone thực sự di chuyển qua không gian. Quỹ đạo này bắt đầu từ tọa độ (-4, -4, 0) và kết thúc tại tọa độ (0, -4, 4), bao gồm việc bay lên cao, di chuyển ngang và hạ cánh xuống điểm cuối.
* **Dấu cộng màu đỏ (Load)**: Biểu thị vị trí hiện tại của tải trọng mà drone đang mang. Đây là điểm thực tế tại thời điểm chụp của quỹ đạo, cho thấy drone đang ở đâu trên quỹ đạo thực tế.
* **Các điểm màu xanh dương (Waypoints)**: Biểu thị các điểm mốc mà drone cần đi qua. Các điểm mốc này giúp định hướng và xác định lộ trình của drone, đảm bảo rằng nó đi theo quỹ đạo mong muốn.
* Quỹ đạo của drone cho thấy nó di chuyển từ một điểm ban đầu ở tọa độ (-4, -4, 0), lên cao và về phía trước, sau đó di chuyển ngang và cuối cùng hạ cánh xuống tọa độ (0, -4, 4). Các điểm waypoint màu xanh dương giúp xác định các điểm quan trọng trên lộ trình, đảm bảo rằng drone di chuyển đúng hướng và đạt được các mục tiêu bay đề ra.

A graph of a battery

Description automatically generated

**Trạng thái sạc của Pin (SOC)**

* **Biểu đồ trên cùng**: Hiển thị trạng thái sạc của pin (SOC) theo thời gian.
  + **Trục Y**: Biểu thị dung lượng pin (A·hr).
  + **Trục X**: Biểu thị thời gian (giây).
* Từ biểu đồ, có thể thấy dung lượng pin giảm dần từ khoảng 22.8 A·hr xuống còn khoảng 22.2 A·hr trong vòng 60 giây. Điều này cho thấy pin đang tiêu hao năng lượng dần dần trong suốt quá trình hoạt động.

**Dòng điện của Pin và Động cơ**

* **Biểu đồ dưới cùng**: Hiển thị dòng điện của pin và bốn động cơ theo thời gian.
  + **Trục Y**: Biểu thị dòng điện (A).
  + **Trục X**: Biểu thị thời gian (giây).
* Dòng điện của pin (đường màu xanh dương) biến động lớn trong những giây đầu tiên, sau đó ổn định ở mức khoảng 20-30 A và có một đỉnh lớn vào khoảng giây thứ 50. Dòng điện của các động cơ (đường màu cam, vàng, tím và xanh lá cây) có sự biến động nhỏ hơn và ổn định hơn so với dòng điện của pin.

## Positions, velocities, trajectory and current, battery SOC for path 4

A group of graphs showing different types of data

Description automatically generated with medium confidence

**Pos x (m)**

* Đồ thị này cho thấy: Vị trí theo trục X của đối tượng theo thời gian.
* Quan sát: Vị trí bắt đầu từ 0, tăng lên khoảng 5m vào khoảng 50 giây, sau đó giảm xuống gần 0 vào khoảng 100 giây.

**Vel x (m/s)**

* Đồ thị này cho thấy: Vận tốc theo trục X của đối tượng theo thời gian.
* Quan sát: Vận tốc dao động từ -1 m/s đến 1 m/s.

**Roll (deg)**

* Đồ thị này cho thấy: Góc lăn của đối tượng theo thời gian.
* Quan sát: Góc lăn dao động mạnh từ -20 độ đến 20 độ.

**Pos y (m)**

* Đồ thị này cho thấy: Vị trí theo trục Y của đối tượng theo thời gian.
* Quan sát: Vị trí bắt đầu từ 0, tăng lên khoảng 10m vào khoảng 50 giây, sau đó giảm nhẹ.

**Vel y (m/s)**

* Đồ thị này cho thấy: Vận tốc theo trục Y của đối tượng theo thời gian.
* Quan sát: Vận tốc dao động từ -0.5 m/s đến 0.5 m/s.

**Pitch (deg)**

* Đồ thị này cho thấy: Góc ngẩng của đối tượng theo thời gian.
* Quan sát: Góc ngẩng dao động từ -5 độ đến 5 độ.

**Pos z (m)**

* Đồ thị này cho thấy: Vị trí theo trục Z của đối tượng theo thời gian.
* Quan sát: Vị trí bắt đầu từ 0, tăng lên khoảng 6m vào khoảng 50 giây, sau đó giảm xuống gần 0 vào khoảng 100 giây.

**Vel z (m/s)**

* Đồ thị này cho thấy: Vận tốc theo trục Z của đối tượng theo thời gian.
* Quan sát: Vận tốc dao động từ -1 m/s đến 1 m/s.

**Yaw (deg)**

* Đồ thị này cho thấy: Góc quay của đối tượng theo thời gian.
* Quan sát: Góc quay bắt đầu từ 0, tăng lên khoảng 200 độ vào khoảng 50 giây, sau đó giảm xuống khoảng 100 độ vào khoảng 100 giây.

