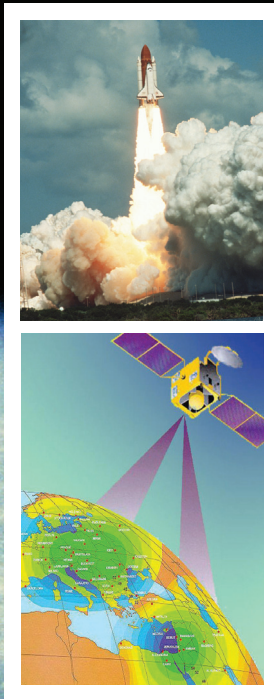




הערכת ההשפעה של תעשיית החלל על כלכלת ישראל



- מעמדה המחקרי של ישראל בתחומי הנדסת חלל על פי נתונים ביבליומטריים בהשוואה למדינות אחרות
- נתונים על תעשיית החלל בארץ ובעולם
- מדדים לפעילות בתחום החלל והשפעותיהם הכלכליות
- מודלים עסקיים בתעשיית החלל

ד"ר דפנה גץ, ארקדי כצמן, בלה זלמנוביץ, דגנית פייקובסקי,
ורד סגל ויאיר אבן זוהר

מוסד שמואל נאמן למחקר מתקדם במדע וטכנולוגיה

1 מבוא

מוסד נאמן הוקם בשנת 1978 ביחזמת מר שמואל נאמן. מטרת המוסד ודרך פעולתו פורטו במסמכי ההקמה: "מוסד נאמן מוקם לסייע בחיפוש פתרונות לבעיות הלאומיות בתחום הפיתוח הכלכלי, המדעי והחברתי במדינת ישראל"; "בחירת נושאי הפעילות תותנה על ידי השאיפה לעידוד בפתרון בעיות המדינה לטווח בינוני וארוך, תוך ניצול מאגר כוח האדם המדעי והטכנולוגי הנמצא בטכניון וגיוס צוותות המורכבים מאנשי הטכניון ומחוצה לו לתקופות מוגבלות אשר ירכזו מאמציהם בנושאים שנקבעו".

להשגת יעדים אלה מקדם מוסד נאמן מחקרי מדיניות ומדיניות מו"פ מתוך כוונה לגבש על בסיסם ניירות עמדה ומסמכי מדיניות, אשר יובאו לפני הציבור המקצועי וציבור קובעי המדיניות, ויצגו לפנייהם חלופות שונות לקבלת החלטות.

2 ייעוד והיקף פעולה

הדגש העיקרי בפעילות המקצועית במוסד נאמן היא באותם תחומים שהם בפן הביניים, שבין מדע וטכנולוגיה ובין כלכלה וחברה. הפעילות בתחומי ביניים אלה הינה חשובה כיום יותר מאשר אי פעם בעבר, וזאת משום שבתקופתנו המדע והטכנולוגיה הם הכוח המניע לקידום ושגשוג כלכלי ויש להם השפעה מהותית על איכות החיים ועל מגוון של היבטים חברתיים. זה הייחוד של מוסד נאמן כמכון למחקרי מדיניות. היבט חשוב נוסף לפעילות בתחומי ביניים אלה גלום ביכולתם להשפיע על המחקר המדעי והטכנולוגי ועל קביעת סדרי עדיפויות בתחומים אלה. קשרי הגומלין ההדוקים בין מדע וטכנולוגיה, כלכלה וחברה יוצרים מערכת מורכבת של היזונים הדדיים וכתוצאה מכך ההתפתחות המדעית והטכנולוגית כיום אינה מתנהלת בדרך עצמאית לחלוטין, כפי שהיה בעבר הלא רחוק. היא מושפעת בצורה גוברת והולכת על ידי צרכים כלכליים וחברתיים. לפיכך, ההבנה של קשרי גומלין אלה הינה אלמנט חשוב נוסף בקביעת מדיניות מחקר ותחומי מחקר באוניברסיטאות ובמכוני מחקר.

3 מבנה ודרך פעולה

מוסד נאמן ממוקם בתוך קמפוס הטכניון ונהנה מהתשתית של מוסד זה. יחד עם זאת מוסד נאמן הינו גוף עצמאי מבחינה משפטית ומנהלית. מבנה זה מאפשר לו פעולה יעילה למילוי ייעודיו בכל הקשור לגמישות בהרכבת צוותי חוקרים ומומחים, הכוללים גם נציגים מאוניברסיטאות וגופים מחוץ לטכניון, הדרושים לפעילות הבין-תחומית.

4 פעילות מקצועית

סקירות של פרויקטים שונים, שבוצעו במוסד נאמן מוצגות בדיווחים השנתיים המופצים בציבור. חומר זה ופרסומים אחרים מוצגים באתר האינטרנט של המוסד www.neaman.org.il.

תחום מחקרי מדיניות לאומית הקשורים במדע וטכנולוגיה הנו גרעין הפעולה של מוסד נאמן. הוא משתלב בפעילויות יישום ופעולות משלימות נוספות, שעיקרן הוא יצירת קשר עם השטח, בכל הקשור לנתונים הנדרשים למחקרי מדיניות, שמטרתן ליצור תודעה בציבור המקצועי ובציבור מקבלי ההחלטות כדי ליישם את מחקרי המדיניות. הפעילות במחקרי מדיניות מקיפה ארבעה תחומים עיקריים: מדע-טכנולוגיה-כלכלה; סביבה, תשתיות ותכנון לאומי; טכנולוגיה וחברה; חינוך אוניברסיטאי, הון אנושי והתפתחויות מדעיות. פעילויות היישום כוללות, בין השאר, ייזום וניהול של השותפים האקדמיים בקונסורציה שבמסגרת מגנט ומאגרי מידע לשימוש החוקרים והציבור הרחב.

”הערכת ההשפעה של תעשיית החלל על כלכלת ישראל”

מחקר בנושא ”הערכת ההשפעה של תעשיית החלל על כלכלת ישראל” מתבצע על ידי צוות של מוסד שמואל נאמן בטכניון בראשותה של ד”ר דפנה גץ, במימון משותף של מוסד נאמן (במסגרת תוכנית כלכלת הביטחון הלאומי (ENS)) ושל מפא”ת (מת”א).
שותפים בצוות: ארקדי כצמן, בלה זלמנוביץ, דגנית פייקובסקי, יאיר אבן זוהר וורד סגל. פרופ’ דן פלד, שעמד בראש תוכנית ה-ENS, מלווה את הפרויקט.

מטרות הפרויקט:

- להעריך את השפעתה של תעשיית החלל האזרחית (עם מערכת הביטחון ברקע, כיום וכמזמין עיקרי) על כלכלת ישראל, באמצעות איסוף וניתוח של נתונים על תעשיית החלל, על הכשרת כוח אדם ועל המו”פ בתחום זה.
- לרכז נתוני מפתח הקשורים לתעשיית החלל הישראלית, הגורמים המשפיעים על התפתחותה ועל תרומותיה כדי לבחון את מדיניות התמיכה הממשלתית בתעשייה זו.

החלק הראשון של העבודה, אשר מאוגד במסמך זה, מורכב מארבעה דו”חות כמפורט להלן:

הדו”ח הראשון דן במעמדה המחקרי של ישראל בתחומי הנדסת חלל על פי נתונים ביבליומטריים בהשוואה למדינות אחרות. הממצאים העיקריים: ישראל מדורגת במקום הראשון במספר הפרסומים לנפש, מחקרי ישראל בהנדסת אוויר-חלל מדורגים במקום הראשון בעולם במדד קדימות התחום ובמקום החמישי באיכות הפרסומים (ע”מ 1-20).

הדו”ח השני רוכזו נתונים עיקריים על הפעילות שקשורה בחלל - בארץ ובעולם - במונחים מספריים וכספיים, מהיבט מבני (ענפי תעשיית החלל) ומהיבט עסקי (מידע שיטתי ומגוון על חברות העוסקות בתחום) (ע”מ 21-86).

הדו”ח השלישי - ”מדדים לפעילות בתחום החלל” - מציג אינדיקטורים מקובלים (OECD) של ענף החלל, ומעלה נושאים מתודולוגיים רלבנטיים (ע”מ 87-106).

הדו”ח הרביעי מוקדש למודלים עסקיים בתעשיית החלל. המודל העיקרי שמוצג הוא מודל של שותפות ציבורית-פרטית, שנוף יותר ויותר בעולם. מודל זה רלבנטי במיוחד לתוכניות חלל שלהן רמה טכנולוגית ו/או סיכוני שוק גבוהים. רעיון הליבה של המודל הוא, שהמגזר הציבורי מממן פרויקטים בשלב מוקדם (סיכון גבוה), ובהמשך, במהלך השלב ה”תפעולי”, חברות פרטיות מבצעות ומממנות את הפרויקטים, באופן שיוחזר חלק נכבד מההשקעות הציבוריות ההתחלתיות (למשל, דרך תמלוגים) (ע”מ 107-147).

החלק השני של העבודה אשר ירוכז ויופץ במסמך נוסף יכיל גם הוא מספר דו”חות:

ניתוח מגמות של תעשיית החלל ומאפייניה נעשה **הדו”ח החמישי**. הדו”ח מציג נתונים מסקר של החברות ומראיונות עם גורמים המעורבים בתעשיית החלל ובפעילות החלל בארץ ומנתח את הממצאים. הדו”ח מציג את ההישגים, היתרונות ונקודות החוזק של תעשיית החלל בארץ, וכן מנתח את הקשיים ונקודות החולשה של תעשיית החלל של ישראל.

הדו”ח השישי, המסכם, מוקדש בעיקר למדיניות בתחום החלל (עידוד חקר החלל בארץ ובמדינות אחרות, המעורבות הממשלתית הרצויה בתעשיית החלל בישראל, חלל בנושא מאתגר, שיכול לעודד את הנוער ללמוד מקצועות טכנולוגיים, והמלצות למדיניות). כמו כן, הדו”ח מנתח את מבנה שוק החלל העולמי, מגמות של תעשיית החלל בעולם, מיקומה של תעשיית החלל הישראלית בשוק הגלובלי ומיצובה.

הידע שנצבר במוסד נאמן במהלך המחקר על תעשיית החלל בישראל, שימש להכנת אחד הפרקים במסמך **”ישראל 2028** – חזון ואסטרטגיה כלכלית חברתית בעולם גלובלי”. מסמך זה, שחלק נכבד ממנו חובר ע”י מוסד נאמן, הוגש לראש הממשלה ונדון בממשלה.

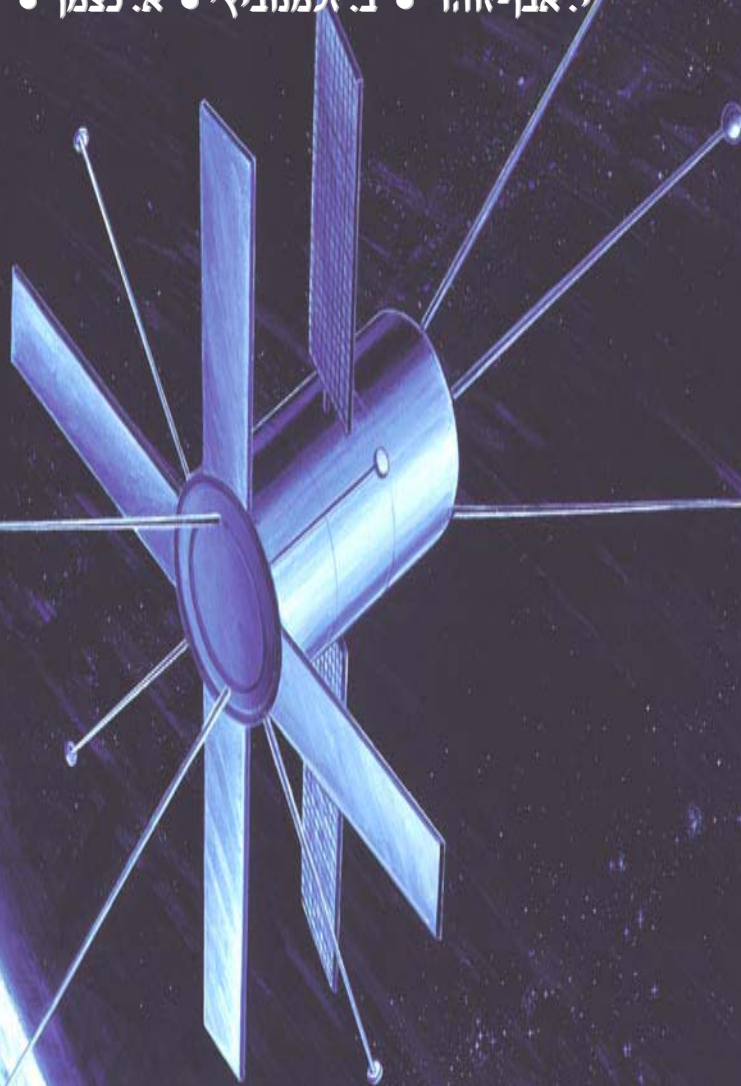


מעמדה המחקרי של ישראל בתחומי הנדסת

חלל על פי נתונים ביבליומטריים

בהשוואה למדינות אחרות

י. אבן-זוהר • ב. זלמנוביץ' • א. כצמן • ד"ר ד. גץ



תקציר מנהלים

התנופה העיקרית בתשתית מחקר ופיתוח החלל חלה בשנות השמונים בעקבות הקמת תכנית החלל של ישראל. עיקר הפעילות המחקרית נעשת בטכניון, באוניברסיטת תל-אביב ובאוניברסיטת בן-גוריון.

הניתוח הביבליומטרי בדו"ח זה נעשה על סמך סיווג ISI של שטח "הנדסת אוויר-חלל" (Aerospace engineering). הפעילות המחקרית בנושא אוויר-חלל בישראל, היא מרשימה, באופן יחסי, אך הפעילות בתחום הנדסת החלל (המתבטאת במספר החוקרים ומספר הפרסומים) מהווה רק כעשרים אחוז משטח זה, שאף הוא קטן, באופן משמעותי, מיתר התחומים ההנדסיים.

אין כיום בארץ מוסד אקדמי אחד, המקיף בתכניות הלימודים שלו את כל מגוון התחומים הקשורים לחלל: נושאים בסיסיים נלמדים במוסדות אקדמיים שונים ו"מפוזרים" בפקולטות שונות. גם בפקולטה היחידה בארץ שבאופן פורמאלי מכשירה כוח אדם בנושא, הפקולטה להנדסת אווירונאוטיקה וחלל בטכניון, אין כיסוי בכל התחומים הרלבנטיים לנושא החלל.

באירופה נעשה ניסיון להעניק לסטודנטים בתארים מתקדמים תכנית לימודים מקיפה באמצעות שיתוף פעולה בין מספר אוניברסיטאות במדינות שונות.

נושאי החלל מהווים בין חמישה לעשרה אחוזים בלבד מפעילות הפקולטה בטכניון. מכון אשר לחקר החלל אינו עוסק ישירות בהוראה אלא במחקר, בהנחיית סטודנטים ובפרויקטי חלל שונים, כמו שיגורי שני לוויני "טכסאט".

