



تاریخ: 1402/12/21

تمرین سری دوم

مدرس: دکتر منهایج

حل تمرین: محمد میرمراقبی، سید مهدی سید سجادی

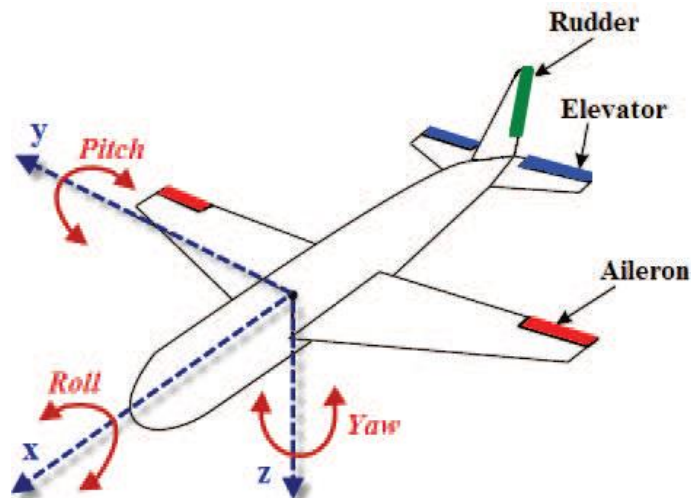
امروزه موضوع کنترل سیستم های UAV، به عنوان یک موضوع مهم تحقیقاتی شناخته شده است. کنترل کردن ارتفاع و زوایای اوایلر (Yaw ,pitch ,angle) هدف اصلی کنترل است. این شیوه نیاز به درگیر شدن با مفاهیم و ساختارهای MIMO دارد که به بررسی تداخل ها و آثار کوپلینگ بین کانال های مختلف ورودی و خروجی می انجامد تا بتوان یک کنترل غیر وابسته برای رسیدن به مقدار مطلوب خروجی را بدست آورد. معادلات دو UAV به صورت زیر داده شده هست: (ABC سه عدد آخر شماره دانشجویی میباشد).

$$x = [x_1 \ x_2 \ x_3 \ x_4 \ x_5 \ x_6 \ x_7 \ x_8 \ x_9 \ x_{10}]^T$$

$$y = [x_7 \ x_8 \ x_9] = [\theta \ \varphi \ \psi],$$

$$u = [\delta_E \ \delta_A \ \delta_R]$$

Symbols	Definition	Symbols	Definition
$x_1$	Roll Angle Rate	$x_8$	Yaw Angle ( $\psi$ )
$x_2$	Pitch Angle Rate	$x_9$	Pitch Angle ( $\theta$ )
$x_3$	Yaw Angle Rate	$x_{10}$	Lateral Velocity along body y
$x_4$	Forward Velocity along body x	$\delta_E$	Elevator Control Input
$x_5$	Vertical Velocity along body z	$\delta_A$	Aileron Control Input
$x_6$	UAV Altitude	$\delta_R$	Rudder Control Input
$x_7$	Roll Angle ( $\phi$ )		



$$\dot{x} = Ax + Bu$$

$$y = Cx$$

$$A = \begin{bmatrix} -19 & 0 & -0.68 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.3065 \\ 0 & -89 & 0 & 0.1812 & -3.944 & 0.00 & 0 & 0.0 & 0 & 0 \\ -0.044 & 0 & -2.82 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1.223 \\ 0 & -1.148 & 0 & -0.009451 & -0.06638 & 0 & 0.0 & 0 & -9.79 & 0 \\ 0 & 2.487 & 0 & -0.02051 & -1.034 & 0 & 0 & 0 & -0.4497 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.04589 & -0.9989 & 0.0 & 0 & -0.00 & 2.503 & 0 \\ 1 & 0 & 0.04593 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1.001 & 0 & 0 & -0.0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1.148 & 0 & -2.484 & 0 & 0 & 0 & 9.79 & 0 & 0 & -1.054 \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} 0 & ABC & ABC \\ 1ABC & 0 & 0 \\ 0 & 2.AB & ABC \\ 1B.C & 0 & 0 \\ AB.C & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & -0.00ABC & -AB.2 \end{bmatrix}$$

1) تبیین ورودی ها و خروجی های سیستم و ورودی و خروجی های کنترلی سیستم و معادلات حالت سیستم.

2) تابع تبدیل سیستم و معادله مشخصه حلقه باز و حلقه بسته سیستم را بدست آورید. ( با استفاده از نرم افزار متلب)

3) تاثیر ورودی روی خروجی ها را نشان دهید.

4) شبیه سازی سیستم در نرم افزار متلب.

5) طراحی کنترل کننده بدون در نظر گرفتن تداخلات و بررسی عملکرد سیستم با لحاظ نمودن این کنترلر ها با استفاده از نرم افزار متلب.

6) طراحی کنترل کننده برای سیستم با استفاده از نرم افزار متلب.

7) تعیین مرتبه سیستم و نوع سیستم با استفاده از نرم افزار متلب.

8) کاهش پذیری مدل سیستم از هر دو روش کتاب با استفاده از نرم افزار متلب.

9) محاسبه singular value از طریق SVD با استفاده از نرم افزار متلب.