A diagram of a quadcopter

Description automatically generated

* **Đường màu đỏ (Path)**: Đây là quỹ đạo thực tế mà drone đã bay. Đường màu đỏ cho thấy lộ trình mà drone thực sự di chuyển qua không gian. Quỹ đạo này bắt đầu từ một điểm gần trục X và Y âm, di chuyển lên trên và về phía trục X và Y dương, đạt đến độ cao khoảng 4 mét trên trục Z, sau đó di chuyển xuống và kết thúc tại một điểm gần trục X và Y dương. Điều này cho thấy drone đã bay qua một loạt các điểm mốc (waypoints) và hoàn thành nhiệm vụ di chuyển theo một lộ trình phức tạp.
* **Đường nét đứt màu đen (Ref)**: Đây là quỹ đạo tham chiếu mà hệ thống điều khiển của drone cần theo dõi. Đường nét đứt này biểu thị lộ trình lý tưởng mà drone nên bay theo để đạt được mục tiêu di chuyển một cách chính xác và ổn định.
* **Dấu cộng màu đỏ (Load)**: Đây là vị trí hiện tại của tải trọng mà drone đang mang. Điều này cho thấy vị trí thực tế của drone và tải trọng tại thời điểm chụp của quỹ đạo, giúp đánh giá hiệu suất của hệ thống điều khiển trong việc duy trì tải trọng ở vị trí mong muốn.
* **Các điểm màu xanh dương (Waypoints)**: Đây là các điểm mốc mà drone cần đi qua trong quá trình di chuyển. Các điểm này giúp xác định lộ trình và đảm bảo rằng drone di chuyển đúng hướng và đạt được các mục tiêu bay đề ra.
* Quỹ đạo của drone hiển thị trong không gian ba chiều với các điểm mốc tại các tọa độ (-2, -2, 0.14), (-2, -2, 6), (0, 0, 6), (2, 0, 6) và (5, 0, 0.14). Quỹ đạo này cho thấy drone di chuyển theo một lộ trình phức tạp, thay đổi độ cao và vị trí trong không gian.

A graph of a battery

Description automatically generated

**Trạng thái sạc của pin (Battery State of Charge - SOC)**

* **Biểu đồ trên cùng**: Hiển thị trạng thái sạc của pin theo thời gian.
  + **Trục hoành (Time)**: Biểu thị thời gian tính bằng giây (s), từ 0 đến 120 giây.
  + **Trục tung (Charge)**: Biểu thị dung lượng sạc của pin tính bằng ampe-giờ (A·hr), từ 21.5 đến 23 A·hr.
  + **Đường màu xanh dương (SOC)**: Cho thấy dung lượng sạc của pin giảm dần từ khoảng 23 A·hr xuống gần 21.5 A·hr trong khoảng thời gian 120 giây.

**Dòng điện (Currents)**

* **Biểu đồ dưới cùng**: Hiển thị dòng điện của pin và các động cơ theo thời gian.
  + **Trục hoành (Time)**: Biểu thị thời gian tính bằng giây (s), từ 0 đến 120 giây.
  + **Trục tung (Current)**: Biểu thị dòng điện tính bằng ampe (A), từ 0 đến 100 A.
  + **Đường màu xanh dương (Battery)**: Cho thấy dòng điện của pin dao động quanh mức 40 A trong suốt thời gian 120 giây.
  + **Các đường màu khác (Motor 1, Motor 2, Motor 3, Motor 4)**: Biểu thị dòng điện của các động cơ, dao động quanh mức 10 A với một số biến động nhỏ.

## Positions, velocities, trajectory and current, battery SOC for path 5

A group of graphs showing different types of data

Description automatically generated with medium confidence

**Pos x (m)**

* Đồ thị này cho thấy: Vị trí theo trục X của đối tượng theo thời gian.
* Đường nét đứt (Ref): Giá trị tham chiếu.
* Đường nét liền (Meas): Giá trị đo được.
* Quan sát: Vị trí x tăng từ 0 lên khoảng 5 mét rồi giảm xuống gần 0.

**Vel x (m/s)**

* **Đồ thị này cho thấy**: Vận tốc theo trục X của đối tượng theo thời gian.
* **Quan sát**: Vận tốc dao động từ -1 m/s đến 1 m/s.

**Roll (deg)**

* Đồ thị này cho thấy: Góc lăn của đối tượng theo thời gian.
* Quan sát: Góc lăn dao động từ -20 độ đến 20 độ.

**Pos y (m)**

* Đồ thị này cho thấy: Vị trí theo trục Y của đối tượng theo thời gian.
* Quan sát: Vị trí y tăng lên khoảng 10 mét rồi giảm nhẹ.

**Vel y (m/s)**

* **Đồ thị này cho thấy**: Vận tốc theo trục Y của đối tượng theo thời gian.
* **Quan sát**: Vận tốc dao động từ -0.5 m/s đến 0.5 m/s.