בעשר השנים האחרונות סיימו 15 סטודנטים תואר שני בנושא חלל ורק בודדים עשו תואר שלישי, כמחצית מבוגרי התארים המתקדמים בחלל מועסקים כיום בתחום. 83 בוגרים (תואר ראשון) סיימו את לימודיהם בפקולטה בשנת תשס"ו, רובם נקלטו מיידית בעבודה. בתקופה האחרונה, רוב הבוגרים פונים לעיסוקים בתחומים הנדסיים קרובים, ולא לעיסוק בתחומי החלל. פחות מעשרה אחוז מהבוגרים מועסקים בתחום החלל.

האקדמיה לוקחת חלק בכמה פרויקטים בינלאומיים, כגון TAUVEK ו- VENUS.

הפרסומים הישראליים בתחום הנדסת חלל מכסים מספר נושאים מצומצם. מבין הטכנולוגיות בהן נעשה שימוש בכלי טייס חלליים, אנרגיה, אסטרודינמיקה, תקשורת, מבנה, מעבר חום, בקרה והנעה, חסרה התמחות ומחקרים אקדמיים במספר נושאים מרכזיים, כמו למשל באנרגיה.

מבין הישגי ישראל בשטח הנדסת אוויר-חלל, יש לציין כי בין השנים 2003-2007 פורסמו 175 מאמרים ישראליים בתחום הנדסת אוויר-חלל, על ידי כ-160 חוקרים. ישראל מדורגת במקום הראשון במספר הפרסומים לנפש בהפרש ניכר (פי שניים) מהמדורגות אחריה. מחקרי ישראל בהנדסת אוויר-חלל מדורגים במקום הראשון במדד קדימות התחום במדינות העולם. בשנים אלה היוו פרסומי הנדסת אוויר-חלל בישראל 2 אחוז מכלל הפרסומים בשטח בעולם, והיא מדורגת במקום ה-13.

מזה שנים, שניכרת עליה ברמת המחקרים בהנדסת אוויר-חלל בישראל. בין השנים 2005 ל-2001 עמד מדד האיכות על 1.30, והציב את ישראל במקום החמישי באיכות הפרסומים, לפני ארה"ב וסינגפור.



תוכן העניינים

4	פרק 1: מבוא
5	פרק 2: מו"פ בנושאי חלל בישראל – סקירה כללית
5	2.1 הכשרת כוח אדם
7	2.2 פרויקטים בינלאומיים בשיתוף האקדמיה
8	2.3 מרכזי ידע בנושאי חלל
9	פרק 3: ניתוח ביבליומטרי של שטח אוויר-חלל
9	3.1 ביבליומטריה
10	3.2 פריון המחקר
16	3.3 מדדי קדימות
18	3.4 מדדי איכות המחקר
19	3.5 סיכום
20	נספח א' – רשימת כתבי עת ומספר הפרסומים לתחום הנדסת אוויר-חלל

רשימת טבלאות ואיורים

10	איור 1: מספר הפרסומים של ישראל בהנדסת אוויר-חלל, בשנים 1981-2005
11	טבלה 1: דירוג המדינות לפי מספר הפרסומים בהנדסת אוויר-חלל, בשנים 2001-2005
12	איור 2: מספר פרסומים בהנדסת אוויר-חלל, למיליון נפש בשנים 2001-2005
	טבלה 2: מספר הפרסומים הממוצע לחבר סגל בטכניון ובמוסדות שונים בארה"ב
14	בשטח הנדסת אוויר-חלל, שנים 2001-2005
15	איור 3: פרסומים ישראליים בהנדסת אוויר-חלל בישראל בשנים 2003-2007, לפי מוסדות
	טבלה 3: שיתופי הפעולה בפרסום של מוסדות ישראליים נבחרים עם מדינות שונות,
16	בתחום הנדסת אוויר-חלל, בין השנים 2003-2007
17	טבלה 4: שיעור הפרסומים בתחום הנדסת אוויר-חלל מכלל הפרסומים בישראל ובעולם
17	טבלה 5: דירוג המדינות המובילות במדד קדימות תחום הנדסת אוויר-חלל 2001-2005
18	טבלה 6: דירוג מדינות לפי ממוצע הציטוטים לפרסום בהנדסת אוויר-חלל, 2001-2005
19	טבלה 7: ממוצע הציטוטים לפרסום בהנדסת אוויר-חלל בישראל ובעולם, 1983-2007
	טבלה 8: כתבי העת לשטח "הנדסת אוויר חלל" ומספר הפרסומים של ישראל והעולם
20	בשנים 2001-2005 ו-2003-2007

1. מבוא

בחקר הנדסת חלל מעורבים חוקרים החברים בפקולטות שונות, כגון הנדסת אווירונאוטיקה וחלל, פיזיקה, מתמטיקה, הנדסת חשמל, הנדסת חומרים, הנדסת מכונות ועוד. טכנולוגיות בהן נעשה שימוש בכלי הטייס בחלל הן מתחום האנרגיה, אסטרודינמיקה, תקשורת, מבנה, מעבר חום, בקרה והנעה. למרות מגוון המקצועות הנוגעים בתחום, כתחום אינטגרטיבי הוא אינו גדול, ובהשוואה ליתר התחומים ההנדסיים, היקף הפעילות המחקרית בו (המתבטאת בפרסומים אקדמיים) נמוך. נהוג לסווג את תחום "הנדסת חלל", שהוא תחום מדעי מולטי-דיסציפלינארי ואינטר-דיסציפלינארי העוסק במערכות הנדסיות מורכבות, כחלק מהשטח "הנדסת אוויר-חלל" (Aerospace engineering) המשלב ידע הנדסי ממגוון דיסציפלינות. היקף הפעילות המחקרית בתחום "הנדסת חלל" (מבחינת ביבליומטריה) תופס בעולם כעשרים אחוז משטח "הנדסת אוויר-חלל", שאף הוא קטן, באופן משמעותי, מכל יתר התחומים ההנדסיים¹.

תעשיית החלל של ישראל מהווה דוגמה יוצאת דופן בין תעשיות החלל בעולם, אין עוד מדינה בגודל הדומה לישראל שמייצרת ומשגרת עצמאית לוויינים מתוככמים. ישראל היא הצעירה מבין מדינות "מועדון החלל" (המדינות ששיגרו בכוחות עצמן לוויין מתוצרתן, בסדר כרונולוגי, לפי השיגור המוצלח הראשון: בריה"מ (1957), ארה"ב (1958), צרפת (1965), יפן (1970), סין (1970), בריטניה (1971), הודו (1979), ישראל (1988)). תעשיית החלל הישראלית החלה להתפתח בראשית שנות השמונים, כשהוחלט על יישומה של תוכנית החלל, תולדה של צרכי המודיעין הצבאי, התראה והתרעה.

על מנת לתמוך בתוכנית החלל ובתעשייה הקשורה אליה (התעשיות הביטחוניות כמו: התעשייה האווירית, רפא"ל, אל-אופ, כל אחת בתחומה), הוקם בטכניון בשנת 1984 המכון לחקר החלל ע"ש נורמן והלן אשר, שבמסגרתו פועלים חוקרים מדיסציפלינות שונות (תחום אינטגרטיבי). הפעילות תרמה להתפתחות תשתית המחקר והפיתוח בתחום זה, והסתמנה מגמה ברורה של פיתוח היכולת של בניית לוויינים ואמצעים לשיגורם.

הגופים העיקריים בארץ במסגרתם מתבצע כיום מו"פ בתחום החלל הם הטכניון (בעיקר בפקולטה להנדסת אווירונאוטיקה וחלל ובמכון לחקר החלל, אבל גם בפקולטות אחרות), אוניברסיטת תל-אביב (ביה"ס לפיזיקה ואסטרונומיה והחוג לגיאופיזיקה ומדעים פלנטריים), אוניברסיטת בן-גוריון, מכון המחקר של התעשייה האווירית ורפא"ל, יחידות מו"פ באל-אופ/אלביט ובעוד חברות וארגונים, כפי שיפורט בהמשך.

¹ על פי מאגר Science Citation Index, בין השנים 2001-2005 פורסמו בכתבי העת האקדמיים המשויכים לשטח הנדסת אוויר-חלל 8,127 פרסומים (0.2% מכלל הפרסומים בתקופה זו). לשם השוואה, בתקופה זו פורסמו בעולם 70,927 פרסומים בהנדסת חשמל ואלקטרוניקה, 59,634 בהנדסת מכונות, 51,300 בהנדסה כימית, 28,694 בהנדסת מחשבים ו-26,263 פרסומים בהנדסה אזרחית. יש לציין כי מאמרים רלוונטיים מתפרסמים לעתים גם בעיתונים המשויכים לשטחים אחרים, כפי שקורה בתחומים שיש בהם אינטגרציה של מספר דיסציפלינות.



2. מו"פ בנושאי חלל בישראל – סקירה כללית

2.1 הכשרת כוח אדם

בחקר החלל באות לידי ביטוי דיסציפלינות שונות. תהליך ההכשרה של כוח האדם בתחום כולל נושאים רבים, כדי להקנות ראייה מערכתית ויכולת אינטגרציה כדי להכשיר, בין היתר, מנהלי פרויקטים ומהנדסי מערכות. אין כיום בארץ מוסד אקדמי אחד אשר מקיף בתכניות הלימודים שלו את כל מגוון התחומים הקשורים לחלל. הכשרת כוח האדם בהנדסת חלל בנושאים כגון דינאמיקה, מכאניקה ופיסיקה בסיסית, הנלמדים במוסדות אקדמיים רבים, מקנים לומד בסיס איתן לנושא החלל, אך לנושאים מעמיקים יותר, כגון תקשורת לוויינים, אין כיום כיסוי מספק. בפקולטה היחידה בארץ להנדסת אווירונאוטיקה וחלל, בטכניון, מנסים ללמד לעומק מגוון נושאים, שיקנו לסטודנטים בסיס איתן יותר בתחום החלל – נושאים כגון מכאניקת גופים בחלל, בקרת חלליות, אמצעי הנעה בחלל, ובעיות של מעבר חום, אך מסיבות שונות (מבניות, תקציביות ובירוקרטיות) גם בטכניון אין כיום כיסוי לכל הנושאים בתחום, כמו למשל תקשורת לוויינים (תחום השייך באופן מסורתי לפקולטה להנדסת חשמל). נושאים אלה אינם נלמדים ביתר האוניברסיטאות בישראל וניתן לקבוע כי עדיין אין במוסדות האקדמיים בארץ הכשרה מסודרת בנושא החלל. החוקרים במכוני המחקר של הטכניון לא עוסקים, על פי רוב, בהוראה. מכון אשר לחקר החלל, על אף שפעילים בו חברי סגל מפקולטות הטכניון השונות, עוסק במחקר בלבד ובהנחיית סטודנטים לתארים מתקדמים.

הפקולטה להנדסת אווירונאוטיקה וחלל בטכניון הוקמה בשנת 1954 והתפתחה במהירות, במקביל להתפתחותם של חיל האוויר, התעשיות האווירונאוטיות (בעיקר התעשייה האווירית) ושאר התעשיות עתירות הידע המבוססות על טכנולוגיות מתקדמות. לאחר מלחמת ששת הימים הורחבה הפעילות בהנדסה האווירונאוטית שנבעה מהצורך בפיתוח ובייצור מערכות מוטסות, פעילות זו הובילה לביצוע מחקרים ופיתוחי תשתית רבים בתחום הביטחון שיאפשרו, בין היתר, ייצור של מטוסים כחול-לבן בתעשייה האווירית. בתחילת שנות השמונים החל להתפתח גם תחום החלל: בשנת 1981 יצאה לדרך תוכנית החלל הישראלית, הוקמה במשרד הביטחון מנהלת החלל ובשנת 1983 הקימה הממשלה, ביוזמת שר המדע פרופ' יובל נאמן, את הסוכנות לניצול החלל (סל"ה) כגוף תיאום ופיקוח על תוכנית חלל לאומית. בשנת 1984 הוקם בטכניון, בצמוד לפקולטה להנדסת אווירונאוטיקה וחלל, מכון אשר לחקר החלל, במסגרתו חברי סגל מפקולטות שונות מבצעים מחקרים ומקיימים קשרים הדוקים עם התעשייה. הלוויינים שבנה ושיגר הטכניון נעשו במסגרתו.

נושאים שונים הרלוונטיים לתחום החלל "מפוזרים" בפקולטות ובמוסדות שונים, דבר המונע מהסטודנטים המעוניינים בכך גישה מרוכזת למכלול היצע הקורסים הקיים במדינה. נושא החישה מרחוק (remote sensing), למשל, שהוא אפליקציה מרכזית בחלל, אינו נמנה עם תחומי הליבה של התחום, הוא אינו נלמד בטכניון אך דווקא מועבר לסטודנטים באוניברסיטאות אחרות: אוניברסיטת חיפה, אוניברסיטת בן-גוריון ואוניברסיטת תל-אביב.



באירופה פועלת תוכנית Space Master, תוכנית ללימודי תואר שני המחברת בין אוניברסיטאות במספר מדינות (גרמניה, צרפת, פינלנד, שבדיה, צ'כיה ובריטניה) במימון התוכנית האירופית השישית. תוכנית הלימודים נוצרה מתוך הכרה בעובדה שאין כיום אוניברסיטה אחת שיכולה להעניק לסטודנטים את כל מגוון התחומים הקשורים לחלל, ושכל אוניברסיטה מתמחה בתחום מסוים. בתוכנית לומדים סטודנטים שסיימו תואר ראשון בפיסיקה, הנדסת מכונות או חשמל אשר מעוניינים להמשיך לתואר שני בתחום החלל. בניגוד למקובל בישראל, באוניברסיטאות בחו"ל ניתן משקל רב יותר להוראת מגוון גדול של מקצועות בתוכנית הלימודים, ומוקדש פחות זמן לתזה או לפרויקט.

בשנים האחרונות מספר הסטודנטים בפקולטה להנדסת אווירונאוטיקה וחלל בטכניון נע בסביבות ה-80 סטודנטים בשנה. כרבע מהסטודנטים הנרשמים לפקולטה מעוניינים לעסוק בנושאי חלל. נושאי החלל מהווים בין חמישה לעשרה אחוזים בלבד מפעילות הפקולטה (בפקולטות דומות בחו"ל נתון זה מסתכם בכעשרים אחוז). לתואר ראשון נלמדים קורס חובה אחד בנושא חלל ושלושה קורסי בחירה, המגיעים בסך הכל ל-12 נקודות זכות בתחום החלל, מתוך 160 נקודות לתואר. בשנים האחרונות נוספו בפקולטה מספר מקצועות בנושאי החלל וניכר שהתחום תופס מקום גדול קצת יותר. סטודנטים לתואר שני ושלישי, המבקשים ללמוד ולחקור בנושאי חלל, ניתנים קורסים של הנעה ומסלולים בשילוב קורסים רלוונטיים בפקולטות אחרות. ניכר כי קיים קושי גדול ליצור בטכניון מסלול לימודים בטכניון המשותף לכמה פקולטות בנושא החלל ובינתיים קורסים בסיסיים, כמו חישה מרחוק, לא ניתנים, למרות שהידע וכוח האדם, לעתים קרובות, הם זמינים.

