

עבדאללה זועבי-211407424

סאלח סואעד-214074676

נתן פרטוש(במילאויים)-342533106

חלק א : סיבות התרסקות

החללית בראשית ניסתה לבצע נחיתה היסטורית על הירח, אך בשל סדרת תקלות, הניסיון הסתיים בהתרסקות. תהליך הנחיתה החל בגובה 30-25 ק"מ, אך תקלה קריטית במהלך הירידה הובילה לאובדן שליטה.

נתונים מרכזיים בתחילת הנחיתה (גובה: 33.47 ק"מ)

- מצב טיסה) LANDING :נחיתה)
- מצב משנה) ORIENTATION :התייצבות)
- מצב שמש) DAYLIGHT :אור יום)
- מהירות אופקית 1,698.4 מ'/ש
- מהירות אנכית 47.8 מ'/ש
- תאוצה בציר Z: 1.2 מ'/ש
- דלק שנותר 216.06 ק"ג
- מצב סוללה 82.4% :

תקלות קריטיות במהלך הירידה – תקלה תכנותית וכיבוי מנוע

1. מעבר למצב "בלימה"
 - החללית עברה ממצב ORIENTATION למצב BREAKING (כדי להאט את מהירות הירידה.
2. תקלה בתוכנה – אתחול מערכת IMU
 - פקודת אתחול ידנית שניתנה ליחידת IMU וגרמה לאי הגעה לנתונים, שהובילה לאיתחול מערכת הניווט.
3. כיבוי המנוע הראשי
 - מנוע ה MHT כבה, מה שפגע קריטית בשליטה על הירידה.
4. אובדן שליטה והאצת הנפילה
 - החללית איבדה גובה במהירות והמהירות שלה גדלה מעבר למותר לנחיתה בטוחה.

דקה 36(בסרטון המצורף) – מנוע הופעל מחדש, אך מאוחר מדי

בגובה 678 מטרים, המנוע הראשי חזר לפעולה, אך החללית כבר הייתה קרובה מדי לפני הירח מכדי לתקן את המסלול.

נתונים קריטיים בגובה 149 מ':

- מצב טיסה LANDING: נחיתה
- מצב משנה DESCENT: ירידה
- מהירות אופקית 946.7 מ'/ש
- מהירות אנכית 134.3 מ'/ש גבוהה מדי לנחיתה בטוחה
- תאוצה בציר Z: 0.7 מ'/ש²
- דלק שנותר 76.06 ק"ג
- מצב סוללה 69.0% :

זווית נטייה וקצב ירידה סופי

- זווית נטייה 34.3
- קצב ירידה 134.3 מ'/ש

גורמים מרכזיים להתרסקות

1. בעיה תכנותית באתחול ה-IMU
 - פקודת אתחול ידני של ה-IMU-גרמה לקריסה מערכתית, שהביאה לכיבוי מערכת הניווט.
2. כיבוי המנוע הראשי בגובה קריטי
 - עם כיבוי המנוע, החללית נפלה ללא שליטה לכיוון פני הירח.
3. הפעלת מנוע מאוחרת מדי
 - המנוע חזר לפעולה רק בגובה 678 מטרים, ולא נותר מספיק זמן להאט את הירידה.
4. מהירות גבוהה מדי בגובה נמוך
 - מהירות אנכית (134.3 מ'/ש) הייתה גבוהה בהרבה מהמהירות המותרת לנחיתה.
5. זווית נטייה גבוהה (34.3)
 - החללית לא הייתה מיוצבת מספיק לנחיתה תקינה.

לסיכום

כשהמנוע הראשי הופעל מחדש, בראשית הייתה כבר קרובה מדי לפני השטח, ולא ניתן היה לתקן את המהירות הגבוהה והזווית הלא-יציבה. הגורם העיקרי להתרסקות היה תקלה תכנותית שהובילה לכיבוי מנוע, מה שמנע נחיתה מבוקרת.