**Pitch (deg)**

* Đồ thị này cho thấy: Góc ngẩng của đối tượng theo thời gian.
* Quan sát: Góc ngẩng dao động từ -5 độ đến 5 độ.

**Pos z (m)**

* Đồ thị này cho thấy: Vị trí theo trục Z của đối tượng theo thời gian.
* Quan sát: Vị trí z tăng lên khoảng 6 mét rồi giảm gần về 0.

**Vel z (m/s)**

* Đồ thị này cho thấy: Vận tốc theo trục Z của đối tượng theo thời gian.
* Quan sát: Vận tốc dao động từ -1 m/s đến 1 m/s.

**Yaw (deg)**

* Đồ thị này cho thấy: Góc quay của đối tượng theo thời gian.
* Quan sát: Góc quay dao động từ -50 độ đến 50 độ.

A diagram of a quadcopter trajectory

Description automatically generated

* Quỹ đạo bắt đầu từ một điểm gần trục X và Y âm, di chuyển lên trên và về phía trục X và Y dương, đạt đến độ cao khoảng 4 mét trên trục Z. Sau đó, nó di chuyển xuống và kết thúc tại một điểm gần trục X và Y dương.
* **So sánh Quỹ đạo Thực tế và Quỹ đạo Tham chiếu**: So sánh đường Path (đỏ) với đường Ref (đen) giúp chúng ta thấy sự khác biệt giữa lộ trình thực tế và lý tưởng. Điều này có thể chỉ ra các yếu tố ảnh hưởng như điều kiện môi trường, hiệu suất của hệ thống điều khiển và độ chính xác của các cảm biến.
* **Điểm Waypoints**: Drone di chuyển qua các điểm mốc (waypoints) đã định trước, đảm bảo rằng nó tuân thủ lộ trình đã được lập kế hoạch và đạt được các mục tiêu bay.

A graph of a battery

Description automatically generated

**Trạng thái sạc của pin (Battery State of Charge - SOC)**

**Biểu đồ trên cùng**:

* **Trục hoành (Time)**: Biểu thị thời gian tính bằng giây (s), từ 0 đến 200 giây.
* **Trục tung (Charge)**: Biểu thị dung lượng sạc của pin từ 20.5 đến 23 Ahr.
* **Đường biểu diễn màu xanh dương (Ref)**: Cho thấy trạng thái sạc của pin giảm dần từ khoảng 22.8 Ahr xuống còn khoảng 20.5 Ahr trong khoảng thời gian từ 0 đến 200 giây.

**Dòng điện (Currents)**

**Biểu đồ dưới cùng**:

* **Trục hoành (Time)**: Biểu thị thời gian tính bằng giây (s), từ 0 đến 200 giây.
* **Trục tung (Current)**: Biểu thị dòng điện từ 0 đến 100 A.
* Các đường biểu diễn khác nhau cho thấy dòng điện của pin và các động cơ:
  + **Đường màu xanh dương (Battery)**: Cho thấy dòng điện của pin, dao động mạnh ở đầu và cuối khoảng thời gian, và ổn định ở khoảng 20 A trong phần lớn thời gian.
  + **Đường màu cam (Motor 1)**, **màu vàng (Motor 2)**, **màu tím (Motor 3)**, và **màu xanh lá cây (Motor 4)**: Cho thấy dòng điện của các động cơ, dao động nhẹ quanh mức 10 A trong phần lớn thời gian và có một số biến động nhỏ ở cuối khoảng thời gian.

## Positions, velocities, trajectory and current, battery SOC for path 6

A screenshot of a graph

Description automatically generated

**Pos x (m)**

* Đồ thị này cho thấy: Vị trí theo trục X của đối tượng theo thời gian.
* Đường nét đứt (Ref): Giá trị tham chiếu.
* Đường nét liền (Meas): Giá trị đo được.
* Quan sát: Vị trí x tăng đều từ 0 đến 150 mét trong khoảng thời gian từ 0 đến 100 giây, sau đó giữ nguyên.

**Vel x (m/s)**

* Đồ thị này cho thấy: Vận tốc theo trục X của đối tượng theo thời gian.
* Quan sát: Vận tốc x tăng từ 0 đến khoảng 2 m/s trong khoảng thời gian từ 0 đến 50 giây, sau đó giảm về 0 và giữ nguyên.

**Roll (deg)**

* Đồ thị này cho thấy: Góc lăn của đối tượng theo thời gian.
* Quan sát: Góc lăn dao động quanh giá trị 0 độ trong suốt khoảng thời gian từ 0 đến 200 giây.

**Pos y (m)**

* Đồ thị này cho thấy: Vị trí theo trục Y của đối tượng theo thời gian.
* Quan sát: Vị trí y tăng đều từ 0 đến 150 mét trong khoảng thời gian từ 100 đến 200 giây.

**Vel y (m/s)**

* Đồ thị này cho thấy: Vận tốc theo trục Y của đối tượng theo thời gian.
* Quan sát: Vận tốc y tăng từ 0 đến khoảng 2 m/s trong khoảng thời gian từ 100 đến 150 giây, sau đó giảm về 0 và giữ nguyên.

