**פגיעה בנכסי חלל-**

**השלכות על הבטחון הלאומי של ישראל**

הצעת מחקר לפרויקט גמר מחקרי

ינואר 2021

מגישים:

טל פוליטיס (תז 033663444)

ירון יונגמן (תז 029290483)

אסף ורדי (תז 032864035)

מנחה אקדמי:

פרופ' יעקב נגל

מדריך מלווה:

אבי אלמוג

**נושא העבודה**

עולם הלוויינים הוא מורכב ומרתק, שכן הלוויינים תופסים חלק מהותי מחיינו גם אם איננו מודעים לכך.

תארו את החיים למשך יום אחד ללא טלפון סלולרי, טלוויזיה, GPS , נחיתות והמראות של מטוסים, ניווט ספינות מסחר בים, תחזית מזג אויר ועוד – כולם שירותים שבהם נעשה שימוש בטכנולוגיות המבוססות על לוויינים בחלל. תרחישים אלה עשויים להתממש אם יתרחשו חלק ממגוון האירועים המאיימים על מערכות חלל (סוכנות החלל הישראלית, נוב' 2015).

לוויינים של מדינה, הן האזרחיים והן הצבאיים, הם חלק מנכסיה האסטרטגיים ומהווים חלק מ"נכסי החלל" שלה. "נכסי החלל" כוללים לא רק את הלוויינים עצמם, כי אם גם את המערכות ומערכות המשנה המאפשרות למדינה להפיק תוצרים מהחלל. נכסי החלל כוללים את תחנות הקרקע, את אמצעי התקשורת וההצפנה, את יכולת ההפקה וההפצה של תוצרי הלווייניות, שיתופי פעולה עם מדינות זרות בתחום, וכמובן התעשיות שמפתחות ובונות את כל אלה.

בדרך כלל, אין אנו נותנים דעתנו לאפשרות שניתן, בקלות יחסית להשבית לוויין, או מערכת לוויינים בדרכים שונות, בפגיעה מהחלל או מהקרקע, או לעשות בהם שימוש למטרות זדוניות שלא לשמה נועדו. האפשרויות רבות ומגוונות וכוללות לוחמת סייבר, סנוור, פגיעה בתחנות הקרקע, פגיעה קינטית באמצעות טילים, התקפת לייזר ועוד.

כבר בספטמבר 1985 הצליחה ארצות הברית לבצע ניסוי שבמהלכו יירטה בהצלחה לוויין שלה, ששוגר בשנת 1979. היירוט בוצע באמצעות טיל SOLWIND P-78 ששוגר ממטוס F-15 ופגע במדויק בלוויין המטרה ששייט בגובה 555 ק"מ. מאז 1985, גם רוסיה, סין, ולאחרונה אף הודו, רכשו יכולת להשמיד לוויינים באמצעים קינטיים.

אלו הן דוגמאות ספורות להתפתחותו של סוג אחד של איום על נכסי חלל, וכאמור, קיימים שלל איומים נוספים אותם נסקור בעבודה.

בעבודה ייערך ניסיון לברר באיזה אופן פגיעה בנכסי חלל מסכנת את הביטחון הלאומי של מדינת ישראל? מהם האיומים הנוכחיים על נכסי החלל - אזרחיים וצבאיים? מהם האיומים המתהווים על נכסי חלל, מהן המגמות החדשות בעולם ההתקפי? וכיצד ניתן להיערך בהגנה למול איומים אלו. העבודה תתמקד בנכסי החלל של מדינת ישראל ותנסה לקיים דיון תיאורטי שעיסוקו תיעדוף תשומות להגנה על נכסי החלל שלה, הן האזרחיים והן הצבאיים.

**מטרות פרויקט המחקר**

לבחון ולנתח את האיומים והסיכונים, הקיימים והמתהווים על יכולות החלל השונות, הצבאיות והאזרחיות, עליהן נסמכת מדינת ישראל: נכסי החלל הישירים של מדינת ישראל, נכסי חלל של מדינות שותפות ואת היקף התלות ההדדית ביכולות זרות, וכן להציג עקרונות ראשוניים ומתודולוגיה הנוגעים לסדרי העדיפות בהתמודדות עם האתגרים השונים.