חלק ב - (המרכזי)

תיאור כללי:

הסימולציה שלנו מדמה את שלבי הנחיתה של החללית "בראשית" על פני הירח. היא כוללת חישוב ומעקב אחרי נתונים פיזיקליים כמו גובה, מהירות אנכית, זווית, כמות הדלק, ותאוצה. במהלך הנחיתה משולב בקר PID שמאפשר שליטה במהירות האנכית, לצורך ביצוע נחיתה רכה ומדויקת.

סקר הסימולציה:

1. הגדרות התחלתיות של החללית:

- משקל: 165 ק"ג + 420 ק"ג דלק.
- זווית התחלתית: 58.3 מעלות.
- גובה: 30,000 מטר.
- מהירויות התחלתיות: אנכית ואופקית בהתאם לנתוני משימה מקוריים.

2. יישור הזווית:

- החללית מבצעת תמרון הדרגתי ליישור לזווית 0 (אנכי לקרקע).

3. בלימה ראשית:

- בקר PID עם מקדמים: $K_p = 3.0$, $K_i = 0.5$, $K_d = 1.5$.
- הבקר שולט על המהירות האנכית תוך הפחתה הדרגתית של מהירות.
- עוצמת המנוע (NN) משתנה בטווח 0.7–1.0 לפי חישובי ה PID (עוצמת לחיצת הגז).

4. נחיתה רכה:

- ה PID-מתוכנת למהירות יעד של 2.5 מ' /שנ' לקראת מגע עם הקרקע.
- ניהול מדויק של ההאטה מאפשר נחיתה רכה מבלי לעבור את סף 10 מ' /שנ'.

בקר – PID שליטה במהירות:

- בקר ה PID-משתמש בהפרש (שגיאה) בין המצב הנוכחי למצב הרצוי.
 - Proportional (P):** מגיב לעוצמת השגיאה הנוכחית.
 - Integral (I):** מתחשב בהצטברות השגיאות לאורך זמן.
 - Derivative (D):** חוזה את השינוי העתידי בקצב השגיאה.
- באמצעות ערך ה NN-הבקר שולט בעוצמת המנוע ובכך משפיע על התאוצה של החללית.

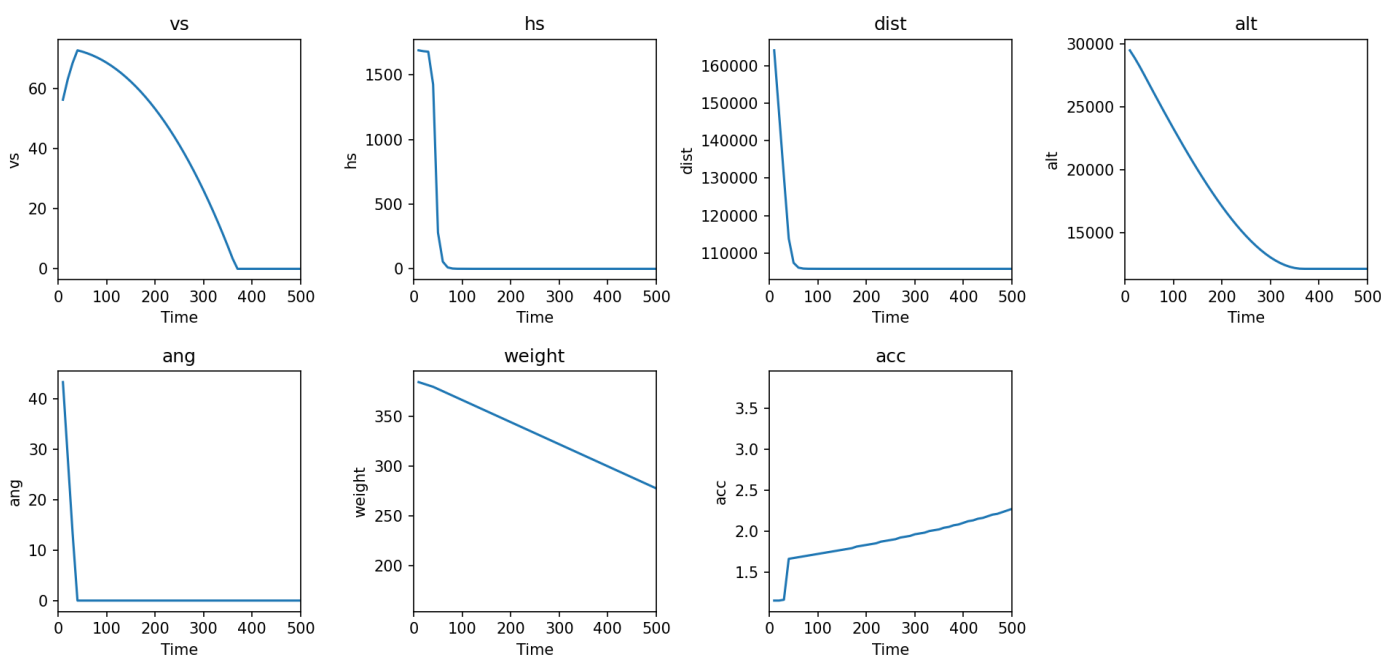
הלוגיקה המרכזית בקוד מתבצעת בשלושה שלבים עיקריים, המבוצעים באמצעות לולאות while. כל שלב מייצג שלב קריטי בנחיתת החללית בראשית על פני הירח.