בשנה האחרונה ללימודיהם, עורכים סטודנטים לתואר ראשון בפקולטה פרויקט טילי, מטוסי או חללי. רק כשליש מהם בוחרים בנושא החלל. במסגרת הפרויקט, סטודנטים יכולים להיות שותפים לתכנון, לבנייה או לשיגור של "לוויין הסטודנטים" (בהתאם לשלב בו נמצא הפרויקט). "טכסאט 1" (Gurwin-TechSAT) היה לוויין זעיר שפותח ונבנה באמצע שנות ה-90 על-ידי סטודנטים בטכניון, במסגרת המכון לחקר החלל ובשיתוף עם הפקולטה לפיסיקה והפקולטה להנדסה אווירונאוטית וחלל. הלוויין שקל 45 ק"ג, ושולבו בו טכנולוגיות חלל חדישות. מרבית החומרה נתרמה על ידי חברות ישראליות, שרצו לבחון רעיונות חדשים ופיתוחים מקוריים בסביבת חלל על גבי לוויין. עלות הפיתוח של הלוויין עמדה על כ-3.5 מיליון דולר, שמומנה בין השאר על-ידי סליה ומשרד המדע, המשרד לקליטת עלייה, ואיש העסקים יוסף גורוויין (Gurwin) מניו-יורק. הלוויין שוגר על גבי טיל רוסי במרס 1995 אך השיגור, שעלותו הייתה 450 אלף דולר, נכשל והלוויין לא הצליח להגיע למסלולו המתוכנן. בעקבות זאת, נבנה לוויין נוסף, "טכסאט 2", מהקטנים בעולם: הוא נבנה בצורת קובייה, אורך כל צלע 45 ס"מ בלבד, ומשקלו רק 48 ק"ג. הלוויין שוגר בהצלחה ביולי 1998, ביצע את כל הניסויים שתוכננו באופן מוצלח, מערכות הבקרה, המצלמה וניסויי הקרינה ממשכיכות לתפקד, והוא מספק גם שירות לחובבי רדיו.

הפקולטה מתכננת להרחיב את פעילותה בתחום החלל, ותכלול גם מחקר בסיסי. בין השאר, מדובר במחקרים על הפעלת לוויינים במשימות משותפות והפעלת מיני-לוויינים, וכניסה לנושאים של מערכות אוטונומיות. יוזמה זו מתגבשת יחד עם פקולטות נוספות, לכיסוי כל ההיבטים המדעיים



להפעלת כלי הטייס והלוויינים בצורה אוטונומית. להבדיל מאוניברסיטאות בחו"ל, בפרויקטים החלליים של הטכניון משתתפים בדרך כלל רק סטודנטים מהפקולטה. בחו"ל לוקחים בהם חלק גם סטודנטים מתחומי המחשבים, חשמל, תקשורת וכיו"ב ובהתאם, גם הפרויקטים הם מורכבים וגדולים יותר.

בעשר השנים האחרונות כ-15 סטודנטים סיימו תואר שני בנושא חלל ורק בודדים עשו תואר שלישי. כמחציתם מועסקים כיום בתחום זה, היתר מועסקים בנושאים קרובים כמו טילים (משכורות גבוהות יותר) ואחדים עזבו את הארץ. מקרב הבוגרים, פחות מעשרה אחוז מועסקים בתחום החלל.

כאמור, בפקולטות דומות בעולם (Aerospace engineering) שמונים אחוז מהפעילות מוקדשת לאווירונאוטיקה ועשרים אחוז לחלל. לפי מדד זה, היו אמורים להיות בפקולטה לאווירונאוטיקה והנדסת חלל בטכניון, המונה 27 חברי סגל, 5.4 אנשי סגל שתחום התמחותם הינו חלל. בפועל, בפקולטה ישנם רק 2-3 חברי סגל כאלה.

התעשייה בארץ מעוניינת לקלוט בעיקר בוגרי תואר שני. אבל הצורך של התעשייה לקליטה של בוגרי הפקולטה גדול יותר ממספר הבוגרים, לכן באלביט, אלאופ, תע"א ורפא"ל ממשיכים את הכשרת המהנדסים. התעשייה האווירית מקיימת, בהתאם לצורך, קורסים (של שלושה חודשים) בהם ניתנים לעובדיה הכשרה בנושאי חלל, זאת נוסף על ההכשרה הספציפית לכל אחד מהמקצועות הניתנת לעובדים. למרבית הבוגרים של התואר השני מוצעים בשוק תנאי שכר טובים יותר בתחום הטיילים מאשר בתחומי החלל ולכן רבים מהם נוטים לעסוק בתחום, וכתוצאה מכך בתחומי החלל מועסקים בעיקר בוגרים של תואר ראשון (הדרישה לבוגרי תואר שלישי היא נמוכה מאוד).

2.2 פרויקטים בינלאומיים בשיתוף האקדמיה

שיתופי פעולה מחקריים מתבטאים, בדרך כלל, בפרסומים משותפים (כפי שיפורט בהרחבה בפרק הבא), בחילופי מדענים וכן בקיום כנסים, סמינרים וסדנאות משותפים. במספר מקרים שיתוף הפעולה אף מתבטא בתכנון ובבנייה משותפים של מערכות לחלל. להלן כמה מהפרויקטים הבינלאומיים העיקריים בהם לאקדמיה הישראלית יש חלק במחקר ופיתוח:

פרויקט TAUVEEX (Tel Aviv University Ultraviolet Explorer) - מערך של שלושה טלסקופי חלל בתחום העל סגול שישוגר לחלל על גבי לוויין של סוכנות החלל ההודית ושיבצע סריקות עמוקות של אזורי שמיים נרחבים במטרה לגלות ולעקוב אחר מקורות אסטרונומיים קורני UV במשך כמה שנים. שותפים לפרויקט חוקרי המחלקה לפיסיקה ואסטרונומיה באוניברסיטת תל-אביב, אל-אופ, סל"ה וסוכנות החלל ההודית (ISRO).

פרויקט "ונוס" (VENUS) - פרויקט ישראלי-צרפתי לבניית מיקרו-לוויין מדעי (160 ק"ג) לתצפיות על כדור הארץ, כשישראל היא המובילה שלו. הלוויין יכלול מצלמה מולטי ספקטראלית שתאפשר לצלם מהחלל באופן סימולטאני במספר אורכי גל שונים. שותפים לפרויקט: התעשייה האווירית,



רפא"ל, אל-אופ, סוכנות החלל הצרפתית (CNES), סל"ה, משרד התעשייה והמסחר וכן צוות חוקרים מאוניברסיטת בן-גוריון ומהטכניון.

צומת נאס"א (EOSDIS) במחלקה לגיאופיזיקה ומדעים פלנטאריים באוניברסיטת תל-אביב, המרכזות נתונים מתחנות מטאורולוגיות שונות ומתחנת קליטת הלוויינים של אוניברסיטת בן-גוריון בשדה בוקר, מאפשרת גישה לנתוני נאס"א שנאספו בארץ במסגרת ה"משימה לכדור הארץ" של סוכנות החלל האמריקאית. קיימת פעילות ענפה של יישומי חישה מרחוק (לצורכי מיפוי).

2.3 מרכזי ידע בנושאי חלל

הטכנולוגיות בהן נעשה שימוש בכלי הטייס בחלל הן מתחום האנרגיה, אסטרודינמיקה, תקשורת, מבנה, מעבר חום, בקרה והנעה. במספר נושאים מרכזיים, כמו אנרגיה, אין בארץ התמחות מספקת (קונים כמעט הכול), ויש נושאים בהם קיימת בארץ התמחות מסוימת.

מרבית הפרסומים הישראליים בתחום הנדסת חלל מכסים מספר נושאים מאוד מצומצם, בעיקר בתחומי Orbital mechanics, Attitude dynamics and control והנעה חשמלית. בתחומים אלה יש בארץ מספר חוקרים מצומצם, וכל אחד מהם מומחה לנושא צר.

בסיס הידע בתחום ההנעה החשמלית נמצא במרכז הגרעיני בנחל שורק ופותח בארץ על ידי מדענים עולים מבריה"מ. תחום נוסף הוא תקשורת לייזר (בין לוויינים ומלוויינים לקרקע). הטכניון עוסק בכך בשנים האחרונות, בתחילה בשיתוף עם גרמניה וכיום עם רפא"ל.

תחומי המחקר של חוקרי הטכניון המתמחים בהנדסת החלל הם אסטרודינמיקה, בקרת לוויינים, תקשורת והנעה.

צוות של חוקרים במעבדה לתקשורת אלחוטית ולוויינית באוניברסיטת בן גוריון עוסק בתקשורת לוויינים. בנוסף, באוניברסיטת בן גוריון יש מאמץ לבניית לוויין קטן השוקל קילו בלבד מחומרים חדשים ובטכנולוגיות ננו, כדי לקדם מערך "נחיל צרעות", שיעבוד כמו לוויין ענק במחיר זול באופן משמעותי. בתחום זה עובדות, לא מכבר, כמה קבוצות בעולם ובוצעו מספר שיגורים.

"מכון פישר למחקר אסטרטגי, אויר וחלל" נוסד על ידי עמותת חיל האוויר במטרה לפתח את החשיבה ואת השיח הציבורי במדינת ישראל, בתחומי התעופה והחלל. המכון עורך כנסים וימי עיון ומבצע מחקרים ומפרסם מאמרים בנושאי אסטרטגיה מדיניות החלל בישראל.

באופן טבעי, קיים שוני במוטיבציה למחקר בתעשייה לעומת האקדמיה – המו"פ בתעשייה הוא ברובו ייעודי ומתבצע על מנת לענות על צורך קונקרטי בתהליך פיתוח של מוצר מסוים ואילו באקדמיה, המוטיבציה היא הרחבת הידע (ולעתים רק לשם הפרסום). כתוצאה מכך, תפוקות המחקר המתבצע בתעשייה לא באות לידי ביטוי, בדרך כלל, בפרסומים מדעיים; את הידע שנצבר מעדיפים בתעשייה לנצל לייצור מוצרים חדשים ובהתאם, גם מידת ההשקעה במו"פ נמוכה, יחסית, בתעשיית החלל

ועיקר המאמץ מופנה לפיתוחים הנדסיים בלבד. מעניין לציין, שבעקבות הקשר ההדוק בין האקדמיה לתעשייה, גם האוריינטציה של מרבית החוקרים באקדמיה, במידה מסוימת, היא הנדסית ותעשייתית.

3. ניתוח ביבליומטרי של שטח "אוויר-חלל"

3.1 ביבליומטריה – רקע כללי

ביבליומטריה היא אחת משיטות ההערכה של איכות העבודה המדעית המקובלות כיום, לצד שיטות מסורתיות כגון הערכת עמיתים, שיטה בה פרסומים מדעיים משמשים כמדד לפוריות המחקר המדעי, והציטוטים להם זוכים פרסומים אלה משמשים כמדד לאיכות המחקר. ישנה התאמה טובה מאוד בין מצוינות של חוקרים כפי שהיא נמדדת בתברות באקדמיות למדעים, זכייה בפרסי נובל ובפרסים אחרים, לבין מעמדם כפי שהם נמדדים במדדי האיכות בהשוואה לחוקרים אחרים בשטחי מחקרם. האובייקטיביות, מהימנות האינדיקטורים והקלות היחסית בה ניתן להפיק את הנתונים הפכו את השימוש בביבליומטריה לכלי מרכזי בידי קובעי מדיניות ומדענים, למדדים אלה ניכרת כיום השפעתה רבה על הקצאת משאבים למוסדות מחקר ולתחומי ידע שונים.

רוב המחקרים הביבליומטריים העוסקים במדידת תפוקה מדעית עושים שימוש במאגר המידע הוותיק Science Citation Index של חברת Thomson Scientific, הידוע בכינויו ISI, על שם המוסד שפיתח אותו. מאגר זה כולל את המאמרים המתפרסמים בעיתונות המדעית והטכנולוגית הבינלאומית העיקרית בכל התחומים, וכולל את פרטי המאמרים (כותרות, תכנים, שם וכתובת המחבר/המחברים, שנת פרסום וכו') המתפרסמים בכ- 15,000 כתבי עת ודוקומנטים אחרים ואת מספר הציטוטים שלהם במאמרים אחרים. בשנים האחרונות קמו מתחרים ל-ISI: מאגר המידע Scopus (מבית Elsevier) ומנוע החיפוש האקדמי Google Scholar. בדומה ל-ISI, שניהם מספקים מידע ביבליוגרפי על מאמרים אקדמיים ומספקים נתונים על מספר הציטוטים, אך עדיין לא פותחו כלים המאפשרים הפקת מידע סטטיסטי מהימן המבוסס על פילוחים שונים של מאגר המידע כגון שטח מחקר או מדינה, כגון הכלים בהם עשינו שימוש בעבודה זו, המותאמים למאגר המקיף של ISI.

הנתונים הביבליומטריים המופיעים בדו"ח זה מספקים תמונה על היקף ואיכות הפרסומים בשטח "הנדסת אווירונאוטיקה וחלל" (Aerospace Engineering), כפי שהוגדר על ידי חברת ISI², המשייכת את הפרסומים לתחומי המחקר השונים, בהתאם לכתבי העת בהם פורסמו. שטח זה מכסה את

² רשימת כתבי העת המכוסים בשטח "הנדסת אוויר-חלל" (Aerospace Engineering) מופיעה בנספח א'. להלן תיאור השטח שענשה על ידי ISI (לקוח מאתר האינטרנט של החברה):

Aerospace Engineering includes resources concerned with astronautics, aeronautics, aerospace, and aviation. Topics covered include the design and construction of aircraft, space vehicles, missiles, satellites, instrumentation, and power units, as well as the launch, flight, and guidance of crafts in the earth's atmosphere or in space. Resources in this category draw from many fields, including mechanics and mechanical engineering, automation, instrumentation, and materials science.

הפעילות ההנדסית העוסקת בפיתוח כלי טיס, לוויינים, חלליות והמערכות הייחודיות להם. עקב מגבלות המאגר, התפוקה המחקרית הבאה לידי ביטוי בפרסומים בכתבי עת שאינם אקדמיים (עיתונים מבוקרים - Refereed journals), פרסומים המוצגים אך ורק בכנסים מקצועיים (Proceedings) או פטנטים – לא זוכים לכיסוי הולם על ידי ISI ועל פי רוב, לא כלולים בדו"ח זה.

