

דוד פויסט 314699059  
רואן שריף 318489697  
נדב סויסה 312321631

### דוח התרסקות החללית בראשית חלק 1 הסבר על הסיבות להתרסקות:

נשתמש בסרטון <https://www.youtube.com/watch?v=HMdUcchBYRA> כרפרנס לזמנים בנחיתה.

#### תוכנית הנחיתה

לפני הכניסה למצב הנחיתה החללית הייתה בתהליך של הסתובבות סביב הירח במהירות גבוהה. על מנת להכין את החללית לנחיתה מתבצע תהליך של סיבוב החללית והפניית המנועים לכיוון התנועה. סיבוב החללית נועד לאפשר בלימה של החללית והורדת מהירות אופקית של 6000 מטרים בשנייה למהירות 0. כמו גם הורדת המהירות האנכית למהירות 0, והנמכת החללית מגובה של כ-30 ק"מ מעל לירח לגובה 0. לאחר הסיבוב החללית תפעיל מנועים ובכך תבלום את עצמה. תהליך הסיבוב מתבצע על ידי שמונת המנועים הקטנים של החללית המפוזרים סביב החללית, באמצעות הפעלה של מנועים בודדים בכל פעם, בהתאם לכיוון ולתיקון אותו צריך לבצע. כל התהליך הזה מתבצע באופן אוטונומי על ידי החללית. דבר זה מתאפשר באמצעות מדידת גובה ומהירות, ביצוע שיערוך מיקום, ובכך מבצעת את התיקונים הדרושים. כאשר החללית מסובבת, היא תפעיל את המנוע הראשי יחד עם כל המנועים ובכך תבלום את עצמה. בשלב הראשון של התמרון החללית יכולה להחליט לבטל את תהליך הנחיתה, ולחזור לסיבוב סביב הירח, אבל לאחר שלב זה החללית נכנסת לנקודת אל חזור. הבלימה תגרום להנמכת הגובה והורדת המהירות עד הנחת החללית בבטחה על הירח.

#### תהליך הנחיתה וההתרסקות

בדקה 21:46 בסרטון עברה החללית למצב LANDING, ותת מצב ORIENTATION. בשלב זה החל תהליך התמרון וכיוון אוריינטציה החללית לכיוון הנכון, על מנת להכין את החללית לבלימה. בשלב זה החללית מבצעת בדיקות של החיישנים ושל המערכות שלה על מנת לאשר מבחינה את תהליך הנחיתה, ולהמשיך מעבר לנקודת האל חזור.

בדקה 25:04 בסרטון עברה החללית למצב BREAKING. בשלב הראשון הופעלו כל המנועים הקטנים, ומיד אחר כך גם המנוע הראשי. בשלב זה עברה החללית את נקודת האל חזור (25:15). ולמעשה החללית החלה להאט, ולאבד גובה. בשלב זה התאוצה של החללית וכל שאר המדדים עבדו כשורה. בדקה 33:00 הוכרז "IMU 2 not ok". ה-IMU - יחידת מדידה אינרציאלית, היא יחידה שתפקידה למדוד את התאוצה. בנוסף חלה תקלת תקשורת קטנה עם נאס"א ולכן הנתונים שהוצגו בארץ לא היו מעודכנים. זאת כאשר החללית בגובה של 14000 מטר מעל לירח. מכיוון שזו מערכת שקיימת לה גיבוי של מערכת נוספת בחללית, היא לא הייתה אמורה להפריע לנחיתה. אבל מהקרקע נשלחה פקודת אתחול למערכת על מנת להפעיל אותה. הדבר הוביל בשוגג לאתחול מחדש של מחשב החללית. בדקה 34:25 חזרה התקשורת, והנתונים שהוצגו הראו שהחללית מתחילה לצבור תאוצה אנכית גבוהה מאוד, זאת מכיוון שהאתחולים מחדש של המחשבים והמערכות גרמו להפסקת הפעולה של המנוע הראשי, בגובה של 5000 מטר. ולכן החללית החלה לאבד גובה במהירות גבוהה מאוד. והחללית המשיכה לאבד גובה. לאחר מכן המנוע חזר לעבוד אבל המהירות כבר הייתה גבוהה מידי בשביל להספיק לבלום. התקשורת אבדה שוב, ובדקה 36:40 התקשורת חזרה, אבל המהירות האופקית של החללית היה 130 מטר לשנייה, וגובה של כ-500 מטרים. מה שהוביל להתרסקות של בראשית על הירח תוך מספר שניות.

#### ממצאי התחקיר

לא ברור מה הייתה התקלה שקרתה ב-IMU, אך על פי ההערכות היא כשלעצמה לא הייתה אמורה להפריע בתהליך הנחיתה, זאת מכיוון שקיימת מערכת גיבוי נוספת. למרות זאת התקבלה החלטה מיידיית בארץ לאתחל את המערכת, מבלי להמתין לחוות הדעת של המהנדסים. בעת האתחול לא התקבלו לרגע הנתונים מהמד התקין, מה שהוביל את מחשב החללית לאתחל את עצמו, מכיוון שלא היו לו נתוני ניווט. האתחול אמור

היה לקחת כשתי שניות, אבל תקלות תוכנה גרמו לו לאתחל את עצמו עוד 5 פעמים. המנוע היה אמור לפעול מיד לאחר האתחול, אבל בגלל תקלות התוכנה והאתחולים הרבים כשהמנוע הופעל, הוא לא הופעל במתח הנכון. הדבר גרם לכך שרק המנועים הקטנים פעלו לבלימת החללית, ללא המנוע הראשי. כוח זה לא היה מספיק לבלימה וגרם להתרסקות החללית.

חלק 2 הסבר על מבנה הסימולציה: