

می‌خواهیم عملکرد قانون هدایت خط دید را بررسی کنیم. مسئله انهدام یک پرنده هدف توسط یک سامانه موشکی زمین به هوا است.

فرض کنید:

$$\begin{aligned} x_m(0) &= y_m(0) = z_m(0) = 0, \quad V_m(0) = 100 \text{ m/s}, \quad a_{x_m} = 300(1 - u(t-3)) - 1.5e - 4 \times V_m^2 \text{ m/s}^2 \\ x_t(0) &= 8 \text{ km}, \quad y_t(0) = 0, \quad z_t(0) = 3 \text{ km}, \quad V_t(0) = 300 \text{ m/s}, \quad a_{x_t} = a_{y_t} = a_{z_t} = 0 \\ \theta_t(0) &= 0, \quad \psi_t(0) = 180 \text{ deg}, \quad g_m = 9.8 \text{ m/s}^2, \quad g_t = 0 \end{aligned}$$

الف) دینامیک حرکت موشک و هدف را با استفاده از معادلات حرکت پنج‌درجه‌آزادی (که در پیوست آمده) و با گام زمانی 0.002 ثانیه در محیط سیمولینک شبیه‌سازی کنید. (۲۰ از ۱۳۵)

ب) زوایای شلیک مناسب (یعنی $\theta_m(0)$ و $\psi_m(0)$) را با سعی و خطا و یا با استفاده از `fsolve` به گونه‌ای محاسبه کنید که موشک بدون نیاز به هدایت (با دقت زیر یک متر) به هدف برخورد کند؟ در این حالت، اگر هدف در ۲ ثانیه آخر شتاب 5g در راستای محور Z دستگاه بدنی خود اعمال کند، فاصله از دست‌دهی (Miss Distance) چقدر خواهد شد؟ (۵ از ۱۳۵)

پ) بر اساس روش هدایت خط دید پایه، بهره ثابت هدایت (کمتر از ۱۰۰) را به گونه‌ای تعیین کنید که فاصله از دست‌دهی کمتر از یک متر شود (مقدار $\theta_m(0)$ را برابر یا 20 deg قرار دهید). زمان شروع هدایت را صفر در نظر بگیرید. نیازی به در نظر گرفتن محدودیت زاویه میدان دید ردگیر نیست. مسیر حرکت موشک و هدف، تاریخچه فاصله از دست‌دهی و فرامین شتاب موشک را رسم کنید. (۱۰ از ۱۳۵)

ت) نشان دهید که با استفاده از یک بهره ثابت هدایت نمی‌توان از نوسانی‌شدن دستور شتاب در بند پ جلوگیری کرد. همچنین، فرض کنید که تابع تبدیل شتاب خروجی موشک به دستور شتاب

$$\frac{a}{a_c} = \frac{200(0.15s + 1)}{s^2 + 30s + 200}$$

باشد. ضریب هدایت را به فرم PD به‌طور مناسب طراحی کنید که علاوه بر

غیرنوسانی‌شدن دستور شتاب، فاصله از دست‌دهی (با شرایط اولیه مشابه بند پ) کمتر از یک متر شود. در این حالت، نمودار خروجی شتاب موشک را رسم کنید. حاشیه فاز، حاشیه بهره و ضریب دمپینگ حلقه هدایت را گزارش دهید و پهنای باند حلقه هدایت را با پهنای باند حلقه کنترل مقایسه کنید. برای مشتق‌گیری از تابع

$$\text{تبدیل} \quad \frac{100}{1 + 100/s} \quad \text{استفاده شود. (۱۵ از ۱۳۵)}$$

ث) با استفاده از ضریب هدایت که در بند ت محاسبه شد، سناریوی درگیری را دوباره با اضافه کردن عبارت جبران ساز شتاب گرانش در دستور خروجی هدایت تکرار کنید. نمودار شتاب و فاصله ازدست‌دهی را در هر دو حالت (با و بدون جبران ساز شتاب گرانش) مقایسه کنید. (۵ از ۱۳۵)

توضیح: برای مقایسه، نمودارهای مسیر حرکت موشک و هدف و تاریخچه فرامین شتاب موشک در دو حالت (در یک شکل) بررسی شود. همچنین مقدار فاصله از دست‌دهی و مقدار تلاش کنترلی در دو حالت بررسی شود. برای محاسبه تلاش کنترلی از رابطه زیر استفاده کنید.

$$CE = \int_{t_0}^{t_f} \sqrt{a_{y_m}^2 + a_{z_m}^2} dt$$

ج) با استفاده از ضریب هدایت که در بند ت محاسبه شد، سناریوی درگیری را دوباره با اعمال عبارت جبران ساز شتاب گرانش در دستور خروجی هدایت و نیز محدود کردن دستور شتاب به بازه $[-5g, 5g]$ تکرار کنید. تاریخچه فرامین شتاب موشک و فاصله ازدست‌دهی را در هر دو حالت مقایسه کنید. (۵ از ۱۳۵)