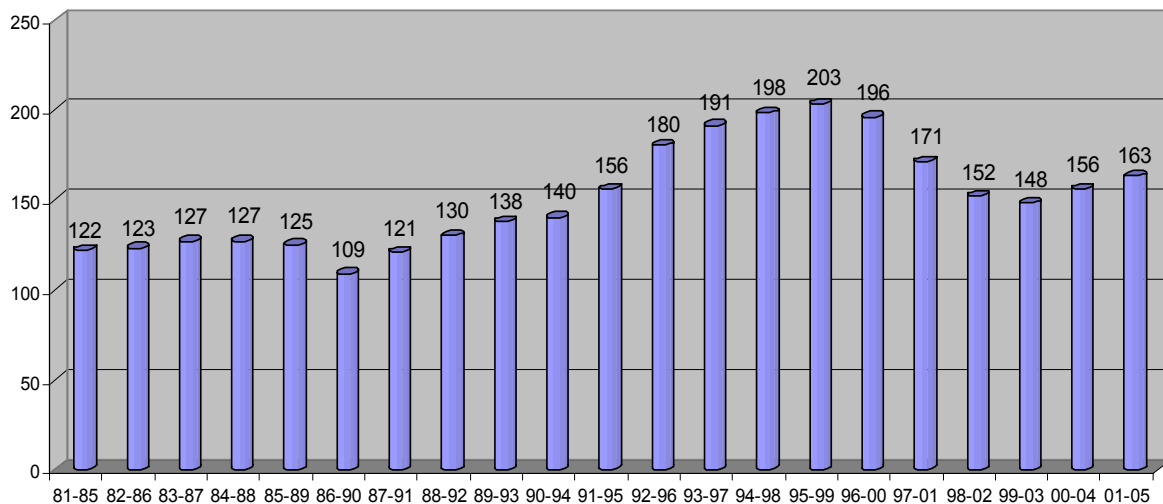
נציג תחילה את מצב המחקר בארץ בשטח הנדסת אוויר-חלל כפי שבא לידי ביטוי באינדיקטורים ביבליומטריים ולאחר מכן נערוך השוואות בינלאומיות במדדי פוריות, מדדי קדימות של שטח המחקר ומדדי איכות הפרסומים.

3.2 פריון המחקר

3.2.1 מספר הפרסומים הישראליים

מניתוח המאמרים המדעיים שפורסמו בין השנים 2001 ו-2005 בכתבי העת, ששווה על ידי ISI כשייכים לשטח הנדסת אוויר-חלל, עולה, שהתרומה המחקרית של ישראל בתקופה זו באה לידי ביטוי ב-163 פרסומים, מספר נמוך מהשיא אליו הגיעה ישראל במחצית השנייה של שנות ה-90 (203 פרסומים בין השנים 1999-1995). איור 1 מציג את מספר הפרסומים של ישראל בתחום הנדסת אוויר-חלל על פני ציר הזמן החל משנת 1981.

איור 1: מספר הפרסומים של ישראל בהנדסת אוויר-חלל, בשנים 1981-2005



פרסום ישראלי מוגדר כפרסום בו כתובתו של מחבר אחד לפחות היא מוסד ישראלי כלשהו (כפי שמופיע בשדה ה-affiliation).



על מנת להשוות את פוריות המחקר בשטחי המחקר השונים בין המדינות, נהוג להסתכל על חלקה של כל מדינה מסך הפרסומים בעולם בכל שטח, ועל מספר הפרסומים בכל שטח למיליון תושבים. באופן דומה נשווה, בהמשך, גם את איכות הפרסומים בכל אחד למדינות השונות לפי מדד הציטוטים (מספר הציטוטים ביחס למספר הפרסומים).

3.2.2 מספר הפרסומים הישראליים בהשוואה לעולם

תרומתה של ישראל לכלל הפרסומים בעולם בשטח הנדסת אוויר-חלל עומדת מזה זמן רב על כשני אחוז. טבלה 1 מציגה את דירוג המדינות המובילות במספר הפרסומים בהנדסת אוויר-חלל בשנים 2005-2001 ואת חלקן מסך הפרסומים בעולם, שעמד בתקופה זו על 8,127.

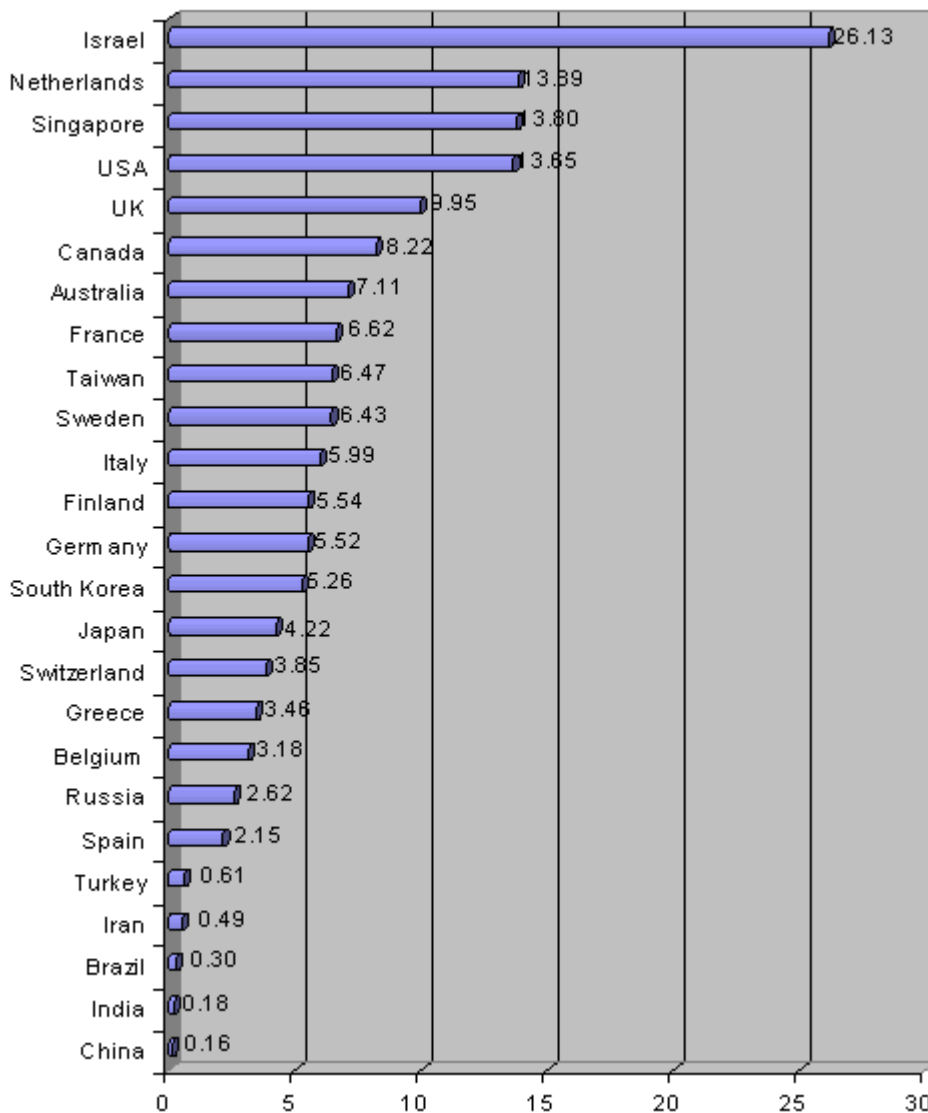
טבלה 1: דירוג המדינות לפי מספר הפרסומים בהנדסת אוויר-חלל, בשנים 2005-2001

Rank	Country	Papers	Papers/Total
1	USA	4,074	50.13%
2	UK	603	7.42%
3	Japan	538	6.62%
4	Germany	455	5.60%
5	France	403	4.96%
6	Russia	375	4.61%
7	Italy	348	4.28%
8	Canada	272	3.35%
9	South Korea	257	3.16%
10	Netherlands	229	2.82%
11	China	213	2.62%
12	India	196	2.41%
13	Israel	163	2.01%
14	Taiwan	149	1.83%
15	Australia	144	1.77%
16	Spain	87	1.07%
17	Singapore	62	0.76%
18	Sweden	58	0.71%
19	Brazil	56	0.69%
20	Turkey	43	0.53%
21	Greece	37	0.46%
22	Iran	34	0.42%
23	Belgium	33	0.41%
24	Switzerland	29	0.36%
25	Finland	29	0.36%

רוב המדינות שפיתחו ושיגרו באופן עצמאי לוויינים לחלל (רוסיה, ארה"ב, צרפת, יפן, בריטניה) מדורגות בראש הטבלה, את יתר "מדינות הלוויין" (ישראל, הודו וסין) מקדימות מספר מדינות אירופאיות, קנדה ודרום קוריאנה.

להשוואת מספר הפרסומים בין המדינות השונות אין משמעות רבה מאחר שברור כי מספר הפרסומים תלוי, בין השאר, בגודל אוכלוסיית המדינה ובמספר החוקרים בה. כדי לתקן את האפקט של גודל האוכלוסייה נוסף מדד נוסף - מספר הפרסומים לנפש. באיור 2 להלן מוצג מספר הפרסומים הישראליים הממוצע למיליון נפש, בהשוואה למדינות המובילות בשנים 2001-2005. במדד זה, ישראל נמצאת במקום הראשון בעולם ומקדימה בפער גדול את יתר המדינות המדורגות אחריה.

איור 2: מספר פרסומים בהנדסת אוויר-חלל, למיליון נפש בשנים 2001-2005





השוואה נאותה עוד יותר יכולה להתקבל על ידי חלוקה של מספר המחקרים במספר החוקרים בתחום, אך דבר זה לא ניתן לביצוע, מפני שברוב המדינות אין נתון על מספר החוקרים בשטחים השונים ואף קשה להגדיר מיהו חוקר ולשייך אותו בצורה מוחלטת לשטח מחקר אחד, היות שחוקרים רבים חלקם פעילים במספר תחומים.

3.2.3 מספר החוקרים הישראליים

על מנת לנסות להעריך את מספר החוקרים הישראליים בתחום הנדסת אוויר-חלל, ספרנו את מספר החוקרים בעלי כתובת ישראלית, שהיו שותפים לפרסום 175 המאמרים בשטח הנדסת אוויר-חלל בין השנים 2003-2007, ומצאנו כי "קהילת החוקרים" בתקופה זו מנתה כ-160 חוקרים (כולל אנשי סגל, עובדי מעבדה, דוקטורנטים ובוגרים וכו'), יחס של 1.01 בין מספר הפרסומים למספר החוקרים.

ניתוח מעמיק יותר של כתובות החוקרים הישראליים, העלה כי למעלה ממחצית החוקרים שפרסמו בשנים 2001-2005 זו, 85, השתייכו לטכניון (כל חוקר נספר פעם אחת בלבד, גם אם ציין במאמר כתובת נוספת). מקרב חוקרי הטכניון, 71 חוקרים שונים פרסמו מטעם הפקולטה להנדסת אווירונאוטיקה וחלל או מטעם מכון אשר לחקר החלל, הצמוד לה³. יתר חוקרי הטכניון, שמחקריהם פורסמו בכתבי העת שסווגו על ידי ISI כשייכים לתחום הנדסת אוויר-חלל, נמנים על חברי סגל הפקולטות להנדסה אזרחית וסביבתית (8), הנדסת חשמל (5) והנדסת מכונות (1). מספר הפרסומים של חוקרי הטכניון בשטח זה בתקופה זו עמד על 104.

בניסיון להשוות את פיריון המחקר בתחום הנדסת אוויר-חלל לחוקר, בחרנו להשוות את תפוקת הפקולטה להנדסת אוויר-חלל בטכניון (הפקולטה היחידה בארץ בתחום) למספר פקולטות במוסדות טכנולוגיים בארה"ב בעלות פרופיל הדומה לפקולטה בטכניון. הנתונים על מספר החוקרים נלקחו במהלך חודש מרץ 2007 מאתרי האינטרנט של המחלקות הרלוונטיות⁴ (לא נספרו אמריטוס - פרופסורים שפרשו לגמלאות). נתוני הפיריון, לעומת זאת, לקוחים ממאגר ה ISI ונכונים לתקופה הנסקרת בפרק זה, פרסומים שראו אור בין השנים 2001-2005. ההשוואה מוצגת בטבלה מספר 2.

³ לצורך השוואה, מספר חברי הסגל בפקולטה עומד על 27 בלבד. יש לציין גם שבמכון אשר לחקר החלל עובדים, בין היתר, חוקרים שאינם חברי סגל אקדמי בטכניון.

⁴ Stanford University: <http://aa.stanford.edu/aeroastro/aafaculty.html>

Massachusetts Inst. of Technology: <http://web.mit.edu/aeroastro/faculty/faculty.html>

University of Michigan: <http://aerospace.engin.umich.edu/people/faculty.html>

Georgia Institute of Technology: <http://www.ae.gatech.edu/directory/faculty.html>

Technion: <http://ae-www.technion.ac.il/staff.html>

טבלה 2: מספר הפרסומים הממוצע לחבר סגל בטכניון ובמוסדות שונים בארה"ב בשטח הנדסת אוויר-חלל, שנים 2001-2005

Institute	Department	Faculty Members	Papers	Papers/Faculty
Massachusetts Inst. of Technology (MIT)	Aero-Astro Dep.	64	107	1.67
Stanford University	Dep. of Aeronautics and Astronautics	24	55	2.29
Georgia Inst. of Technology	School of Aerospace Engineering	40	122	3.05
University of Michigan	Dep. of Aerospace Engineering	28	105	3.75
הטכניון	הפקולטה להנדסת אווירונאוטיקה וחלל	27	104	3.85

היחס בין מספר הפרסומים למספר חברי הסגל במוסדות שנבחרו, עשוי לשקף את היקף הפעילות המחקרית בפקולטה. לפי מדד זה, פריון הפקולטה הישראלית יחסית למספר חברי הסגל דומה למחלקה להנדסת אוויר-חלל באוניברסיטת מישיגן וגבוה מיתר המוסדות. עקב אופי הפעילות השונה של כל פקולטה מומלץ להתייחס לתוצאות אלה בעירבון מוגבל.

3.2.4 התפלגות החוקרים לפי מוסדות

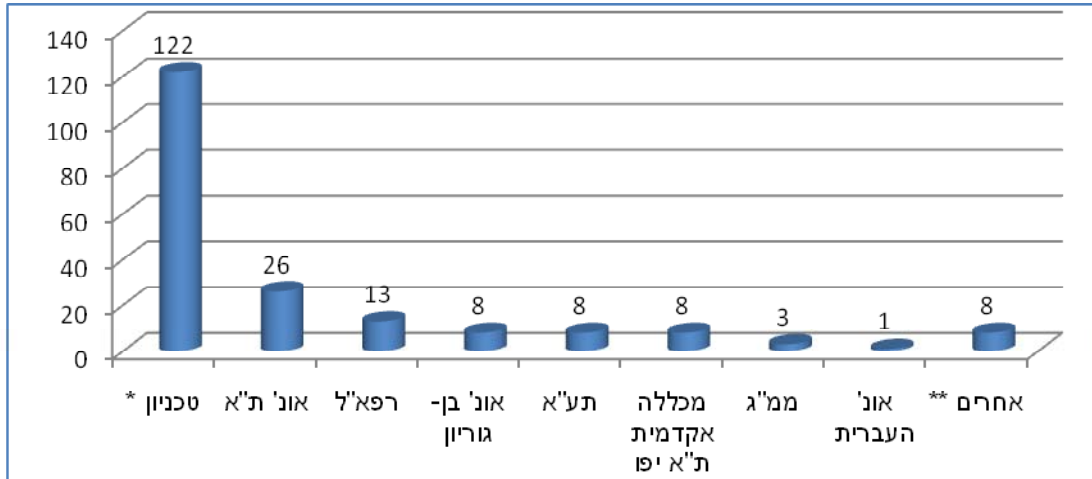
חוקרים משישה מוסדות אקדמיים ישראליים (הטכניון, אוניברסיטת תל-אביב, אוניברסיטת בן-גוריון, המכללה האקדמית תל-אביב-יפו, המכון הטכנולוגי חולון והאוניברסיטה העברית) תרמו לפרסום 94 אחוז מהמאמרים המדעיים (153) בתחום הנדסת אוויר-חלל בין השנים 2001-2005. תרומתה של התעשייה לפרסומים המדעיים בתחום זה באה לידי ביטוי ב-18 אחוז מהפרסומים (29), בהם היו שותפים חוקרים מגופי התעשייה הביטחונית⁵ (ביניהם: רפא"ל, התעשייה האווירית, המרכז למחקר גרעיני – שורק (ממ"ג), התעשייה הצבאית, אל-אופ, הקריה למחקר גרעיני, צה"ל ועוד).

מספר החוקרים הממוצע לפרסום עמד בתקופה זו על 2.6. איור 3 מציג את תרומת המוסדות האקדמיים והתעשייתיים לפרסומים בתחום הנדסת אוויר-חלל באוניברסיטאות ובתעשייה, בין השנים 2003-2007:

⁵ כיוון שפרסומים רבים חוברו על ידי חוקרים ממספר מוסדות, מספר השותפים גבוה מסך הפרסומים (175).



איור 3: פרסומים ישראליים בתחום הנדסת אוויר-חלל בישראל בשנים 2003-2007, לפי מוסדות



* כולל מכון אשר לחקר החלל
** כולל המכללה האקדמית להנדסה ב"ש, המרכז הטכנולוגי חולון, תעשייה צבאית, צה"ל, אל-אופ ועוד. כל אחד מהמוסדות בסעיף "אחרים" פרסם פרסום אחד בתחום זה במהלך התקופה.

3.2.5 התפלגות החוקרים לפי מוסדות

כשני שלישים מהפרסומים הישראליים, שהתפרסמו בשנים 2003-2007 בתחום הנדסת אוויר-חלל, הם פרי שיתוף פעולה בינלאומי (ב-122 מתוך 175 הפרסומים מופיעה כתובת של מוסד ישראלי אחד לפחות לצד כתובת של מוסד כלשהו ממדינה זרה). טבלה 3 מציגה את מספר שיתופי הפעולה בפרסום של המוסדות הישראליים עם כל אחת מהמדינות איתן שיתפו פעולה, ואת מספר הפרסומים המשותפים של כל מוסד או מדינה בתחום.



טבלה 3: מספר שיתופי הפעולה בפרסום של מוסדות ישראלים נבחרים עם מדינות שונות, בתחום הנדסת אוויר-חלל, בין השנים 2003-2007⁶

טכניון	אונ' ת"א	בן גוריון	העברית ממ"ג	סה"כ ישראל ⁷
20	14			35
2		1		3
			2	2
1	1			2
			2	2
1		1	1	2
			1	1
1				1
	1			1
2				2
2				2
1				1
1				1
1				1
1				1

בין השנים 2007-2003 ארה"ב הייתה שותפה ל-35 מהפרסומים הישראלים בתחום המהווים עשרים אחוז מסך הפרסומים הישראלים בתחום.

3.3 מדדי קדימות

לבחינת היקף הפעילות המחקרית של ישראל בתחום הנדסת אוויר-חלל, נשתמש במדד קדימות המבטא את היקף הפרסומים בתחום, יחסית לכלל הפרסומים של ישראל. כמו כן, נציג את הקדימות שנותנת ישראל לתחום לעומת קדימות התחום במבחר מדינות.

בעשור האחרון ניכרת ירידה בקדימות המחקרית של תחום הנדסת אוויר-חלל בעולם כולו ובתקופה האחרונה חלה ירידה גם בישראל. טבלה 4 מציגה את ערכי המדד בישראל ובעולם בתקופות שונות.

⁶ מקצת הפרסומים הם פרי שיתוף פעולה של יותר משני מוסדות או שתי מדינות, ולכן הנתונים על סך כל הפרסומים לא מייצגים בהכרח את סך כל שיתופי הפעולה עם המוסד/המדינה. לדוגמה: האוניברסיטה העברית הייתה שותפה לפרסום אחד בלבד, משותף לגרמניה ולאוסטרליה. גרמניה פרסמה שני פרסומים בלבד עם חוקרים ממוסדות ישראלים: האחד עם הטכניון ואוניברסיטת בן-גוריון והשני, כאמור, עם האוניברסיטה העברית.

⁷ בעמודה זו כלולים סך כל הפרסומים המשותפים לישראל עם כל אחת מהמדינות



טבלה 4: שיעור הפרסומים בתחום הנדסת אוויר-חלל מכלל הפרסומים בישראל ובעולם בתקופות שונות

Israel			
Years	%Papers	Papers	Total Papers
1983-1987	0.33	130	39,462
1988-1992	0.33	131	39,775
1993-1997	0.40	204	50,380
1998-2002	0.26	157	58,816
2003-2007	0.26	175	67,303

World			
Years	%Papers	Papers	Total Papers
1983-1987	0.26	6,570	2,489,621
1988-1992	0.27	7,819	2,891,902
1993-1997	0.29	9,680	3,352,807
1998-2002	0.23	8,683	3,716,079
2003-2007	0.22*	9,091	NA

*הערכה

למרות הירידה בקדימות המחקרית של תחום הנדסת אוויר חלל בתקופה האחרונה, רמת הקדימות בישראל עדיין גבוהה מרמת הקדימות של יתר המדינות בתחום. טבלה 5 מדרגת את המדינות המובילות בקדימות לה זוכה תחום הנדסת חלל.

טבלה 5: דירוג המדינות המובילות במדד קדימות תחום הנדסת אוויר-חלל בשנים 2005-2001

Rank	Country	%Papers	Papers	Total Papers
1	Israel	0.32	163	50,398
2	Russia	0.31	375	120,367
3	USA	0.3	4,074	1,352,443
4	Singapore	0.25	62	24,388
5	Netherlands	0.22	229	103,477

מגמת הירידה בשיעורי קדימות התחום בישראל באה לידי ביטוי בכל המוסדות האקדמיים: בטכניון, למשל, אחוז הפרסומים בתחום מתוך כלל הפרסומים במוסד עמד בשנים 1995-1991 על 1.91 אחוז, לעומת 1.22 אחוז בין השנים 2005-2001.

3.4 מדדי איכות המחקר

3.4.1 דירוג המדינות

במאגרי המידע של ה-ISI נמצאים, כאמור, פרטים ביבליוגרפים של כל פרסום (כלומר, פרטי הפרסומים שכל מאמר מצטט). באמצעות מידע זה ניתן לחשב את מספר הפעמים שמאמר צוטט במאמרים אחרים. מספר הציטוטים של פרסום במאמרים מדעיים אחרים מעיד על ההכרה בה זוכה המאמר בעולם המדע. מקובל לדרג את איכות הפרסומים של שטח מחקר או של מדינה על פי שיעור הציטוטים יחסית למספר הפרסומים. את איכות הפרסום הבודד מקובל להעריך ביחס למספר הציטוטים הממוצע של פרסום מאותו הסוג באותו תחום ידע.

ה-Citation Impact של ישראל (היחס בין מספר הציטוטים למספר הפרסומים) בתחום הנדסת אוויר-חלל בשנים 2005-2001 עמד על 1.30 (212 ציטוטים, 163 פרסומים)⁸. ממוצע הציטוטים לפרסום בתחום בעולם עמד באותן השנים על 1.03 (8,386 ציטוטים, 8,127 פרסומים). טבלה 6 מציגה את דירוג המדינות המובילות⁹ במדד הציטוטים. במדרג איכות זה, ישראל מדורגת במקום החמישי.

טבלה 6: דירוג מדינות לפי ממוצע הציטוטים לפרסום בהנדסת אוויר-חלל, בשנים 2005-2001

Rank	Country	Impact	Citations	Papers
1	Singapore	1.74	108	62
2	Denmark	1.65	28	17
3	Iran	1.47	50	34
4	USA	1.33	5,413	4,074
5	Israel	1.30	212	163
6	France	1.14	459	403
7	Australia	1.03	148	144
8	Spain	1.01	88	87
9	South Korea	0.99	254	257
10	Turkey	0.95	41	43
11	UK	0.86	521	603
12	Germany	0.86	130	455
13	Switzerland	0.83	24	29
14	Canada	0.80	218	272
15	Italy	0.79	275	348

איכות פרסומי ישראל בתחום הנדסת אוויר-חלל, כפי שמשקפת במדד הציטוטים, גבוהה מהממוצע העולמי ונמצאת במגמת עליה מתמדת. טבלה 7 מציגה את ערכי מדד הציטוטים בישראל ואת ערכי מדד הציטוטים הממוצע בעולם.

8 הנתונים על מספר הציטוטים עובדו ברבעון הראשון של 2006. מאמר צובר ציטוטים במשך השנים, לכן מוקדם מדי ללמוד על איכות המאמרים שיצאו לאור תקופה קצרה קודם לכן.
9 מדינות שפרסמו מעט מאוד מאמרים עשויות לזכות ב Impact גבוה במיוחד בעקבות מספר ציטוטים גבוה של מספר פרסומים בודדים. כדי למנוע הטיה כזו דורגו אך ורק המדינות שתרמו למעלה מ 0.2% מהפרסומים בתחום.

טבלה 7: ממוצע הציטוטים לפרסום בהנדסת אוויר-חלל בישראל ובעולם בשנים 1983-2007

Years	Israel			World		
	Impact	Citations	Papers	Impact	Citations	Papers
1983-1987	5.47	711	130	5.41	35,545	6,570
1988-1992	6.95	911	131	5.16	40,336	7,819
1993-1997	4.71	960	204	4.38	42,446	9,680
1998-2002	5.20	817	157	3.37	29,288	8,683
2003-2007	1.42	248	175	1.12	10,182	9,091

3.5 סיכום

היקף הפעילות המחקרית בתחום "הנדסת חלל" מהווה כעשרים אחוז מהפעילות בשטח "הנדסת אוויר-חלל" (Aerospace engineering), שטח שמספר הפרסומים בו קטן, באופן משמעותי, מכל יתר התחומים ההנדסיים.

מספר החוקרים והפרסומים: בין השנים 2007-2003 פורסמו 175 מאמרים ישראלים בתחום הנדסת אוויר-חלל, על ידי כ-160 חוקרים. מרבית המאמרים פורסמו על ידי חוקרי הטכניון, אוניברסיטת תל-אביב ורפא"ל.

מספר הפרסומים לנפש: ישראל מדורגת במקום הראשון במספר הפרסומים לנפש בהפרש ניכר (פי שניים) מהמדורגות אחריה: הולנד, סינגפור וארה"ב.

קדימות השטח: בחמש השנים האחרונות, מדורגים המחקרים הישראליים בהנדסת אוויר-חלל במקום הראשון במדד קדימות התחום במדינות העולם, בהפרש קטן מרוסיה וארה"ב, המדורגות אחריה. בתקופות האחרונות ניכרת ירידה חדה בקדימות לתחום בישראל, בשיעור הגבוה משיעור הירידה של הקדימות בעולם בתקופות אלה.

אחוז הפרסומים הישראליים מכלל פרסומי השטח: בשנים 2005-2001 היוו פרסומי הנדסת אוויר-חלל בישראל שני אחוזים מכלל הפרסומים בשטח בעולם, והיא מדורגת במקום ה-13 בדירוג המדינות לפי מספר הפרסומים בתחום.

איכות הפרסומים ומידת ציטוטם: מזה שנים שניכרת עליה ברמת המחקרים בהנדסת אוויר-חלל בישראל. בין השנים 2005-2001 מדד האיכות של ישראל בתחום עמד על 1.30, והציב את ישראל במקום החמישי באיכות הפרסומים, לפני ארה"ב וסינגפור. בשנים 2007-2003 מדד האיכות עמד על 1.42 ציטוטים לפרסום.

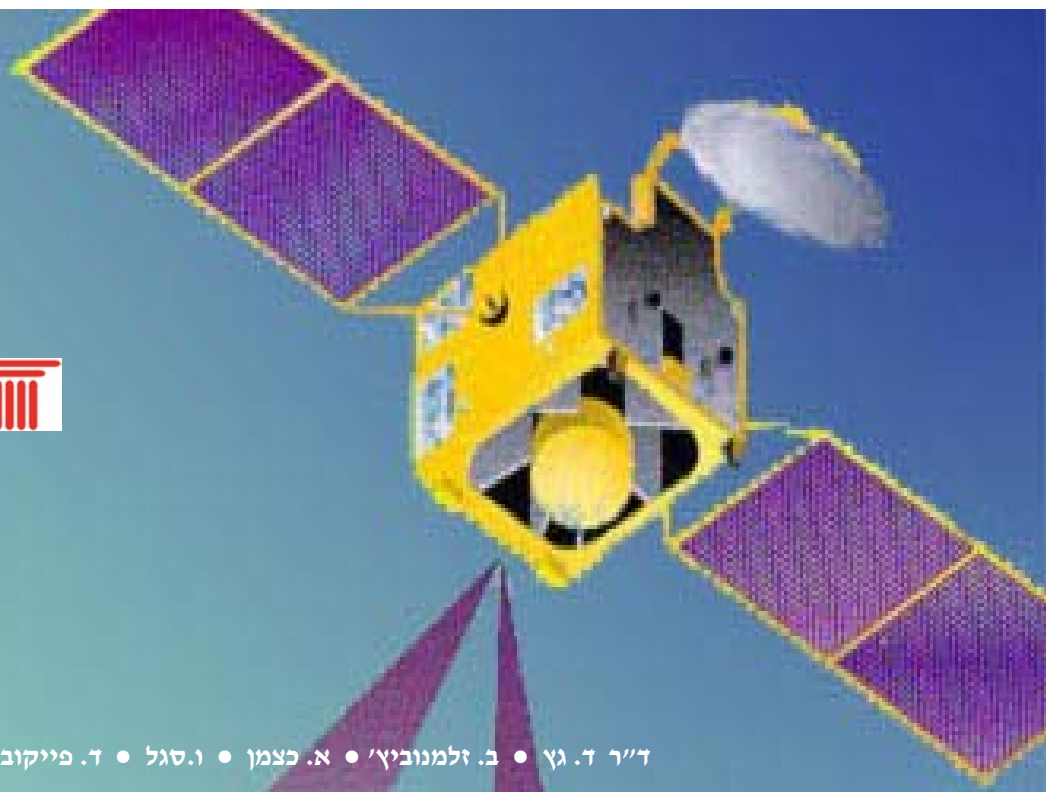
שיתופי פעולה מחקריים: כשני שלישים מהפרסומים הישראליים בתחום בשנים 2007-2003 נעשו בשיתוף פעולה עם תריסר מדינות. שיתוף הפעולה הפורה ביותר בחמש השנים האחרונות נעשה עם ארה"ב, שהיתה שותפה לפרסום עשרים אחוז מהמאמרים הישראליים.