**Pitch (deg)**

* Đồ thị này cho thấy: Góc nghiêng của đối tượng theo thời gian.
* Quan sát: Góc nghiêng dao động quanh giá trị 0 độ trong suốt khoảng thời gian từ 0 đến 200 giây.

**Pos z (m)**

* Đồ thị này cho thấy: Vị trí theo trục Z của đối tượng theo thời gian.
* Quan sát: Vị trí z tăng từ 0 đến khoảng 6 mét trong khoảng thời gian từ 0 đến 50 giây, sau đó giảm về khoảng 4 mét và giữ nguyên.

**Vel z (m/s)**

* Đồ thị này cho thấy: Vận tốc theo trục Z của đối tượng theo thời gian.
* Quan sát: Vận tốc z tăng từ 0 đến khoảng 2 m/s trong khoảng thời gian từ 0 đến 50 giây, sau đó dao động và giảm về 0.

**Yaw (deg)**

* Đồ thị này cho thấy: Góc quay của đối tượng theo thời gian.
* Quan sát: Góc quay tăng từ 0 đến khoảng 90 độ trong khoảng thời gian từ 100 đến 150 giây, sau đó giữ nguyên.

A screenshot of a computer

Description automatically generated

* Quỹ đạo của drone bắt đầu từ một điểm gần trục X và Y âm, di chuyển lên trên và về phía trục X và Y dương, đạt đến độ cao khoảng 4 mét trên trục Z. Sau đó, nó di chuyển xuống và kết thúc tại một điểm gần trục X và Y dương.
* **So sánh Quỹ đạo Thực tế và Quỹ đạo Tham chiếu**: So sánh đường Path (màu đỏ) với đường Ref (màu đen) giúp nhận thấy sự khác biệt giữa quỹ đạo thực tế và quỹ đạo tham chiếu. Điều này có thể chỉ ra các yếu tố ảnh hưởng như điều kiện môi trường, hiệu suất của hệ thống điều khiển và độ chính xác của các cảm biến.
* **Điểm Waypoints**: Drone di chuyển qua các điểm mốc (waypoints) đã định trước, đảm bảo rằng nó tuân thủ lộ trình đã được lập kế hoạch và đạt được các mục tiêu bay.
* Quỹ đạo của drone hiển thị trong không gian ba chiều với các điểm mốc tại các tọa độ (0, 0, 0), (150, 0, 0), (150, 150, 0), và (0, 150, 0). Quỹ đạo này cho thấy drone di chuyển theo một hình vuông trong không gian ba chiều, bắt đầu từ điểm (0, 0, 0) và kết thúc tại điểm (0, 150, 0).

A graph of a battery

Description automatically generated

**Trạng thái sạc của pin (SOC)**

**Biểu đồ trên cùng**:

* **Trục X (Time)**: Biểu thị thời gian tính bằng giây (s), từ 0 đến 200 giây.
* **Trục Y (Charge)**: Biểu thị dung lượng sạc của pin tính bằng ampe-giờ (A·hr), từ 20.5 đến 23 A·hr.
* **Đường biểu diễn màu xanh dương**: Cho thấy dung lượng sạc của pin giảm dần từ khoảng 22.8 A·hr xuống còn khoảng 20.5 A·hr trong khoảng thời gian từ 0 đến 200 giây.
* **2. Dòng điện (Currents)**

**Biểu đồ dưới cùng**:

* **Trục X (Time)**: Biểu thị thời gian tính bằng giây (s), từ 0 đến 200 giây.
* **Trục Y (Current)**: Biểu thị dòng điện tính bằng ampe (A), từ 0 đến 100 A.
* Các đường biểu diễn khác nhau cho thấy dòng điện của pin và các động cơ:
  + **Đường màu xanh dương (Battery)**: Cho thấy dòng điện của pin, dao động mạnh từ khoảng 80 A và giảm dần xuống khoảng 20 A trong khoảng thời gian từ 0 đến 200 giây.
  + **Các đường màu khác (Motor 1, Motor 2, Motor 3, Motor 4)**

# PARAMETER SWEEP IN WORKFLOWS

## Quadcopter\_package\_delivery\_sweep\_load\_mass\_temp.m

A graph of a package and a package of mess

Description automatically generated with medium confidence

Biểu đồ trạng thái pin:

Tiêu đề: Effect of Package Mass on Battery SOC - Tác động của Khối lượng Tải Trọng lên SOC của Pin

Biểu đồ cho biết trạng thái pin (State of Charge - SOC) qua thời gian cho từng trọng lượng gói hàng.

Các đường liền thể hiện nhiệm vụ thành công và các đường chấm là nhiệm vụ thất bại, giúp quan sát tác động của trọng lượng gói hàng lên mức tiêu thụ pin.

