

## עבודת מטלב – ניתוח סטטיסטי של מידע – 2021

### הגדרת הבעיה:

- נתון אובייקט המשוגר מנקודה  $(x_0, y_0, z_0)$  במהירות התחלתית  $\vec{V}_0 = (V_{0x}, V_{0y}, V_{0z})$ .
- המטרה שלנו היא לשערך את נקודת היציאה ונקודת הנפילה של האובייקט בעזרת קריאות מכ"מ.
- קריאות המכ"מ המתקבלות הן מהצורה  $(\tilde{r}_n, \tilde{\phi}_n, \tilde{\theta}_n)$  ואילו מיקום המכ"מ ידוע ומסומן בנק'  $(a, b, c) = (0, 0, 0)$ .
- נק' היציאה של האובייקט  $(x_0, y_0, z_0)$  וכן נק' הנחיתה  $(x_L, y_L, z_L)$  לא ידועות לנו.
- המכ"מ מבצע דגימות בתדר  $F_s \left[ \frac{\text{samples}}{\text{sec}} \right]$  החל בזמן הגילוי  $T_0 \neq 0$ .
- על האובייקט פועלת התאוצה  $-ge_z$  (ווקטור יחידה בכיוון  $z$ ).
- יש להזניח כל גורם אחר (מהירות הגעת הקריאות, חיכוך עם האוויר וכו').

### עבור סימולציות MatLab:

- המהירות ההתחלתית מפולגת בצורה אחידה, כלומר  $|V_0| \sim U[500, 1000] \left[ \frac{m}{s} \right]$ . בחרו את הזוויות  $\phi_0, \theta_0$  כל אחת להיות סכום הספרות של ת.ז. שלכם (לדוג', סכום הספרות של סטודנט א' 123 יהיה  $\phi_0 = 6^\circ$  וסכום הספרות של סטודנט ב' 456 יהיה  $\theta_0 = 15^\circ$ , אם סכום הספרות עולה על 60 מעלות בחרו 60).
- הניחו כי  $g = 10$ .
- קבעו את תדר הדגימה  $F_s = 100 \left[ \frac{\text{samples}}{\text{sec}} \right]$ .
- קבעו את זמן הגילוי של האובייקט כ  $T_0 = 0.1 \text{ sec}$ , כלומר המכ"מ דוגם החל מרגע זה.
- קבעו את הערכים של  $\sigma_r^2, \sigma_\phi^2, \sigma_\theta^2$  לפי הספרות הראשונות של ת.ז. שלכם (דלגו על 0), לדוג' אם ת.ז. שלי היא "1203456" אז במקרה שלי  $\sigma_r^2 = \frac{1}{10}, \sigma_\phi^2 = \frac{2}{10}, \sigma_\theta^2 = \frac{3}{10}$ . כעת גנרטו רעש גאוסי בעזרת הפקודה randn (ולאחר מכן נרמלו בהתאם) או בעזרת הפקודה mvnrnd.
- השתמשו בplot3 כדי להציג איור בתלת מימד.

### שאלות:

- א. הגדירו את מיקום האובייקט בכל זמן, כתבו משוואה עבור  $(x(t), y(t), z(t))$ .
  - ב. הגדירו את משך זמן התנועה של האובייקט, מהיציאה עד הפגיעה באדמה. לצורך כך, בשלב זה הניחו כי  $(z_0 = z_L = 0)$ .
  - ג. הגדירו מערכת קואורדינטות כדוריות והמירו את המשוואות מסעיף א' למערכת הני"ל.
  - ד. כתבו פונק' MatLab בשם Cart\_to\_Sphere המקבלת את הנק'  $(x, y, z)$  ומחזירה את ייצוג הנק'  $(r, \phi, \theta)$  במערכת קואורדינטות כדוריות  $(r, \phi, \theta)$ .
  - ה. כתבו פונק' בשם Sphere\_to\_Cart המקבלת את הנק'  $(r, \phi, \theta)$  ואת ומחזירה את ייצוג הנק'  $(r, \phi, \theta)$  במערכת קואורדינטות קרטזית.
  - ו. בהינתן שהמידות שמקבל המכ"מ,  $(\tilde{r}_n, \tilde{\phi}_n, \tilde{\theta}_n)$  הן דגימות רועשות, כלומר:
$$\begin{aligned}\tilde{r}_n &= r_n + \omega_r & \omega_r &\sim N(0, \sigma_r^2) \\ \tilde{\phi}_n &= \phi_n + \epsilon_\phi & \epsilon_\phi &\sim N(0, \sigma_\phi^2) \\ \tilde{\theta}_n &= \theta_n + \epsilon_\theta & \epsilon_\theta &\sim N(0, \sigma_\theta^2)\end{aligned}$$
חשבו את משערך ה-ML של  $(x_n, y_n, z_n)$ .
  - ז. בהינתן משערכי ה-ML שמצאתם, מצאו משערך Least Squares של  $(x_0, y_0, z_0), (V_{0x}, V_{0y}, V_{0z})$ .
  - ח. בצעו קירוב מסדר ראשון למשערכי ה-ML שמצאתם בסעיף ו', סביב הערך האמיתי.
- הדרכה: השתמשו במערכת הקואורדינטות שהגדרתם בסעיף ג'.

ט. עבור הקירוב שביצעתם, חשבו את חסם CRB לשערוך נק' היציאה, נק' הפגיעה המשוערת והמהירות ההתחלתית  $(V_{0x}, V_{0y}, V_{0z})$ ,  $(x_L, y_L, z_L)$ ,  $(x_0, y_0, z_0)$ . השוו את החסם המקורב לביצועים שאתם מקבלים.

י. על בסיס הפונק' Sphere\_to\_Cart שכתבתם, כתבו פונק' חדשה Sphere\_to\_Cart\_Noisy המקבלת סט של נק' **רועשות**  $(r, \phi, \theta)$  ומחזירה את המשערכים שמצאתם בסעיף ו'.

יא. שרטטו את מסלול האובייקט המורעש, לאחר מכן על אותו השרטוט הציגו את מסלול האובייקט המשוערך (ע"י המשערכים שמצאתם קודם).

יב. איך היה משתנה שערוך המסלול אם היינו מקטינים את השונות של הרעשים בתרגיל  $(\omega_r, \epsilon_\phi, \epsilon_\theta)$ ? בתשובתכם הדגישו את השינוי המתקבל ביחס לחסם שמצאתם בסעיף ט'.

### הוראות הגשה:

1. ההגשה היא בזוגות / שלשות.
2. המועד האחרון להגשה הוא 8.7.2021.
3. ההגשה כוללת:
  - a. הגשה לתיבת ההגשה במודל.
  - b. הגנה בע"פ ביחידים (בזום) מולי – 15 דק' לסטודנט.
4. יש להגיש בword בלבד (ע"י שימוש ב Mathtype).
5. יש לצרף את קוד הMatLab להגשה – שימו לב, קוד שלא ירוץ מוריד ניקוד.
6. מועד ההגנה יקבע בסמוך לתאריך ההגשה, בדגש על לפני מועד א'.
  - a. יקבעו יומיים שונים להגנה.
  - b. ההגנה תתבצע בשעות הצהריים-ערב.

בהצלחה!