**חשיבות העבודה לביטחון הלאומי**

בניסיון לשמור על נכסי חלל מתקיימת בעיה מובנית, שכן קצב התפתחות האיומים על נכסים אלו, אינו תואם בהכרח את קצב פיתוח ההגנות עליהם. מרגע תכנון ראשוני של לוויין ועד לשיגורו, עוברות שנים לא מעטות, לעיתים אף חמש שנים ויותר. לאחר השיגור, באופן כללי, לא ניתן יותר לבצע שינויים בלוויין, בוודאי שלא בחומרה ובשינויי תוכן. מנגד, האיומים עליו מתקדמים ומתעדכנים כל העת, כך שבפועל נדרש לחזות את העתיד בתחום הסיכונים ללווייניות, על מנת לתת מענה לאיומים העתידיים עליו בטווח של מספר שנים. זהו אתגר מורכב שיש לו משמעויות נרחבות על הביטחון הלאומי - לא רק בהיבטי הקיימות של לווייניות צבאית, כי אם גם בהיבטי הקיימות של לווייניות אזרחית העלולה לשבש באופן קריטי את מרקם החיים, הכלכלה, התחבורה, התקשורת, והתשתיות המרכזיות של המדינה.

ייחודיותה של העבודה וחשיבותה לביטחון הלאומי, הינן, בבחינה רחבה ובראייה אסטרטגית של מערכת תפוקות החלל עליהן נסמכת מדינת ישראל - עצמאיות וזרות, לרבות שיתופי פעולה, בריתות ואמנות בין לאומיות (בשונה מבחינת יכולת טכנולוגית להגנה על לוויין או תחנת קרקע). ובחינת קשת מענים רחבה להתמודדות עם האתגרים.

**שאלת המחקר**

**מהן ההשלכות, האזרחיות והצבאיות, של התממשות האיומים הפוטנציאלים כנגד נכסי החלל של מדינת ישראל על הביטחון הלאומי שלה, וכיצד נכון לפעול על מנת להתמודד עם האתגר?**

**שאלות משנה**

1. מהן המגמות העולמיות בפיתוח טכנולוגיות, שעלולות להביא לפגיעה בנכסי חלל בעשור הקרוב?
2. מהם האיומים הנוכחיים על נכסי החלל של ישראל – אזרחיים וצבאיים, ומהי משמעות הפגיעה בהם?
3. מהן היכולות החיצוניות (זרות ומקומיות), המשמשות תשתית לרציפות התפקודית של מדינת ישראל אשר עלולות להיות מאוימות ומהי התלות בהן?
4. כיצד משפיעים הסכמים ואמנות בינלאומיות על ההתמודדות עם האיום?
5. מהם המתודולוגיה ואופן קבלת ההחלטות, על פיהן צריכה מדינת ישראל להיערך לאיומים ולאתגרים בתחום החלל?

**שיטת המחקר**

מחקר איכותני שיתבסס על:

1. ראיונות עומק עם מומחי תוכן בתחום החלל, הלווייניות, סייבר, ספקטרום ומערכות נשק.
2. ראיונות עומק והסתייעות עם מומחים בנושאים של הגנת מערכות אמל"ח והגנת אתרים אסטרטגיים, חדשנות ותרבות אסטרטגית, ניהול סיכונים וכו'.
3. סקירה ובחינת מקורות ומאמרים מקצועיים רלוונטיים לנושא מהארץ ומחו"ל בדגש על השנתיים האחרונות.
4. בחינת החלטות ממשלה, דוחות ומחקרים של גופים לאומיים ואזרחיים העוסקים בחלל דוגמת סוכנות החלל הישראלית, וועדת המשנה לנושא חלל במשרד המדע, מסמכי חיל האוויר, רפא"ל, התעשיה האווירית ודוחות מבקר המדינה בנושא.
5. תכלול כלל הסיכונים והאיומים במטריצה בעלת משקלים שונים לצורך קביעת סדרי עדיפויות לתיעדוף הטיפול באיומים השונים.