תת השטח "הנדסת אוויר-חלל" מוגדר על ידי Thomson ISI כסך כל הפרסומים שהתפרסמו בכתבי העת המובילים בתחום. הרשימה מתעדכנת מדי שנה בהתאם לשינויים בעולם המו"לות (כתבי עת שחדלו להופיע, כתבי עת ששינו שם או תחום התמחות, כתבי עת חדשים ועוד). להלן פירוט כתבי העת המהווים את המקורות לפרסומים שעליהם מתבסס פרק 3 תוך ציון מספר הפרסומים שפורסמו בכל אחד מכתבי העת, פרסומים ישראליים ומכל המדינות, בין השנים 2001-2005 ובין השנים 2003-2007.

טבלה 8: כתבי העת לשטח "הנדסת אוויר חלל" ומספר הפרסומים של ישראל והעולם בשנים 2001-2005 ו-2003-2007

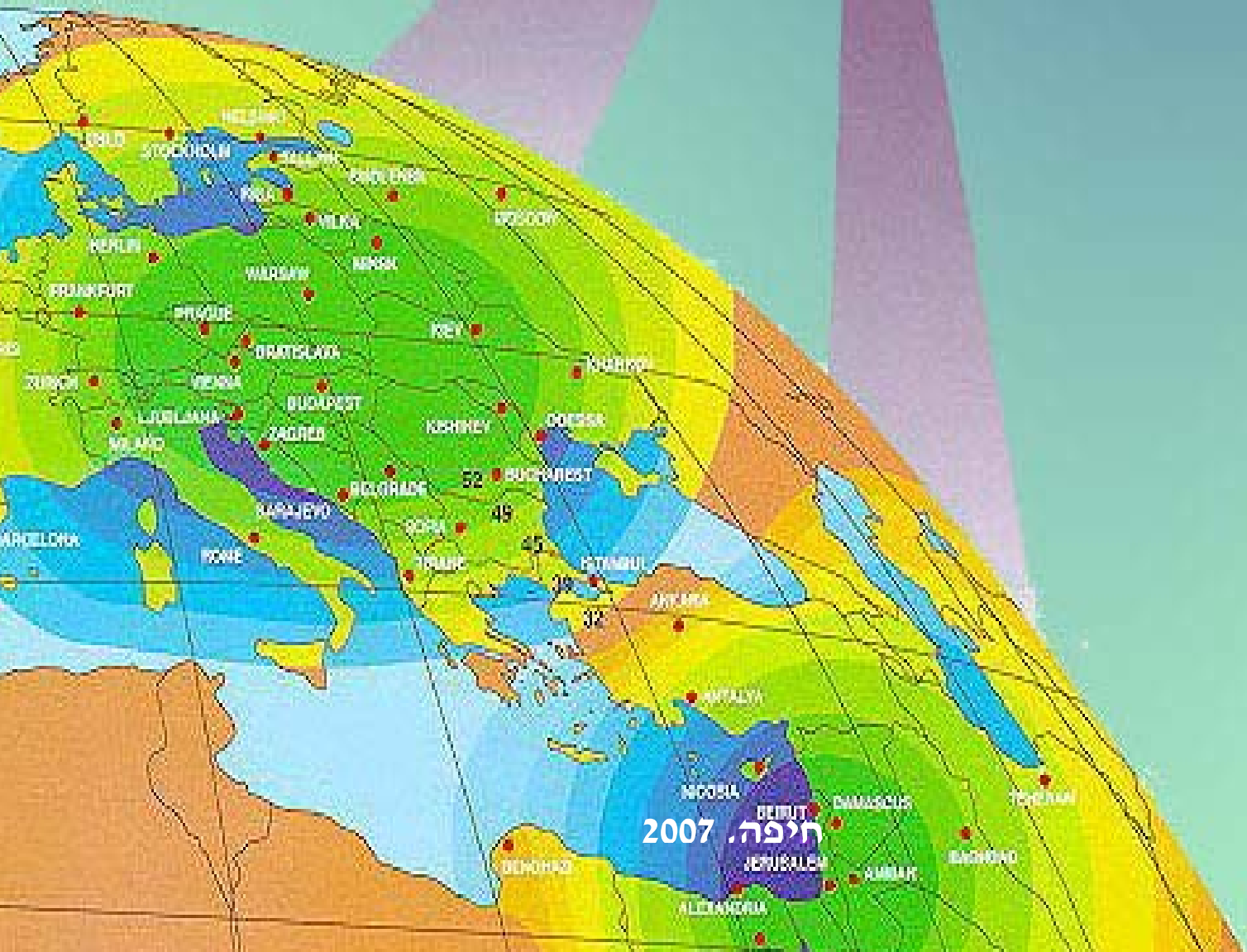
Journal	Israeli Papers 01-05	World Papers 01-05	Israeli Papers 03-07	World Papers 03-07
ACTA Astronautica	7	984	11	1089
Aeronautical Journal	2	324	3	336
Aerospace America		927		886
AIAA Journal	36	1601	36	1621
IEEE Transactions On Aerospace And Electronic Systems	17	619	24	621
IEEE Aerospace And Electronic Systems Magazine		465		460
Journal Of Aerospace Engineering	1	110	1	123
Journal Of Aircraft	30	881	31	1064
Journal Of The American Helicopter Society	8	162	6	167
Journal Of The Astronautical Sciences	1	148	1	129
Journal Of Guidance Control And Dynamics	40	747	40	818
Journal Of Propulsion And Power	10	774	10	743
Journal Of Spacecraft And Rockets	7	678	6	756
Proceedings Of The Institution Of Mechanical Engineers Part G- Journal Of Aerospace Engineering	2	156	5	238
Progress In Aerospace Sciences	2	90	1	71
Transactions Of The Japan Society For Aeronautical And Space Sciences		181		186

על השינויים התכופים בהגדרה של שטחי המחקר על ידי ספקי מאגרי המידע, ניתן ללמוד מרשימת כתבי העת שפורסמו על ידי ISI במהדורות האחרונות של Journal Citation Report. במהדורות אלה מוגדרים בשטח הנדסת אוויר-חלל מספר כתבי עת שלא הופיעו ברשימה הנ"ל. בחישוב מספר הפרסומים הישראליים, שפורסמו בשנים 2001-2005 בכתבי העת המופיעים ברשימה זו מופיעים 201 פרסומים (במקום 163 ברשימת הפרסומים לפיה בוצע המחקר).



ד"ר ד. גץ • ב. זלמנוביץ' • א. כצמן • ו. סגל • ד. פייקובסקי • י. אבן-זוהר

נתונים על תעשיית החלל בארץ ובעולם





תקציר מנהלים

היקף הפעילות של תעשיית החלל העולמית עולה משנה לשנה, והסתכם ב-2005, להערכתנו, בכ-175 מיליארד דולר. סכום זה כולל הכנסות ותקציבים ממשלתיים שאינם נובעים מהזמנות ממשלתיות. רוב ההכנסות הן משירותי לוויין (כ-75.4 מיליארד דולר), ואילו שאר ההכנסות, בשוק הלא ממשלתי, הן מייצור ושיגור לוויינים (3.5 מיליארד דולר), מתחנות וציוד קרקע (25.2 מיליארד דולר) ומשירותים תומכים (1.4 מיליארד דולר). התקציבים הממשלתיים הסתכמו ב-2005 בכ-69 מיליארד דולר (רוב הסכום – 57.2 מיליארד דולר – תקציבי ארה"ב).

ענף שירותי לוויין צמח ב-2005 ב-13 אחוז (בתוך הענף - ההכנסות משירותי הרדיו עלו ב-165 אחוז, מטלוויזיה DTH - ב-14 אחוז, מהשכרת טרנספונדרים – בשמונה אחוז, ובתחום חישה מרחוק - ב-18 אחוז). ענף יצור הלוויינים סגר את שנת 2005 עם צמיחה שלילית של 24 - אחוז, אך יחד עם זאת חל גידול בהכנסות הענף במגזר הפרטי. ענף השיגור רשם גידול של שבעה אחוז, וענף ציוד הקרקע – גידול של 11 אחוז בהיקף הפעילות.

הנושאים העיקריים, שבהם פועלת התעשייה הישראלית בתחום החלל כיום הם: בניית לוויינים, מערכות שליטה ופיקוד קרקעיות ואוויריות, טכנולוגיות צילום מלוויינים ותקשורת. ישראל בונה לווייני תקשורת מסדרת עמוס ולווייני תצפית מסדרות אופק ו-EROS. בגלל המגבלות התקציביות ומגבלות השיגור, אלה לוויינים קטנים יחסית לשאר הלוויינים בעולם, אך בעלי ביצועים גבוהים מאוד. ישנן פריצות של חברות ישראליות לתחום תעשיית החלל לא רק באמצעות שיגור לוויינים. ביניהן - בניית תחנות קרקע לווייניות, ובניית מערכות המאפשרות ראייה מעבר לעננים.

בישראל פועלות כיום כ-20 חברות בתחום החלל. התעשייה האווירית וחברת גילת ממוקמות במקומות ה-32 וה-34 ברשימת חברות החלל המובילות בעולם. החברה המרכזית בישראל שעוסקת בתוכניות החלל היא התעשייה האווירית באמצעות ארבעת המפעלים: מב"ת - חלל (פיתוח לוויינים ואספקת יכולות מבצעיות, כולל תחנות קרקע), תמ"מ (מערכות ניווט ובקרה ללוויינים), מל"מ (פיתח משגר "שביט"), ואלתא (מטעדים). בנוסף לתעשייה האווירית, פועלות בתחום החלל בארץ החברות הבאות: רפ"ל (מספקת גם מנועים ללוויין) ותע"ש (מספקות למפעל מל"מ, המייצר את המשגר "שביט", מנועים למשגר), אל-אופ (מפתחת מצלמות ומטעדים ללווייני תצפית), אלישרא (מערכות תקשורת לוויינים), גילת רשתות לוויין (תחנות לוויין זעירות לתקשורת VSAT). עם הזמן הוקמו שותפויות שונות. חברת ספייסקום (חלל-תקשורת) הוקמה כמיזם משותף של תע"א ומספר חברות נוספות, והיא מספקת שירותי לוויין ללקוחות בארץ ובח"ל. חברת אימג'סאט (ISI) בשליטת תע"א ואלביט מערכות, עוסקת בהפעלת לווייני תצפית ובמכירת שירותי צילומי לוויין. כמה מחברות ההיי-טק, יעוץ טכני, ניהול וכו' מעורבות בתוכניות החלל של ישראל.

דו"ח זה מציג נתונים עיקריים על הפעילות הענפה שקשורה בחלל - בארץ ובעולם - במונחים כמותיים וכספיים, מהיבט מבני (ענפי תעשיית החלל) ועסקי (מידע שיטתי ומגוון על חברות העוסקות בתחום).



תוכן העניינים

25	ראשי תיבות
26	1. מבוא
27	2. מתודולוגיה
28	3. תעשיית החלל העולמית
28	3.1 תשתית החלל
28	3.1.1 לוויינים
29	3.1.2 משגרים ואתרי שיגור
30	3.1.3 תחנות חלל וקרקע, תשתית מוסדית
31	3.1.4 היקפי פעילות
33	3.2 מוצרים ושירותים של תעשיית החלל
33	3.2.1 שירותים מבוססי לוויין
33	3.2.1.1 שירותי תקשורת
35	3.2.1.2 חישה מרחוק, ניווט ושימושים נוספים
36	3.2.2 פעילות מבוססת פלטפורמות ותחבורה
36	3.2.3 היקפי הפעילות
39	4. הערכת היקף הפעילות של תעשיית החלל העולמית
41	5. חברות מובילות בתחום החלל בעולם
43	6. מדינות מובילות בתחום החלל
43	6.1 הוצאות ממשלתיות בתחום החלל
46	6.2 מדינות מובילות
49	7. ישראל בחלל – סקירה כללית
52	8. חברות ישראליות בתחום החלל
52	8.1 התעשייה האווירית
53	8.1.1 תחומי הפעילות
54	8.1.2 המבנה הארגוני
54	8.1.3 חטיבת מערכות טילים וחלל
55	8.1.3.1 מפעל מבי"ת- חלל
55	8.1.3.2 מפעל תמ"מ
55	8.1.3.3 מפעל מלי"מ
56	8.1.4 אלתא מערכות בע"מ
56	8.2 רפא"ל
57	8.3 אל-אופ
59	8.4 אלישרא
59	8.5 גילת
60	8.6 תע"ש



61	8.7 ספייסקום
62	8.8 אימג'סאט
63	9. סיכום
64	10. ביבליוגרפיה
	נספחים.
68	נספח 1: נתונים על חברות מובילות בעולם בתחום החלל
80	נספח 2: נתונים עיקריים על חברות ישראליות הפועלות בתחום החלל

רשימת טבלאות

35	טבלה 1. שימושים עיקריים של לווייני תקשורת
38	טבלה 2. מוצרים ושירותים של תעשיית החלל: מבנה והערכה שלהם (שוק פרטי בלבד)
40	טבלה 3. תחום החלל בעולם: הכנסות ותקציבים
42	טבלה 4. החברות המובילות בעולם בתחום החלל

רשימת איורים

30	איור 1. התפלגות שיגורי לוויינים בין מדינות (%) בשנים 2001-2005
31	איור 2. הכנסות מיצור הלוויינים, מיליארד דולר
32	איור 3. הכנסות משיגור הלוויינים, מיליארד דולר
32	איור 4. הכנסות מתחנות וציוד קרקע, מיליארד דולר
37	איור 5. הכנסות משירותי לוויין עיקריים, מליארד דולר
40	איור 6. תחום החלל בעולם: הכנסות ותקציבים, 2005, מיליארד דולר
44	איור 7. תקציבים ציבוריים של מדינות OECD בתחום החלל, 2000, אחוזים מסה"כ
44	איור 8. תקציבים ציבוריים בתחום החלל ביחס לתמ"ג, 1999, אחוזים
	איור 9. מבנה הוצאות ממשלתיות בתחום החלל האזרחי של ארה"ב, סוכנות החלל האירופית
45	איור 10. תקציב OECD במחקר ופיתוח בתחום החלל האזרחי לפי מדינות, 1999, אחוזים
46	איור 11. תקציבים ממשלתיים למו"פ אזרחי בתחום החלל, 2002, מיליוני דולר PPP
46	איור 12. משקל של תוכניות מו"פ בתחום החלל בסה"כ תקציב ממשלתי למו"פ, 1999, אחוזים
64	איור 13: שוק החלל בארץ: שחקנים ראשיים, קשרים ומוצרים עיקריים