10) پایدار BIBO سیستم را بررسی کنید؟

UAV2

Force equations:

$$\begin{aligned}\dot{u} &= rv - qw + \frac{\bar{q}S}{m}C_X(\delta_{[e,al,r]}) - g \sin \theta + \frac{T}{m} \\ \dot{v} &= pw - ru + \frac{\bar{q}S}{m}C_Y(\delta_{[e,al,r]}) + g \cos \theta \sin \phi \\ \dot{w} &= qu - pv + \frac{\bar{q}S}{m}C_Z(\delta_{[e,al,r]}) + g \cos \theta \cos \phi\end{aligned}$$

Torque equations:

$$\begin{aligned}
 \dot{p} - \frac{I_{xz}}{I_x} \dot{r} &= \frac{\bar{q} S b}{I_x} C_l(\delta_{[e,al,r]}) - \frac{I_z - I_y}{I_x} q r + \frac{I_{xz}}{I_x} q p \\
 \dot{q} &= \frac{\bar{q} S \bar{c}}{I_y} C_m(\delta_{[e,al,r]}) - \frac{I_x - I_z}{I_y} p r \\
 &\quad - \frac{I_{xz}}{I_y} (p^2 - r^2) + I_p \Omega_p r \\
 \dot{r} - \frac{I_{xz}}{I_z} \dot{p} &= \frac{\bar{q} S b}{I_z} C_n(\delta_{[e,al,r]}) - \frac{I_y - I_x}{I_z} p q - \frac{I_{xz}}{I_z} q r \\
 &\quad - I_p \Omega_p q
 \end{aligned}$$

Kinematic equations:

$$\begin{aligned}
 \dot{\phi} &= p + \tan \theta (q \sin \phi + r \cos \phi) \\
 \dot{\theta} &= q \cos \phi - r \sin \phi \\
 \dot{\psi} &= \frac{q \sin \phi + r \cos \phi}{\cos \theta}
 \end{aligned}$$

در ابتدا مدل قبل در اطراف یک نقطه تعادل خطی شود. شرایط زیر اعمال شوند:

$$\theta_0 = 0, \quad \varphi_0 = 0, \quad \psi_0 = 0$$

$$u_0 = \frac{18m}{s}, \quad v_0 = 0, \quad w_0 = 0$$

$$p_0 = 0, \quad q_0 = 0, \quad r_0 = 0$$

$$\dot{p}_0 = 0, \quad \dot{q}_0 = 0, \quad \dot{r}_0 = 0$$

$$\delta_{e0} = 0.0041, \quad \delta_{al0} = 0, \quad \delta_{r0} = 0, \quad T_0 = 19.920762$$

$$\alpha_0 = 0.019775, \quad \beta_0 = 0, \quad \theta_0 = 0, \quad \varphi_0 = -0.0305$$

سیستم خطی به صورت زیر هست:

$$\begin{bmatrix} \dot{V}_x \\ \dot{V}_y \\ \dot{V}_z \\ \dot{p} \\ \dot{q} \\ \dot{r} \\ \dot{\phi} \\ \dot{\theta} \\ \dot{\psi} \end{bmatrix} = A \begin{bmatrix} V_x \\ V_y \\ V_z \\ p \\ q \\ r \\ \phi \\ \theta \\ \psi \end{bmatrix} + B \begin{bmatrix} \delta_e \\ \delta_{al} \\ \delta_r \\ \delta_T \end{bmatrix}; \quad \begin{bmatrix} V_x \\ \phi \\ \theta \end{bmatrix} = C \begin{bmatrix} V_x \\ V_y \\ V_z \\ p \\ q \\ r \\ \phi \\ \theta \\ \psi \end{bmatrix}$$

(1) تبیین ورودی ها و خروجی های سیستم و ورودی و خروجی های کنترلی سیستم و معادلات حالت سیستم.

(2) تابع تبدیل سیستم و معادله مشخصه حلقه باز و حلقه بسته سیستم را بدست آورید. ( با استفاده از نرم افزار

متلب)

(3) تاثیر ورودی روی خروجی ها را نشان دهید.

(4) شبیه سازی سیستم در نرم افزار متلب.

(5) طراحی کنترل کننده بدون در نظر گرفتن تداخلات و بررسی عملکرد سیستم با لحاظ نمودن این کنترلر ها

با استفاده از نرم افزار متلب.

(6) طراحی کنترل کننده برای سیستم با استفاده از نرم افزار متلب.

(7) تعیین مرتبه سیستم و نوع سیستم با استفاده از نرم افزار متلب.

(8) کاهش پذیری مدل سیستم از هر دو روش کتاب با استفاده از نرم افزار متلب.

(9) محاسبه singular value از طریق SVD با استفاده از نرم افزار متلب.

دستور عمل تمرینات

- 1) لطفاً پاسخ تمرینات را در موعد مقرر در سامانه <https://courses.aut.ac.ir> بارگذاری نمایید.
- 2) تمرینات باید به صورت تایپ شده و به صورت یک pdf و ورد یکپارچه ارسال گردد.
- 3) در صورتی که تمرین مورد نظر دارای کد متلب می باشد، لازم هست کد متلب به همراه گزارش مربوطه در یک فایل با نام HW#\_Student\_ID ارسال کنید.

موفق باشید