Ý nghĩa của biểu đồ:

1. **Mối quan hệ giữa Khối lượng Tải Trọng và SOC của Pin**:

* **SOC (State of Charge)** là chỉ số cho biết mức độ năng lượng còn lại trong pin, đo bằng đơn vị **Ampere-hour (A\*hr)**. Biểu đồ này giúp đánh giá mức năng lượng của pin trong suốt thời gian hoạt động với các khối lượng tải trọng khác nhau.
* Khi khối lượng tải trọng tăng lên, nó có thể gây ảnh hưởng đến mức tiêu thụ năng lượng của hệ thống, do đó làm giảm SOC nhanh chóng hơn. Điều này đặc biệt quan trọng trong các ứng dụng di động như drone hoặc xe điện, nơi **SOC** quyết định thời gian hoạt động và khả năng hoàn thành nhiệm vụ.

1. **Ảnh hưởng của Thời gian đối với SOC**:

* Trục X (Thời gian) cho thấy sự thay đổi của **SOC** theo thời gian. Khi tải trọng thay đổi, thời gian sử dụng pin cũng thay đổi. Biểu đồ này giúp theo dõi quá trình tiêu thụ năng lượng của pin qua thời gian, cho thấy thời gian hoạt động sẽ ngắn lại khi tải trọng lớn hơn.
* Biểu đồ cho thấy **SOC** giảm nhanh hơn với tải trọng nặng, điều này có thể chỉ ra rằng hệ thống cần nhiều năng lượng hơn để duy trì hoạt động dưới khối lượng lớn, dẫn đến giảm thời gian hoạt động.

A graph with blue squares

Description automatically generated

Kết quả trạng thái nhiệm vụ

Tiêu đề: Mission Outcome: Success (dark), Failure (light) – Tiêu đề này giải thích ý nghĩa của màu sắc trong biểu đồ

Ma trận nhiệt hiển thị trạng thái thành công (màu tối) và thất bại (màu sáng) của các nhiệm vụ.

**Trục X (XLabel)**: Load Mass (kg) – Trục này đại diện cho khối lượng của tải trọng (package mass) trong đơn vị kilogram (kg). Đây là một trong các tham số được thay đổi trong quá trình thử nghiệm.

**Trục Y (YLabel)**: Temperature (degC) – Trục này đại diện cho nhiệt độ không khí (air temperature) trong đơn vị độ Celsius (°C). Nhiệt độ là một trong các tham số ảnh hưởng đến quá trình bay của drone.

Mô tả chức năng biểu đồ:

Biểu đồ **heatmap** này sẽ hiển thị kết quả của các thử nghiệm với các giá trị khối lượng tải trọng và nhiệt độ khác nhau. Mỗi ô trong biểu đồ sẽ biểu thị kết quả của một thử nghiệm tương ứng với khối lượng và nhiệt độ cụ thể:

**Giá trị trong ô**: Màu sắc của mỗi ô cho biết kết quả của nhiệm vụ với các tham số cụ thể. Nếu nhiệm vụ thành công, ô đó sẽ có màu tối; nếu thất bại, ô sẽ có màu sáng.

**Các hàng** của heatmap là nhiệt độ không khí (độ Celsius).

**Các cột** là khối lượng tải trọng (kg).

## Quadcopter\_package\_delivery\_sweep\_load\_mass\_wind.m

A diagram of a graph

Description automatically generated with medium confidence

**Biểu đồ lực gió (wind force)**

**Mục đích**: Biểu đồ này theo dõi lực gió tác động lên quadcopter trong suốt quá trình bay. Lực gió có thể ảnh hưởng trực tiếp đến đường bay của quadcopter, đặc biệt là khi bay trong môi trường có gió mạnh hoặc thay đổi.

**Chi tiết**:

* **Trục X (Thời gian)**: Trục này thể hiện thời gian trong quá trình mô phỏng. Mỗi điểm trên trục X đại diện cho một thời điểm cụ thể khi mô phỏng được chạy.
* **Trục Y (Lực gió)**: Biểu đồ này có thể gồm ba trục lực gió, tương ứng với ba phương (x, y, z) trong không gian:
  + Lực gió theo trục X: Đo lường lực gió ảnh hưởng theo phương ngang.
  + Lực gió theo trục Y: Đo lường lực gió tác động theo phương dọc.
  + Lực gió theo trục Z: Lực gió ảnh hưởng theo phương thẳng đứng.

**Ý nghĩa**: Biểu đồ này giúp đánh giá sự thay đổi của lực gió trong quá trình bay, từ đó phân tích sự ảnh hưởng của nó đối với khả năng ổn định và di chuyển của quadcopter. Ví dụ, khi có gió mạnh, quadcopter có thể bị lệch quỹ đạo và yêu cầu điều chỉnh lực đẩy để giữ ổn định.

**Biểu đồ Đường bay của Quadcopter (Trajectory Plot)**

**Mục đích:** Biểu đồ này giúp bạn trực quan hóa đường bay của quadcopter trong không gian ba chiều. Mỗi mô phỏng sẽ có một đường bay tương ứng, thể hiện sự thay đổi vị trí của quadcopter qua thời gian. Điều này giúp đánh giá cách các yếu tố như gió và khối lượng ảnh hưởng đến hành trình bay.

**Chi tiết**:

Mỗi đường thể hiện hành trình ba chiều của quadcopter từ điểm bắt đầu đến điểm kết thúc. Các điểm kiểm tra (waypoints) cũng được hiển thị trên đồ thị để dễ dàng nhận diện quỹ đạo bay. Các đường bay có thể có kiểu dáng và độ dày khác nhau tùy thuộc vào kết quả của mô phỏng, với các đường đứt đoạn đại diện cho các nhiệm vụ không thành công (mission failed).

* **Trục X, Y, Z**: Ba trục này đại diện cho ba chiều không gian (toạ độ không gian) mà quadcopter bay qua. Vị trí (x, y, z) của quadcopter tại mỗi thời điểm sẽ được ghi lại và vẽ trên biểu đồ.
* **Đường bay**: Đoạn đường thể hiện hành trình của quadcopter từ điểm xuất phát đến điểm kết thúc. Các điểm này có thể là các vị trí theo thời gian hoặc các điểm kiểm tra (waypoints).
* **Chỉ số "mission failed"**: Nếu một nhiệm vụ không thành công, có thể biểu đồ sẽ hiển thị đường bay gián đoạn hoặc không hoàn thành, giúp người dùng nhận diện vấn đề trong quá trình bay, ví dụ như bị ảnh hưởng bởi gió quá mạnh hoặc pin hết năng lượng.

**Ý nghĩa**: Biểu đồ này cung cấp cái nhìn tổng quan về hiệu suất bay của quadcopter trong các tình huống khác nhau và giúp nhận diện các yếu tố tác động đến khả năng bay.

A comparison of graphs and charts

Description automatically generated

**Biểu đồ Trạng thái Sạc của Pin (Battery SOC Plot):**

**Mục đích:** Biểu đồ này theo dõi trạng thái sạc (SOC – State of Charge) của pin trong suốt quá trình bay của quadcopter, giúp đánh giá mức độ tiêu thụ năng lượng và khả năng duy trì bay của quadcopter.

**Chi tiết**:

* **Trục X (Thời gian)**: Trục X đại diện cho thời gian qua các giai đoạn khác nhau trong mô phỏng.
* **Trục Y (Trạng thái Sạc Pin)**: Trục Y đo lường tỷ lệ phần trăm trạng thái sạc của pin trong quá trình bay. SOC được tính từ 0% (hết pin) đến 100% (pin đầy).

**Ý nghĩa**: Biểu đồ này cho thấy mức độ tiêu thụ năng lượng của quadcopter theo thời gian. Nếu trạng thái sạc giảm nhanh, có thể chỉ ra rằng quadcopter đang tiêu thụ năng lượng mạnh hoặc không hiệu quả, điều này có thể ảnh hưởng đến khả năng hoàn thành nhiệm vụ. Nếu pin cạn kiệt trước khi nhiệm vụ hoàn thành, quadcopter có thể bị mất khả năng điều khiển.

**Biểu đồ Kết quả Nhiệm Vụ (Mission Status Heatmap):**

**Mục đích:** Biểu đồ này là một dạng heatmap giúp dễ dàng nhận diện các tình huống thành công và thất bại của các nhiệm vụ trong mô phỏng, đặc biệt khi xét theo các yếu tố khác nhau như khối lượng gói hàng và tốc độ gió**.**

**Chi tiết:**

* Trục X (Khối lượng Gói Hàng): Trục này thể hiện các mức khối lượng gói hàng được sử dụng trong các mô phỏng, từ nhẹ đến nặng.
* Trục Y (Tốc độ Gió): Trục này thể hiện các mức tốc độ gió khác nhau, từ gió nhẹ đến gió mạnh.
* Ma Trận Màu: Mỗi ô trong heatmap đại diện cho một tình huống mô phỏng với các giá trị khối lượng gói và tốc độ gió nhất định. Màu sắc của mỗi ô thể hiện kết quả của nhiệm vụ:
  + Màu Tối: Thành công (quadcopter hoàn thành nhiệm vụ).
  + Màu Sáng: Thất bại (quadcopter không thể hoàn thành nhiệm vụ).

**Ý nghĩa:** Biểu đồ này giúp phân tích mối quan hệ giữa các yếu tố như khối lượng và tốc độ gió đối với khả năng hoàn thành nhiệm vụ. Nếu phần lớn các ô trong heatmap có màu sáng, có thể cần cải thiện các yếu tố này (như tăng hiệu suất động cơ, cải thiện khả năng chống gió, hoặc tối ưu hóa khối lượng gói) để quadcopter có thể hoàn thành nhiều nhiệm vụ hơn.

