



הטכניון-מכון טכנולוגי לישראל

הפקולטה להנדסת מכונות

בקרה והנחייה רובסטית בגישת המינימכס

פרוייקטון 3: הנחיה וקטורית לא-ליניארית

חלק א: יירוט חוץ אטמוספרי תלת-ממדי עם גופים אידיאליים, ובקרים מוגבלים.

- א. רכז את התוצאות הבאות: משוואות הקינמטיקה במערכת אינרציאלית, בעיית ההנחיה, האסטרטגיות האופטימליות בקואורדינטות אינרציאליות, פולריות וכדוריות. חזור על התוצאות עבור דרישת פגיעה קינטית (מרחק החטאה אפס).
- ב. הוכח בפירוט את האיסטרטגיות האופטימליות ואת המחיר האופטימלי.
- ג. הצג את משוואות הקינמטיקה בקואורדינטות פולריות (מישוריות) ונסח את בעיית הקונפליקט. כיצד ניתן לפתור בעיה זו?
- ד. הוכח (בדרך השלילה) כי אם המטרה אינה מתמרנת אופטימלית, הזמן לפגיעה – קטן.
- ה. הנח כי המיירט מתמרן אופטימלית. הוכח כי גם אם המטרה אינה מתמרנת אופטימלית, וקטורי המקום והמהירות היחסיים מקבילים בעת הפגיעה (כמו במקרה האופטימלי).
- ו. הנח תנועה מישורית ודרישה לפגיעה קינטית. בחר תנאי התחלה פולריים:
 $r = 15[km], \dot{r} = -1280[m/s], \dot{\lambda} = 0.018[rad/s]$
- ז. התאם תנאי התחלה בקואורדינטות אינרציאליות ובחר $\rho_u = 10[g], \rho_w = 5[g]$.
- ח. תאר את המסלולים האופטימליים בקואורדינטות אינרציאליות. תאר את מהלך הטווח, קצב הטווח ומהירות הסגירה האופטימלית.
- ט. חזור על הסעיף הקודם עבור $\dot{\lambda} = 0.022[rad/s]$. מסקנותיך?

- ט. בדוק תוצאות אלה באמצעות תוצאות "קפיצה".
- י. השתמש בביטויים האופטימליים של $r(t), v(t)$. חשב ותאר גרפית את מהלך $r(t), \dot{r}(t), V_c = r / t_{go}$. את שני האחרונים תאר במערכת צירים אחת. השווה עם סעיפים ו', ז'. מסקנותיך?
- יא. כיצד ניתן להוכיח כי לתנאי התחלה מסוימים המסלולים האופטימליים מובילים בחלק מהזמן ל- $-\dot{r} < 0$ (התרחקות) אף על פי ש- r / t_{go} תמיד חיובי? מה משמעות התופעה?
- יב. בנה סימולציה בשיטת Thrust Inclination. ראשית הנח מיירט אידיאלי ומטרה לא-מתמרנת והראה כי כיוון התאוצה קבוע. שנית, השווה ביצועי ניהוג קדמי ואחורי.

חלק ב: יירוט חוץ אטמוספרי תלת-ממדי עם גופים אידיאליים, ובקרי LQ

- יג. הצג את חוק ההנחיה הוקטורי LQ ביחס למרחק החטאה, כפי שפותח בהרצאה.
- יד. הוכח כי כיוון התאוצה האופטימלית קבוע במרחב האינרציאלי כל משך התנועה. מה באשר לעוצמת התאוצה?
- טו. נתח את תופעת הקפיצה ואת משמעויותיה.
- טז. נתח את ביצועי חוק ההנחיה ביחס ל- Q_f , ובמיוחד את האפשרות לשלוט בזווית הפגיעה.
- יז. בחר את הפרמטרים ($m_r = 1[m], u_m = 100[m/s^2]$) והצג סימולציות. יש לכלול אפשרות בה $\dot{r} > 0$ (התרחקות) בחלק מהמעוף.