**מתודולוגיית המחקר:**

1. בחינה וניתוח **של האיומים והסיכונים הביטחוניים הקיימים והמתהווים** על כלל נכסי החלל (לוויינים, תחנות קרקע והאמצעים המקשרים) החל בפגיעה והשמדה פיזית ועד תקיפת סייבר חסויה (לרבות טיפול בנתונים הנאספים באמצעות הלווין- איסוף ושינוי).
2. ניתוח **הסבירות להתפתחות והשגת יכולות אלו** על ידי גורם יריב - מה מידת המוטיבציה שלו, מהן יכולותיו הטכנולוגיות (עצמאיות או נרכשות מגורם שלישי), ומהם המאמצים והמשאבים הנדרשים מהיריב להשגת יכולות אלו. בנוסף, תיבחן **הסבירות להתממשות האיום בפועל**, כלומר בהינתן יכולת - מה הסיכוי שיבחר היריב לממש את האיום במציאות של משוואת תגובה אפשרית? **תינקט גישה מרחיבה,** הלוקחת בחשבון את **המשמעות ליריב בזירה הבינלאומית**. כיצד עשויה להתקבל תקיפה בחלל על ידי המדינות האחרות שלהן נכסים בחלל?
3. תנותח **אפקטיביות הפגיעה** אם האיום התממש, בהקשר **של שימור יתירות לתפקוד מדינתי תקין ושימור יכולת התמודדות צבאית, אזרחית ויתרון איכותי**.
4. לבסוף, ימופו **כיווני התקדמות מומלצים לפי סדרי העדיפות הלאומיים** ובהתאם לאיומים הרלוונטיים המתפתחים.

**מבנה העבודה**

**פרק א' - נכסי חלל**

1. סוגי לוויינים, שימושים בעולם ומאפיינים ייחודיים.
2. נכסי חלל - שרשרת הערך הלוויינית.
3. נכסי החלל של מדינת ישראל - יכולות קיימות וכיווני התפתחות.
4. אמנות והיבטים בינלאומיים בחלל.

**פרק ב'- איומים וסכנות לנכסי חלל**

1. ניתוח האיומים והסכנות לנכסי חלל.
2. יכולות בלוחמת חלל - מגמות עולמיות, יכולות ופיתוחים טכנולוגים, איומים מתהווים.
3. איומים לנכסי החלל של ישראל.

**פרק ג' - משמעויות לפגיעה בנכסי החלל של ישראל**

1. היבטים אזרחיים ותשתיות לאומיות.
2. היבטים צבאיים.
3. משמעויות מפגיעה ביכולת שותף קריטיות המשפיעות על רציפות התפקוד האזרחית והצבאית.

**פרק ד' - הגנה על נכסי חלל**

1. יכולות הגנה קיימות.
2. מגמות ופיתוחים עולמיים.

**פרק ה' - משמעויות להגנה על נכסי החלל הישראלים**

1. ניתוח הסיכונים, חומרתם והסבירות להתממשותם.
2. ניתוח פערים והמשמעויות להגנה.

**פרק ו' – עקרונות ומתודולוגיה להתמודדות עם האתגר.**

**גבולות הפרויקט**

1. העבודה תעסוק באיומים מכוונים על ידי אדם. לא ייבחנו סיכונים הנובעים מתופעות טבע או פגיעה לא מתוכננת (תקלות טכניות, פגיעה בעצמים בחלל וכדו').
2. העבודה לא תעסוק בבחינת איומים על יכולות מדינות שותפות או על חברות אזרחיות שלפגיעה בהן אין זיקה ישירה לפגיעה בביטחונה הלאומי של ישראל.
3. העבודה לא תעסוק בהזדמנויות בחלל.