1. בשלב הראשון, (Angle Adjustment) מתבצע יישור של זווית החללית לאפס מעלות תוך כדי הפעלת בלימה מתונה. הלולאה בודקת שהזווית עדיין חיובית ומפחיתה אותה בהדרגה, במקביל לחישוב האצה אופקית ואנכית ועדכון המצב הפיזיקלי של המערכת כמו מהירויות, גובה ודלק.

2. בשלב השני, (Main Braking) לאחר שהזווית אפס, מתחיל תהליך בלימה עיקרי לגובה של כ-100 מטר. נעשה שימוש בבקר PID כדי לשלוט על המהירות האנכית, (VS) כאשר המהירות הרצויה נקבעת כ-10 מ'/שנ'. באמצעות הפלט של ה, (NN) PID-מחושבת ההאצה הכוללת שמטרתה להפחית את המהירות האנכית בצורה הדרגתית וחלקה.

3. בשלב השלישי, (Final Landing) המערכת נכנסת לשלב נחיתה עדינה, עם מטרה להגיע למהירות של פחות מ-3 מ'/שנ'. שוב נעשה שימוש ב, PID-הפעם עם נקודת יעד של 2.5 מ'/שנ', והפחתה נוספת של המהירות אופקית. הלולאה פועלת עד להגעה לגובה של פחות מ-10 מטר, או עצירה מוחלטת. בכל השלבים, הקוד כולל שמירת נתונים לקובץ CSV ולמסך, ובלמים לפי מצב הדלק, משקל ורמות האצה האפשריות.

תוצאות



ניתוח הפלטים והגרפים:

1. גובה: (alt)
 - ירידה חלקה והדרגתית לאורך כל הסימולציה.
 - בשלב ההפעלה של ה-PID-הירידה נעשית איטית ומבוקרת.
2. מהירות אנכית: (vs)
 - באופן הדרגתי הצליחה למהירות יעד של 2.5 מ'/שנ'.
3. מהירות אופקית: (hs)
 - הולכת וקטנה באופן הדרגתי – עד לעצירה כמעט מלאה.
4. תאוצה: (acc)
 - משתנה בהתאם לעוצמת המנוע שהוגדרה על-ידי ה-PID- ועלייה קבועה כיוון שהמנוע מופעל יותר בקבות שמתרבים על פני הירח.
5. משקל: (weight)
 - משתנה בהתאם לעוצמת המנוע שהוגדרה על-ידי ה-PID- ועלייה קבועה כיוון שהמנוע מופעל יותר בקבות שמתרבים על פני הירח.

○ יורד באופן קבוע כתוצאה מצריכת דלק.

6. זווית: **(ang)**

○ מופחתת בצורה חדה בתחילת הסימולציה כדי ליישר את החללית. הדבר מהקל על הפחתת המהירות האופקית ואיזונה כיוון שאם הייתה עקומה זה רק מקשה לשלוט ב. vs.

7. מרחק אופקי מהיעד: **(dist)**

○ מתקצר ככל שהמהירות האופקית פוחתת.