ראשי תיבות

ASPRS	American Society of Photogrammetry and Remote Sensing
BSS	Broadcast service satellites
DARS	Digital audio radio service
DBS	Direct broadcast satellite (services)
DTH	Direct-to-home (TV)
DSN	Deep Space Network
ERMS	Earth Resources Monitoring System
EROS	Earth Remote Observation Satellite / Earth Resources Observation System
ESA	European Space Agency
FAA	Federal Aviation Administration
FSS	Fixed Satellite Services
GEO	Geostationary/Geosynchronous Earth Orbit
GLONASS	Global'naya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema = Global Navigation Satellite System
GPS	Global Positioning System
IAI	Israel Aircraft Industries
IMI	Israel Military Industries Ltd.
IMPS	Improved multi purpose satellite
LEO	Low Earth Orbit (satellite)
MEO	Medium Earth Orbit (satellite)
MSS	Mobile Satellite Services
NASA	National Aeronautics and Space Administration
SAR	Synthetic Aperture Radar
SIA	Satellite Industry Association
UAV	Unmanned Aerial Vehicle
USAT	Ultra Small Aperture Terminal
VSAT	Very Small Aperture Terminal



"חלל הוא ענף לא גדול בכלכלה העולמית המודרנית. אבל בלעדיו - כמו בלי מלח ופלפל באוכל שלנו - עתידנו יהיה מר וכהה. החלל הוא לא גחמה, ואפילו לא שאיפה בסיסית של אדם. הוא הדרך היחידה לזכות בעתיד."¹⁰

A. Azcarraga

1. מבוא

דו"ח זה מציג נתונים עיקריים על הפעילות הענפה שקשורה בחלל - בארץ ובעולם - במונחים כמותיים (מספר לוויינים, שיגורים וכד') ובעיקר - כספיים (מחזורי מכירות, תקציבים ממשלתיים, הוצאות מו"פ), מההיבט של ענפי תעשיית החלל והחברות העוסקות בתחום. זהו דו"ח ביניים המהווה חלק מעבודת מחקר "הערכת ההשפעה של תעשיית החלל על כלכלת ישראל" (הדו"ח הקודם במסגרת המחקר - "מעמדה המחקרי של ישראל בתחומי הנדסת חלל על פי נתונים ביבליומטריים בהשוואה למדינות אחרות" - הוגש במרץ 2007). הנתונים לגבי תעשיית החלל בישראל ובחול"ל ישמשו כבסיס להמשך העבודה.

פעילות משמעותית בחלל החלה לאחר מלחמת העולם השנייה, ונבעה מהתחרות הטכנולוגית בין ארה"ב ובריה"מ במלחמה הקרה. השקעות ממשלתיות השפיעו על המשק בהתחלה בעיקר בדרכים הבאות: השקעות ישירות ואפקט הזליגה לענפי משק שונים, פיתוח טכנולוגיות חדשות, עידוד הפיתוח התעשייתי, הכשרת כוח אדם וכד'.

הפעילות העסקית בחלל התחזקה בסוף שנות ה-80 בעיקר הודות לשתי התפתחויות שחלו בארה"ב: פיתוח וגידול מהיר של שירותים המסופקים ע"י לווייני תקשורת (כולל טלוויזיה לוויינית), והקמת תעשיית שיגורים אזרחית.

אינטרסים ביטחוניים, כלכליים ופוליטיים הביאו לפיתוח מהיר של תעשיית החלל בארה"ב ובמדינות נוספות - בריה"מ, מדינות מערב אירופה ויפן. בהמשך, הצטרפו מדינות נוספות למועדון החלל, וישראל ביניהן. ישראל הייתה המדינה השמינית ששיגרה לוויין לחלל באופן עצמאי (1988) וזכתה להכרה בינלאומית על הישגיה ויכולותיה. בשנות ה-90, החל פיתוח מואץ של תעשיית החלל בהודו, בסין, בברזיל ובמדינות אחרות.

תעשיית החלל היא אחת התעשיות המובילות בכלכלה העולמית מבחינה טכנולוגית, תדמיתית וכו'. תעשיית החלל העולמית איננה גדולה. לפי הערכתנו היקף הפעילות שלה הסתכם ב-2005 בכ-175 מיליארד דולר. התמ"ג של כל המדינות באותה שנה היה כ-44.6 טריליון¹¹, כך, שמשקלה של תעשיית

¹⁰ ציטוט לפי: Paik, H.-Y. (2007)

¹¹ נתון הבנק העולמי: <http://siteresources.worldbank.org/DATASTATISTICS/Resources/GDP.pdf>



החלל הוא בסך הכל כ-0.4 אחוז. למרות המימדים הלא גדולים, תעשיית החלל הינה בעלת חשיבות גדולה ביותר, שכן היא מספקת תשתיות ושירותים, שאין להם תחליף, לצרכים אזרחיים וביטחוניים. רבים רואים את פוטנציאל הצמיחה בתחום החלל ככמעט אינסופי.

הדו"ח הנוכחי כולל שני חלקים. בחלק הראשון מתוארת תמונה כללית של תעשיית החלל העולמית (פרקים 3-6). בפרק השלישי מתואר המבנה הענפי של התעשייה כולל מוצריה ונתונייה. בפרק הרביעי נעשתה הערכה של היקף הפעילות הכולל של תעשיית החלל העולמית. הפרק החמישי מציג את חברות המובילות בעולם בתחום החלל, והפרק השישי את המדינות המובילות בתחום ואת ההוצאות הממשלתיות בהן. החלק השני של הדו"ח מתמקד בנתונים של תעשיית החלל בארץ (פרקים 7-8). בפרק השביעי מתואר מיקומה של ישראל בתחום החלל - בהמשך לפרק הקודם, שדן במיקומן של שאר המדינות, ונערכה בו סקירה כללית של תעשיית החלל בארץ. בפרק השמיני רוכזו נתונים על חברות ישראליות בתחום החלל. הדו"ח כולל שני נספחים המרכזים מידע על חברות בתחום תעשיית החלל בארץ ובעולם.

2. מתודולוגיה

דו"ח זה מבוסס על מחקרים ודו"חות, שפורסמו ע"י מוסדות מחקר וארגונים מובילים בעולם, ועל נתונים שנלקחו ממאמרים בעיתונים מובילים בתחומי הכלכלה והחלל. ריבוי המקורות לאומדנים מספק - אנו מקווים - תמונה מקיפה של התעשייה, אך יחד עם זאת יש לקחת בחשבון שהאומדנים חושבו תחת הנחות מתודולוגיות שונות.

יש לציין שההגדרות המובאות במסמך זה אינן בדרך כלל הגדרות רשמיות, אלא יותר מוסכמות: ההגדרות בספרות ובסטטיסטיקה אינן חד-משמעיות. למשל, השתמשנו בהגדרה המקובלת שגורסת שיש לשייך לתעשיית החלל מוצרים ושירותים שמבוססים ישירות על תשתית החלל. יחד עם זה, קשה מאוד "לחלץ" את מרכיב החלל מסך כל המוצרים והשירותים, וזו אחת הסיבות לשוני בהערכות הניתנות לגבי היקפי הפעילות, במקורות השונים בהם השתמשנו בדו"ח זה.

בעיה מתודולוגית נוספת נעוצה בהבדל בין פעילות ממשלתית לפעילות עסקית. רוב ההוצאות של מדינות בתחום החלל הולך לספקים במגזר העסקי, כך שהכנסות התעשייה והתקציבים הממשלתיים לא רק משלימים זה את זה בתמונה הכוללת של היקפי הפעילות, אלא יכולים גם להופיע פעמיים. הסתמכנו על מקורות נאמנים בספרות כדי להימנע, עד כמה שאפשר, מחישוב כפול.

הנתונים הכספיים בתחומי הייצור המופיעים בדו"ח, כוללים את היצרנים "הסופיים" - קבלנים ראשיים וקבלני משנה ישירים. ההכנסות של קבלני משנה, שהינם רחוקים יותר מהמוצר הסופי בשרשרת הייצור, לא נכללו.



3. תעשיית החלל העולמית

3.1 תשתית החלל

תשתית החלל, לפי הגדרה מקובלת, מורכבת מלוויינים, משגרים, תחנות קרקע, תחנת חלל וציוד אחר בחלל ובקרקע, שמאפשרים אספקה של מוצרים ושירותים של תעשיית החלל ללקוחות. פעילות בתחום תשתית החלל כוללת פיתוח, ייצור, שיגור והתקנה של כלים וציוד, וכן שירותים תומכים כגון ביטוח.

3.1.1 לוויינים

נתונים לפי סוגי לוויינים עיקריים:

- **לווייני תקשורת** - משמשים בעיקר לצרכים אזרחיים של העברת תקשורת בין יבשות דרך החלל ללא צורך בכבלים ו/או בקו ראייה בין תחנות קרקע. הלוויין משמש כממסר בין שתי תחנות קרקעיות (או בין תחנה קרקעית ולוויין אחר, במידה והמרחק גדול מאוד). מטעד הלוויין¹² הוא אנטנת מקלט-משדר (מקמ"ש), בעלת טווח "ראייה" רחב עקב גובהה הרב. לפי הנתונים של Analytical Graphics, Inc, ב-2006 היו בחלל 536 לווייני תקשורת, שניים מהם של מדינת ישראל (לווייני עמוס).
- **לווייני חישה מרחוק** – לוויינים אשר מצוידים בחיישנים שמאפשרים לסרוק חלקים מכדור הארץ, ולשלוח את תוצרי הסריקה בחזרה לכדור הארץ. החיישנים יכולים להשתמש במספר טכנולוגיות; לווייני צילום מצוידים במצלמה אלקטרו-אופטית, ושולחים הדמאות של כדור הארץ. במהלך השנים פותחו מצלמות מתוחכמות יותר ויותר בעלות כושר הפרדה גדול יותר. טכנולוגיה חדשנית יותר היא טכנולוגית צילום ה-SAR (Synthetic Aperture Radar), שבמסגרתה מצוידים לוויינים במכשיר מכ"ם המשדר אותות וקולט את האנרגיה שחוזרת מהקרקע. טכנולוגיה זו אינה תלויה ביום, בלילה או בשינויי מזג האוויר (עננות מהווה עדיין מגבלה ללוויינים בעלי מצלמות אלקטרו-אופטיות רגילות), והינה בעלת יתרונות נוספים. קיימים גם חיישנים נוספים ייעודיים לאותות דיגיטליים, למקורות חום וכו'.

לפי American Society of Photogrammetry¹³ and Remote Sensing (ASPRS), ב-2006 היו בחלל 14102 לוויינים אזרחיים ולווייני dual-use, שמספקים תמונות של כדור הארץ

¹² לוויין מורכב מפלטפורמה לוויינית (spacecraft bus) וממטעד (payload). מטעד הוא "מטען הייעודי" של הלוויין, ובאמצעותו מסופקים שירותי התצפית או התקשורת הלווייניים. מטרת הפלטפורמה הלוויינית ל"החזיק" את המטעד במסלול, לספק לו את ההספק החשמלי הנדרש, לשמור על הכוון האנטנות והמצלמות לאזורי השירות המוגדרים, ולהגן על המערכת בפני התנאים הסביבתיים בזמן השיגור ובמסלול.

¹³ פוטוגרמטריה היא שיטה של קביעת אפיונים גאומטריים של אובייקטים לפי התצלומים שלהם.

¹⁴ Stoney, W.E. (2006)



(landimaging satellites), בעלי רזולוציה גבוהה מ-39 מטרים. שתי חברות אמריקאיות מובילות בתחום החישה מרחוק הן DigitalGlobe ו-GeoEye.

- **לווייני ניווט** – רשת של לוויינים שמאפשרת למקלט מתאים לקבוע את מיקומו המדויק על פני כדור הארץ (קו-אורך, קו-רוחב, וקו-גובה) בזמן מסוים באמצעות תקשורת עם מספר לוויינים. המערכת המוכרת ביותר היא GPS (Global Positioning System) האמריקאית. היא כוללת קבוצה של לוויינים, מערכת קרקעית לבקרה ומקלטים המסוגלים לקבל ולעבד את הסיגנלים של הלוויינים. מערכת זו הוקמה במקור לצרכים צבאיים והיא מופעלת ע"י חיל האוויר של ארה"ב. כיום, היא משמשת גם צרכנים אזרחיים לצורך ניווט. מערכות נוספות הן GLONASS (Global Navigation Satellite System) הרוסית ו-Galileo האירופאית, שנמצאת בבנייה.
- **לוויינים למחקר מדעי** – לוויינים למחקר בתחומי אסטרונומיה, מדעי כדור הארץ, פיזיקה סולארית, מדעי החיים וכד'. טלסקופ החלל האבל נמצא על לוויין כזה. כ-100 לווייני מחקר היו בחלל ב-2006¹⁵.

3.1.2 משגרים ואתרי שיגור

הלוויין הראשון - ספוטניק - שוגר בבריה"מ ב-04.10.57. בינואר 1958 ארה"ב שגרה לוויין ראשון לחלל. צרפת שגרה לוויין ראשון לחלל ב-1965, יפן - ב-1970, גם סין - ב-1970, בריטניה - ב-1971, הודו - ב-1980, וישראל - ב-1988.

ב-2005, לפי ה-FAA (Federal Aviation Administration), אורגנו 55 אירועי שיגור ע"י ארה"ב, רוסיה, סין, הודו, יפן וארגונים בינלאומיים. התפלגות שיגורי הלוויינים בשנים 2001-2005 לפי מדינות מיוצגת באיור 1.

המדינות המובילות בתחום השיגור הן רוסיה וארה"ב. רוב השיגורים נערכו באתרים הבאים: באיקונור (קזאחסטאן, הופעל ע"י רוסים), פלסצק (רוסיה) וקורו (גיאנה צרפתית). אתר השיגור בארץ נמצא בבסיס חיל האוויר בפלמחים (ממנו שוגר גם אופק-7 ב-11.06.07).