چ) با در نظر گرفتن فرضیات بند ت و محدود کردن دستور شتاب به بازه $[-10g, 10g]$ ، سناریوی درگیری را در شرایطی که $\psi_t(0) = 0 \text{ deg}$ باشد، تکرار و نتایج این سناریو را با سناریوی قبل (که در آن $\psi_t(0) = 180 \text{ deg}$ است) مقایسه کنید. در هر دو حالت، سرعت هدف حداقل چقدر باشد تا فاصله ازدست‌دهی بالای 15 متر شود. (۱۰ از ۱۳۵)

ح) مجدداً قرار دهید $\psi_t(0) = 180 \text{ deg}$ و $V_t(0) = 300 \text{ m/s}$ با در نظر گرفتن فرضیات بند ج و با استفاده از ضریب هدایت که در بند ت محاسبه شد، قانون هدایت فرمان به خط دید با جبران سازی شتاب گرانش را اعمال کنید. نتایج این بند را با نتایج بند ج (نتایج قانون هدایت خط دید پایه) مقایسه کنید. برای مشتق‌گیری از تابع تبدیل $\frac{100}{1+100/s}$ استفاده شود. (۱۰ از ۱۳۵)

خ) به اندازه بردار موقعیت موشک و زاویه فراز هدف (θ_t) که توسط ایستگاه زمینی اندازه‌گیری می‌شوند، به ترتیب یک نویز سفید با میانگین صفر و انحراف معیار یک متر و یک نویز سفید با میانگین صفر و انحراف به ترتیب یک نویز سفید با میانگین صفر و انحراف معیار یک متر و یک نویز سفید با میانگین صفر و انحراف به ترتیب یک نویز سفید با میانگین صفر و انحراف معیار یک صد متر درجه اضافه کنید. قانون هدایت فرمان به خط دید با جبران سازی شتاب گرانش را مجدداً تکرار و مسیر حرکت موشک و هدف، تاریخچه فاصله ازدست‌دهی و فرامین شتاب موشک را رسم کنید. انحراف معیار سیگنال θ_t ، $\dot{\theta}_t$ و $\ddot{\theta}_t$ را محاسبه کنید. مقادیر اندازه‌گیری شده زاویه فراز هدف را از فیلتر پایین‌گذر عبور دهید و مجدداً فاصله از دست‌دهی را محاسبه کنید. (۱۰ از ۱۳۵)

د) با در نظر گرفتن فرضیات بند ج، قانون هدایت فرمان به خط دید با در نظر گرفتن زاویه پیش‌بین (lead angle) را اعمال و ضریب هدایت را به گونه‌ای تعیین کنید که فاصله ازدست‌دهی کمتر از یک متر شود. نتایج

این قانون هدایت را با قانون هدایت فرمان به خط دید بدون در نظر گرفتن زاویه پیش‌بین مقایسه کنید. (۱۵ از ۱۳۵)

ذ) در بند قبل فرض کنید که پهنای بیم رادار (که وظیفه آن دنبال کردن هدف و موشک است) برابر با سه درجه و مرکز آن همواره منطبق بر مرکز هدف (واقعی) باشد. با استفاده از نتایج شبیه‌سازی قانون هدایت فرمان به خط دید با در نظر گرفتن زاویه پیش‌بین، بررسی کنید که در چه زمان‌هایی موشک خارج از بیم رادار قرار داشته‌است؟ (۵ از ۱۳۵)

ر) مقدار زاویه پیش‌بین در هدایت فرمان به خط دید با در نظر گرفتن زاویه پیش‌بین را به گونه‌ای محدود کنید (کمترین محدودیت ممکن) که موشک همواره درون بیم قرار گیرد. نتایج این حالت را با نتایج قانون هدایت فرمان به خط دید با در نظر گرفتن زاویه پیش‌بین (بند د) مقایسه کنید. (۵ از ۱۳۵)

ز) با در نظر گرفتن فرضیات بند ج و با استفاده از قانون هدایت فرمان به خط دید با در نظر گرفتن زاویه پیش‌بین که در بند د طراحی شد، سه سناریوی درگیری زیر را مقایسه کنید؟ آیا مانور هدف لزوماً باعث افزایش فاصله از دست‌دهی می‌شود؟ (۱۰ از ۱۳۵)

$$\text{I) } a_{z_t} = 0 \quad \text{II) } a_{z_t} = 10 \text{ m/s}^2 \quad \text{III) } a_{z_t} = -10 \text{ m/s}^2$$