**רשימת מקורות**

1. SPACE THREAT ASSESSMENT 2020. Center for Strategic and

International Studies CSIS.

1. SPACE THREAT ASSESSMENT 2019. Center for Strategic and International Studies CSIS.
2. Oakley, Jacob G. and Oakley, Jacob G. 2020. Cybersecurity for space : protecting the final frontier. A press, New York, New York.
3. Deudney, D. 2020. Dark skies : space expansionism, planetary geopolitics, and the ends of humanity. Oxford University Press, New York, NY.
4. Defense Intelligence Agency, 2019. Challenges to Security in Space. [Space\_Threat\_V14\_020119\_sm.pdf (dia.mil)](https://www.dia.mil/Portals/27/Documents/News/Military%20Power%20Publications/Space_Threat_V14_020119_sm.pdf)
5. Union of Concerned Scientists, Published Dec 8, 2005 Updated Aug 1, 2020. UCS Satellite Database. [Satellite Database | Union of Concerned Scientists (ucsusa.org)](https://www.ucsusa.org/resources/satellite-database)
6. Herbert O. Funsten, 2020. Three big threats to satellites — and what to do about them (op-ed), Space.com. [Three big threats to satellites — and what to do about them (op-ed) | Space](https://www.space.com/satellite-threats-solutions-los-alamos-op-ed.html)
7. Brian G. Chow, 2017. Stalkers in Space: Defeating the Threat Stalkers in Space: Defeating the Threat (af.edu). [Stalkers in Space: Defeating the Threat (af.edu)](https://www.airuniversity.af.edu/Portals/10/SSQ/documents/Volume-11_Issue-2/Chow.pdf)
8. Rajeswari Pillai Rajagopalan, 2019. Electronic and Cyber Warfare in Outer Space, UNIDIR. Electronic and Cyber Warfare in Outer Space (unidir.org). [Electronic and Cyber Warfare in Outer Space (unidir.org)](https://www.unidir.org/files/publications/pdfs/electronic-and-cyber-warfare-in-outer-space-en-784.pdf)
9. Daniel Porras, 2019. Briefing Shared risks: An examination of universal space security challenges, paper for the United Nations Disarmament Commission, UNIDIR. [Shared Risks: An examination of Universal Space Security Challenges (unidir.org)](https://unidir.org/files/publications/pdfs/shared-risks-an-examination-of-universal-space-security-challenges-en-775.pdf)
10. Allen Antrobus FRAeS, 2020. Wake-up Call for Space Threats. Wake-up call for space threats (aerosociety.com) Handbook of Space Security | SpringerLink  
    [Wake-up call for space threats (aerosociety.com)](https://www.aerosociety.com/news/wake-up-call-for-space-threats/)
11. "התחרות על העליונות" עדכון 6, ינואר 2020, משרד המודיעין/ אגף מחקר, ישראל. <https://www.gov.il/BlobFolder/reports/competiton190420/he/com_comp6.pdf>
12. "עולם ללא ווייז", נובמבר 2018, עיתון דבר, ישראל. <https://www.davar1.co.il/161122/>
13. "חיסול ברקיע השביעי", פברואר 2020, ניצן סדן, כלכליסט, ישראל. <https://www.calcalist.co.il/internet/articles/0,7340,L-3795070,00.html>
14. "ארה"ב: סין ניסתה בהצלחה נשק 'נגד לוויינים", אפריל 2015, עמי רוקחס דומבה, ISRAELDEFENSE, ישראל. https://www.israeldefense.co.il/he/content/%D7%90%D7%A8%D7%94%D7%91-%D7%A1%D7%99%D7%9F-%D7%A0%D7%99%D7%A1%D7%AA%D7%94-%D7%91%D7%94%D7%A6%D7%9C%D7%97%D7%94-%D7%A0%D7%A9%D7%A7-%D7%A0%D7%92%D7%93-%D7%9C%D7%95%D7%95%D7%99%D7%A0%D7%99%D7%9D