## Quadcopter\_package\_delivery\_sweep\_load\_mass.m

**A graph of a graph of a graph

Description automatically generated with medium confidence**

**Biểu đồ quỹ đạo bay (plot\_sim\_res)**

**Mục đích:**  hiển thị quỹ đạo bay của drone trong suốt quá trình thực hiện nhiệm vụ giao hàng, đặc biệt là trong các thử nghiệm với các gói hàng có khối lượng khác nhau và kiểm tra tác động của khối lượng gói hàng lên quỹ đạo bay của drone và đánh giá xem drone có thể hoàn thành nhiệm vụ hay không**.**

**Chi tiết:**

* Các trục X, Y, và Z biểu thị vị trí của drone trong không gian.
* Mỗi đường trên đồ thị đại diện cho một mô phỏng với một giá trị mật độ gói hàng cụ thể.
* Nếu nhiệm vụ của drone không thành công (missionStatus == 0), đường quỹ đạo sẽ được vẽ với kiểu dấu chấm (dotted line) và chiều rộng đường vẽ nhỏ hơn, ngược lại thì đường quỹ đạo sẽ là một đường liền (solid line) với chiều rộng lớn hơn.
* **Waypoints**: Các điểm waypoints (nơi drone cần đến) được đánh dấu bằng các dấu chấm màu cyan. Đây là các điểm mà drone cần phải đi qua trong suốt hành trình của mình.

**Ý nghĩa**:

* **Đánh giá ảnh hưởng của mật độ gói hàng**: Biểu đồ này giúp chúng ta hiểu được ảnh hưởng của mật độ gói hàng đến quỹ đạo của drone. Quá nhiều gói hàng có thể khiến drone khó duy trì quỹ đạo chính xác hoặc không thể hoàn thành nhiệm vụ.
* **So sánh các thử nghiệm**: Việc vẽ các đường quỹ đạo cho phép so sánh trực quan hiệu suất của drone khi thay đổi mật độ gói hàng.

**Biểu đồ Tình Trạng Sạc của Pin (SOC - State of Charge)**

**Mục đích:**

* Biểu đồ này theo dõi mức độ sạc của pin drone trong suốt quá trình bay, khi drone thực hiện nhiệm vụ giao hàng với các gói hàng có mật độ khác nhau. Biểu đồ này giúp đánh giá tác động của mật độ gói hàng đến mức độ sử dụng năng lượng của drone.

**Chi tiết**:

* **Trục X (Thời gian)**: Trục X đại diện cho thời gian qua các giai đoạn khác nhau trong mô phỏng.
* **Trục Y (Trạng thái Sạc Pin)**: Trục Y đo lường tỷ lệ phần trăm trạng thái sạc của pin trong quá trình bay. SOC được tính từ 0% (hết pin) đến 100% (pin đầy).
* Mỗi đường trong biểu đồ thể hiện mức độ sạc của pin trong suốt quá trình bay đối với một mật độ gói hàng cụ thể. Nếu drone không thành công trong nhiệm vụ, đường sẽ có kiểu chấm (dotted line), nếu thành công thì đường là đường liền.

**Ý nghĩa**:

* **Đánh giá hiệu quả năng lượng**: Biểu đồ SOC cho thấy cách mật độ gói hàng ảnh hưởng đến mức độ sử dụng năng lượng của drone. Drone mang gói hàng nặng hơn (mật độ cao hơn) có thể tiêu tốn nhiều năng lượng hơn, dẫn đến mức độ sạc của pin giảm nhanh hơn.
* **Hiểu rõ sự thay đổi trong năng lượng**: Biểu đồ giúp chúng ta theo dõi sự thay đổi trong SOC qua thời gian và đánh giá liệu drone có thể hoàn thành nhiệm vụ mà không gặp vấn đề về pin.

**Đánh giá hiệu suất và thời gian bay**: Mức độ giảm SOC giúp chúng ta ước tính được thời gian bay của drone và quyết định liệu drone có đủ năng lượng để hoàn thành nhiệm vụ hay không.

## Quadcopter\_package\_delivery\_sweep\_load\_speed.m

**A graph of a graph and a graph of a graph

Description automatically generated**

**Biểu đồ quỹ đạo bay (plot\_sim\_res)**

**Mục đích:** Biểu đồ này được sử dụng để trực quan hóa đường đi của drone trong quá trình quét tham số. Mỗi lần chạy mô phỏng với một tham số khác nhau, drone sẽ có một quỹ đạo bay khác nhau.

**Chi tiết:**

* Trục X, Y, Z: Đại diện cho không gian ba chiều mà drone di chuyển.
* Đường bay (trajectory):
  + Các đường vẽ trong không gian 3D đại diện cho quỹ đạo di chuyển của drone trong mỗi lần mô phỏng.
  + Mỗi quỹ đạo tương ứng với một tham số khác nhau từ bộ tham số được quét (thường là tốc độ thay đổi quỹ đạo hoặc các tham số liên quan đến quỹ đạo).
  + Các đường bay được vẽ bằng cách lấy các giá trị px, py, pz tại từng thời điểm trong quá trình mô phỏng.