س) شبیه‌سازی توسعه داده شده را در یکی از حالت‌ها به صورت زمان حقیقی اجرا کنید و فیلم کوتاهی از نحوه انجام این کار را در فرمت mp4 تحویل دهید. (۱۰ از ۱۳۵)

$$\text{I) } a_{z_t} = 0 \quad \text{II) } a_{z_t} = 10 \text{ m/s}^2 \quad \text{III) } a_{z_t} = -10 \text{ m/s}^2$$

پیوست

معادلات حرکت پنج درجه آزادی پرنده:

$$\ddot{x} = a_x \cos \theta \cos \psi - a_y \sin \psi - a_z \sin \theta \cos \psi$$

$$\ddot{y} = a_x \cos \theta \sin \psi + a_y \cos \psi - a_z \sin \theta \sin \psi$$

$$\ddot{z} = a_x \sin \theta + a_z \cos \theta - g_i, \quad i: m, t$$

$$\dot{\theta} = \frac{a_z - g \cos \theta}{V}, \quad \dot{\psi} = \frac{a_y}{V \cos \theta}$$



لطفا در انجام تکالیف حتما به موارد زیر توجه کنید:

۱. تمرین‌ها به صورت دقیق ارزیابی و نمره‌دهی می‌شود.
۲. تمرین‌ها در موعده مقرر به صورت یک فایل zip پوشه‌بندی شده در سامانه درس‌افزار شریف قرار گیرد.
۳. فایل زیپ تحویلی تنها حاوی یک پوشه با نامگذاری مشابه زیر باشد. فایل‌های مربوط به هر سوال را در یک پوشه جداگانه، داخل پوشه اصلی، قرار دهید.

HW1_94203511_Name

۴. برای بررسی تمرین‌ها، لازم است فایل‌های سیمولینک یا متلب نیز بررسی شوند. لذا، ضروری است فایل‌های مذکور و به طور کلی هر فایلی که در حل تمرین از آن استفاده شده نیز در پوشه مربوط به همان سوال قرار گیرد.
۵. در صورت نیاز به اسکن تمرین‌هایی که روی کاغذ حل می‌کنید، می‌توانید از برنامه کاربردی Fast Scanner و امثال آن استفاده کنید.
۶. با توجه به اینکه ارزیابی تمرین‌ها از روی فایل خیلی سخت‌تر از ارزیابی نسخه کاغذی است، از ارسال اسکن کم کیفیت خودداری و در صورت لزوم از اسکنر استفاده کنید.
۷. در صورت ارسال تمرین‌ها در دو یا چند مرحله، آخرین فایل ارسالی بررسی خواهد شد و تاریخ آخرین ارسال ملاک تاریخ تحویل‌دهی خواهد بود.
۸. خواسته‌های هر سوال به صورت شفاف و مشخص برآورده شود.
۹. شکل‌ها دارای عنوان مناسب باشند. در رسم نمودارها حتما محورها نامگذاری و واحدها مشخص شوند.
۱۰. شکل‌های حاوی چند نمودار به نحو مناسبی با legend نمایش داده شوند.
۱۱. واحد تمامی اعداد را بنویسید.
۱۲. هنگام انتقال شکلی از متلب یا سیمولینک به فایل word به جای اسکرین شات گرفتن از صفحه، از منوی edit گزینه copy figure را در پنجره plot انتخاب کنند.
۱۳. تمرین را به زبان فارسی بنویسید و از نوشتن هر گونه توضیحات اضافه پرهیز کنید. مفید بودن مطالب قطعاً از حجم آن‌ها مهمتر است.
۱۴. راهنمایی گرفتن از دوستان، مشروط به اینکه به اندازه کافی روی مسئله فکر کرده باشید، بلامانع است. فراتر از کسب راهنمایی به هیچ وجه مجاز نیست.
۱۵. در صورت داشتن هر گونه سوال راجع به تمرین‌ها، با دستیار آموزشی درس، آقای محمد صادق اکبری (09390483400، msa123131377@gmail.com) و در شرایط اضطرار با استاد درس (09123703246، nobahari@sharif.edu) تماس بگیرید. برعکس، اشکالات درسی خود را سعی کنید از استاد درس بپرسید. (زمان مناسب برای تماس تلفنی با استاد درس بعد از نماز مغرب است.)

۱۶. با توجه به ضرورت ارزیابی سریع تمرین‌ها و بازخورد سریع به دانشجویان، برای هر روز تحویل زودتر، ۵ درصد نمره تشویقی (تا سقف ۲۰ درصد) و برای یک تا هفت روز تاخیر به ترتیب ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۳۰، ۵۰ و ۷۰ درصد کسر تاخیر در نظر گرفته می‌شود و پس از آن فایل قابل بارگذاری در سامانه نیست.

۱۷. توصیه اکید می‌شود از عدم تحویل تکالیف ناقص خودداری کنید. تحویل ناقص حتماً بهتر از عدم تحویل است.