* Waypoints (Điểm định vị):
  + Các điểm này thể hiện các vị trí mà drone phải đi qua trong quá trình giao hàng (chẳng hạn như các điểm dừng hoặc các điểm chuyển hướng trong hành trình).
* **Ý nghĩa của biểu đồ:**

Biểu đồ này giúp người dùng quan sát và so sánh quỹ đạo của drone khi thực hiện các mô phỏng với các tham số khác nhau (ví dụ: thay đổi tốc độ hoặc thay đổi các điểm waypoint). Biểu đồ này giúp phân tích ảnh hưởng của các tham số đến đường đi của drone trong không gian ba chiều.

**Biểu đồ Hiệu ứng Tốc độ Quỹ đạo lên Dòng Điện**

**Mục Đích:** Biểu đồ này giúp đánh giá hiệu quả năng lượng của drone trong suốt quá trình bay. Nếu dòng điện tăng quá nhiều khi tốc độ tăng lên, điều này có thể chỉ ra rằng drone đang tiêu thụ nhiều năng lượng hơn, làm giảm thời gian bay nếu không có sự thay đổi về pin hoặc hiệu suất.

* **Chi tiết biểu đồ:**
* Biểu đồ này vẽ tổng dòng điện tiêu thụ từ bốn động cơ (Mot1, Mot2, Mot3, Mot4) của drone theo thời gian.
* Trục hoành (x-axis): Thời gian (giây), thể hiện sự thay đổi của dòng điện trong quá trình bay.
* Trục tung (y-axis): Dòng điện (A), thể hiện mức tiêu thụ dòng điện của các động cơ drone.
* Mỗi đường trên biểu đồ đại diện cho một kịch bản thử nghiệm với tốc độ quỹ đạo khác nhau.
* **Ý nghĩa:**
* Giúp hiểu rõ hơn về cách mà thay đổi trong tốc độ bay ảnh hưởng đến việc sử dụng năng lượng của drone.
* cho thấy dòng điện tiêu thụ của drone, điều này có thể cho thấy mức độ hiệu quả của động cơ và khả năng tiêu thụ năng lượng của drone trong suốt hành trình.

A graph with blue and white lines

Description automatically generated

**Biểu đồ tình trạng Pin (State of Charge - SOC)**:

**Mục đích:** Biểu đồ này giúp nhận diện mức độ tiêu thụ năng lượng ở các tốc độ quỹ đạo khác nhau. Nếu drone bay với tốc độ quá nhanh, SOC có thể giảm quá nhanh, ảnh hưởng đến thời gian bay và khả năng hoàn thành nhiệm vụ.

* **Chi tiết biểu đồ:**
* **Trục tung (y-axis):** Trạng thái sạc pin còn lại (%), thể hiện phần trăm pin còn lại so với tổng dung lượng của pin.
* **Trục hoành (x-axis):** Thời gian bay (tính bằng giây) tương ứng với các tốc độ quỹ đạo khác nhau.
* **Các thanh (bar):** Mỗi thanh thể hiện mức độ SOC của drone sau khi bay ở một tốc độ quỹ đạo khác nhau. SOC được tính toán dưới dạng phần trăm so với mức ban đầu của pin.
* **Ý nghĩa:**
* Biểu đồ này là công cụ quan trọng để đánh giá hiệu quả sử dụng năng lượng của drone trong các điều kiện bay khác nhau.
* cho thấy dòng điện tiêu thụ của drone, điều này có thể cho thấy mức độ hiệu quả của động cơ và khả năng tiêu thụ năng lượng của drone trong suốt hành trình.

KẾT LUẬN

**Mô phỏng Drone**:

* Mô hình quadcopter được thiết lập trong Simscape mang lại một môi trường mô phỏng trực quan và chính xác về cách thức hoạt động của drone, bao gồm cả hệ thống điều khiển, động cơ và các thông số vật lý.
* Các bước mô phỏng giúp nắm bắt tốt quá trình cất cánh, giữ vị trí và di chuyển theo các lộ trình cụ thể, từ đó cho phép phân tích vị trí, vận tốc và tiêu hao năng lượng trong từng điều kiện bay.

**Phân tích các lộ trình (1 đến 6)**:

* Các lộ trình khác nhau cho thấy sự thay đổi trong khả năng tiêu thụ năng lượng và hành vi của drone khi bay qua các đoạn đường dài, ngắn hoặc thay đổi hướng.
* Phân tích vị trí và vận tốc theo từng lộ trình giúp xác định khả năng tối ưu hóa năng lượng dựa trên độ phức tạp của đường bay.
* Các chỉ số như SOC (trạng thái sạc pin) giúp đánh giá thời gian bay tối ưu và cần thiết cho mỗi lộ trình.

**Quét tham số**:

* Thực hiện quét tham số (parameter sweep) trong thư mục workflows cho thấy ảnh hưởng của các yếu tố như trọng lượng, tốc độ quay động cơ và điều kiện môi trường đến hiệu suất của drone.
* Kết quả quét tham số giúp xác định các thiết lập tối ưu để cải thiện thời gian bay và giảm thiểu tiêu hao năng lượng, phù hợp với từng mục tiêu sử dụng.