רוב הלוויינים ב-2005 שוגרו למסלול נמוך (LEO - Low Earth Orbit)¹⁶ - 43 לוויינים¹⁷. 7 לוויינים שוגרו למסלול בגובה בינוני (MEO - Medium Earth Orbit)¹⁸, 22 למסלול גיאוסטציונרי/

¹⁵ AGI Active Satellite Database (2007)

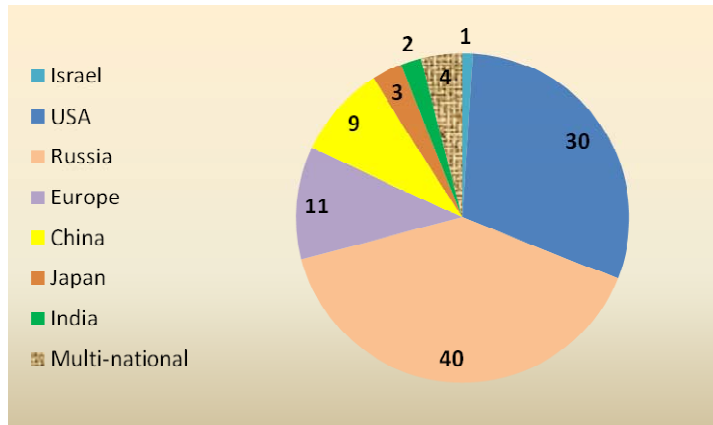
¹⁶ מסלול המקיף את כדה"א בגובה של 1200-150 ק"מ. מכיוון שהלוויינים במסלול זה קרובים לכדה"א, המהירות שלהם צריכה להיות גבוהה מאוד כדי שהם לא יישארו במסלול ולא יימשכו לכדה"א ע"י כוח הכבידה. מהירות לוויינים מסוג זה היא כ-28,000-30,000 קמ"ש. הם מקיפים את כדה"א בערך כל 90-100 דקות. לוויינים לחישה מרחוק לרוב נעים במסלול נמוך, כדי להיות קרובים עד כמה שאפשר לשטח אותו הם סוקרים.

¹⁷ Space Foundation (2006)

גיאוסטיונרונ (GEO – Geostationary/Geosynchronous Earth Orbit)¹⁹, ולוויין אחד (לוויין ריגול אמריקאי) - למסלול אליפטי (Elliptical Orbit)²⁰. שני כלי חלל שוגרו לכוכבי לכת אחרים - למאדים ולונוס (נוגה).

מ-1998 עד 2006 שוגרו כ-750 לוויינים, 66 מהם בשנת 2006, 62 מתוכם שוגרו בהצלחה²¹.

איור 1. התפלגות שיגורי לוויינים בין מדינות (%) בשנים 2001-2005:



מקור: Futron's Electronic Library of Space Activity

3.1.3 תחנות חלל וקרקע, תשתית מוסדית

תחנות קרקע מספקות מערכות פיקוד, בקרה, מעקב וטלמטריה ללוויינים, משגרים וכד'. הן מנוהלות ע"י גופים עסקיים וממשלתיים.

תחנות החלל הן פרי הפיתוח המרשים ביותר בתחום החלל. 16 מדינות (ארה"ב, רוסיה, קנדה, יפן, ברזיל והמדינות החברות בסוכנות החלל האירופית (ESA) השקיעו משאבים מדעיים וטכנולוגיים רבים בתחום זה.

¹⁸ מסלול המקיף את כדה"א בגובה 10,000-20,000 ק"מ. לוויינים במסלול כזה מקיפים את כדה"א כל 4-8 שעות. לווייני ניווט (כגון לווייני GPS) נעים בגבהים אלו.

¹⁹ מסלול המקיף את כדה"א מעל קו-המשווה בגובה קבוע של 36,000 ק"מ. לוויינים במסלול כזה מקיפים את כדה"א כל 24 שעות, ולכן נמצאים בכל עת מעל נקודה ספציפית בכדה"א. לוויינים במסלול כזה יכולים לכסות חלק גדול מהפלנטה – 3 לוויינים מספיקים כדי לכסות את כל כדה"א, מלבד אזורים הקטבים. לאור זאת, במסלול GEO יש בעיקר לווייני תקשורת. כמו כן, ישנם לווייני מזג אוויר.

²⁰ מסלול קוטבי אשר בו הלוויין קרוב יותר לקוטב אחד מאשר לשני. ללוויינים במסלול כזה לוקח בערך 12 שעות להקיף את כדה"א. בגלל סוג המסלול, לוויינים במסלול כזה יכולים להיות בקשר רוב הזמן עם נקודה הקרובה לאחד מהקטבים. שימוש אחד שלהם הוא לצורך תקשורת באזורים הצפוניים והדרומיים של כדה"א (משלימים את ה"חורים" של לווייני ה-GEO). כאלו למשל הם לווייני Molniya ("ברקי") הרוסיים, אשר נעים בין מרחק של כ-1,500 ק"מ בנקודה הקרובה לכדה"א ועד ל-35,000 ק"מ בנקודה הרחוקה.

²¹ Halsband, A. (2007)

מרכיב נוסף של תשתית החלל הוא מערכות שפועלות על הקרקע של כוכבי לכת. על המאדים פועלים משנת 2003 שני רובוטים של NASA (National Aeronautics and Space Administration). הארגון מתכנן הקמת בסיסים בירח.

גופים פיננסיים וחברות השקעות, ביטוח ושיווק, אשר תומכות בפעילות החלל, מהווים תשתית מוסדית של תעשיית החלל. חשיבות קריטית ומיוחדת יש לחברות ביטוח העוסקות בתחום זה.

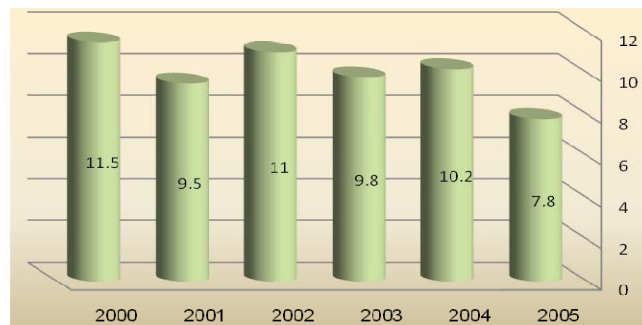
3.1.4 היקפי פעילות

בפרק זה נרכז הערכות להיקפי הפעילות בענפים העיקריים של תשתית החלל, המתייחסות לשנת 2005.

היקף הפעילות של תעשיית יצור הלוויינים - לפי SIA (Satellite Industry Association) - הוא 7.8 מיליארד דולר²². 71 אחוז מסכום זה (5.5 מיליארד דולר) מתייחס ללוויינים שיוצרו לפי הזמנות ממשלתיות, 29 אחוז (2.3 מיליארד דולר) - לשוק הפרטי. פירוט של נתון זה, 2.3 מיליארד - ניתן למצוא בטבלה 3 בפרק 4, "תחום החלל בעולם: הכנסות ותקציבים".

מחזור הפעילות בתחום יצור הלוויינים לא עולה בשנים האחרונות (ראה איור 2). גם כאן וגם בהמשך הדו"ח הכוונה לכל הפעילות - אזרחית וצבאית.

איור 2. הכנסות מיצור הלוויינים, (במיליארד דולר).



מקור: Futron (2006)

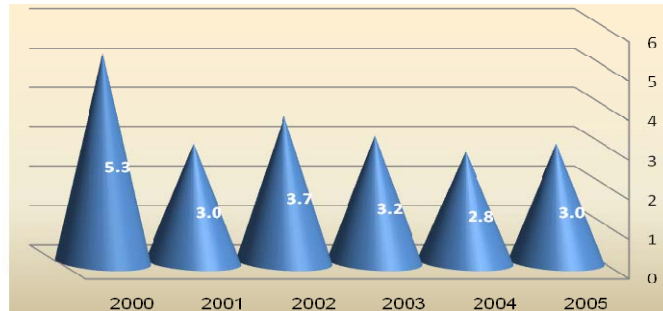
בשנת 2005, יש ירידה של 24 אחוז בהכנסות מענף יצור הלוויינים. מספר סיבות גרמו לכך: ירידה בהיקף החוזים עם ממשלות, הוזלה משמעותית של מחירי המטעדים בלוויינים אלה. חלקה של ארה"ב בענף זה הולך ופוחת עם השנים (מ-51 אחוז ב-2000 עד 41 אחוז ב-2005). כאמור, 71 אחוז מהכנסות הענף הגיע מגורמים ממשלתיים (שנה קודם לכן השיעור היה 82 אחוז), יחד עם זה, הכנסות הענף במגזר הפרטי גדלו²³.

²² Futron (2006). סכום זה מתייחס לשנה שבה שוגר הלוויין.

²³ שם.

בתחום נוסף, תחום השיגור, היקף השוק העולמי - לפי הערכת SIA - הוא כ-3.0 מיליארד דולר²⁴. לפי ה-FAA²⁵, היקף המכירות במגזר האזרחי הסתכם ב-1.2 מיליארד דולר. גם בענף זה לא חלה צמיחה משמעותית בשנים האחרונות:

איור 3. הכנסות משיגור הלוויינים (במיליארד דולר).

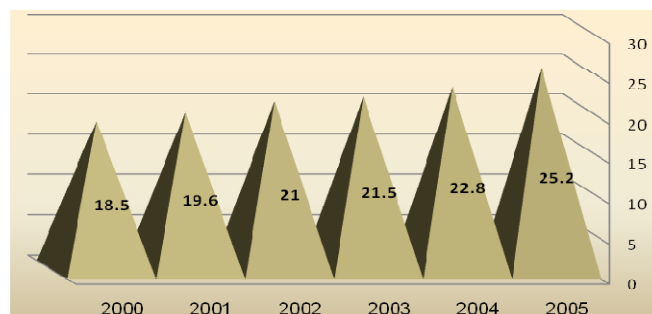


מקור: Futron (2006)

ענף השיגור רשם ב-2005 גידול של שבעה אחוזים גם כאן שיעור המגזר הציבורי הולך ופוחת, והזמנות המגזר הפרטי גדלות: משקלן בהכנסות הענף עלה מ-37 אחוז בשנה הקודמת ל-46 אחוז. גם כאן חלקה של ארה"ב הולך ופוחת²⁶.

ענף שלישי של תשתית החלל - תחנות קרקע. לגביהן לא מצאנו הערכות מוסמכות. האומדן הקרוב ביותר של ה-SIA כולל גם מרכיבי ציוד נוספים. היקף המכירות בתחום ציוד קרקע (שכולל בנוסף למרכיבי תחנות קרקע גם ציוד למשתמשים - כגון VSATs (very small aperture terminal), USATs (ultra small aperture terminal), צלחות קליטת שידורים, טלפונים סלולאריים וציוד לרדיו לווייני. הוא כ-25.2 מיליארד דולר²⁷. הכנסות מתחנות וציוד קרקע רשמו גידול מתמיד בשנים האחרונות:

איור 4. הכנסות מתחנות וציוד קרקע (במיליארד דולר)



מקור: Futron (2006)

²⁴ Futron (2006)

²⁵ Federal Aviation Administration (2006)

²⁶ Futron (2006)

²⁷ ibid



ב-2005 הגידול בהכנסות בענף זה עמד על 11 אחוז. המנוע העיקרי לכך הוא ביקוש הולך וגובר לציוד הטלוויזיה הלוויינית. המחירים לציוד VSAT יורדים, ואילו המחירים לציוד ללקוחות רדיו וטלוויזיה עולים עם כניסתן של טכנולוגיות חדשות.

ההכנסות מביטוח בתחום החלל הסתכמו ב- 0.9 מיליארד דולר²⁸.

היקפו של המחקר והפיתוח הפנימי בתעשיית החלל הוא כ-3.0 מיליארד דולר בשנה. לפי אומדנים שונים, עלות המו"פ במימון לא ממשלתי – במימון עצמי של החברות - היא כ-0.5 מיליארד דולר²⁹.

3.2 מוצרים ושירותים של תעשיית החלל

למוצרים ושירותים של תעשיית החלל אנו משייכים כאן מוצרים ושירותים שמבוססים ישירות על תשתית החלל, מיועדים לתחום החלל או נמצאים באינטראקציה ישירה עם תחום זה.

3.2.1 שירותים מבוססי לוויין

3.2.1.1 שירותי תקשורת

מספר רב, הולך וגדל, של שימושים המבוססים על שימוש בלווייני תקשורת, גרם לענף זה של תעשיית החלל להיות מוביל בהיקפי הפעילות. לווייני תקשורת יכולים לשמש כ"עמודי שדרה" של רשתות תקשורת או להעביר נתונים ישירות ללקוח, שמשמש לצורך קליטתם במכשור ניח (Fixed Satellite Services, or FSS) או נייד (Mobile Satellite Services, or MSS).

רדיו: שימושים עיקריים:

- העברת תוכניות רדיו לשלוחות של הגופים המשדרים או לתחנות (למשל, בארה"ב National Public Radio מעביר את השידורים ליותר מ-400 תחנות קרקע דרך מערכת לוויינית).
 - העברת שידורים ישר למכשירי קליטה ניידים ולכלי רכב באמצעות לווייני (DARS digital audio radio service). הספקיות הן Sirius XM Radio (שתי ספקיות אמריקאיות שהתאחדו לחברה אחת ביולי 2008), ו-1WorldSpace (שמספקת שירות בעיקר למדינות בדרום אפריקה ובמזרח, באסיה ובמזרח התיכון).
- טלוויזיה / וידאו:** שימושים עיקריים:

- טלוויזיה direct-to-home (DTH), או טלוויזיה לוויינית - העברת שידורי טלוויזיה ישירות למקלט הלקוח. לוויינים שמספקים שירות זה נקראים BSS (broadcast service satellites) או DBS (direct broadcast satellites). הלוויינים מעבירים את אותות השידור לאנטנות - צלחות.

²⁸ Bates, J. (2006)

²⁹ Office of the Secretary of Defense (2004)



חברת Yes מפעילה שירות זה בארץ; ספקיות המובילות בעולם הן DirecTV בארה"ב (עם למעלה מ-15 מיליון מנויים), ExpressVu (קנדה), BSkyB (אירופה), SKYPerfecTV (יפן).

- העברת תוכניות טלוויזיה לשלוחות של הגופים המשדרים או לתחנות כבלים (cable head-ends). שירותים אלה (שירותי FSS) ניתן לקבל דרך ליסינג של טראנספונדרים לווייניים.
- איסוף חדשות מניידות והעברתן לגופים המשדרים.
- טלוויזיה סלולארית - העברת שידורים למכשירים ניידים ולכלי רכב. שירות זה, שהתפתח ביפן ובקוריאה, נקרא satellite digital media broadcasting.
- תקשורת וידאו בצבא ארה"ב (שירות משולב GPS).

טלפוניה: שימושים עיקריים:

- מערכות סינוף (trunking) דרך הלוויינים מבצעות, כבר במשך עשרות שנים, העברת שיחות טלפון למרחקים גדולים בצורה יעילה וזולה. רוב השיחות עוברות דרך כבלים (שמאפשרים איכות גבוהה יותר), אבל אזורים ומדינות, שחסרה בהם תשתית כבלי טלפון, מסתמכות על חיבור לווייני.
- שירותים לטלפונים סלולאריים - העברת שיחות, הודעות, נתונים - לצרכים אזרחיים וצבאיים.

תקשורת נתונים: שימושים עיקריים:

- שירותי VSAT (very small aperture terminal) - העברת נתונים, קול וידאו בין מספר בלתי מוגבל של אתרים. דוגמאות: אספקת קשר בין משרד ראשי ומשרדי שדה / סניפים / משאיות, אימות כרטיסי אשראי. מדינות רבות מפתחות מערכות VSAT לאספקת שירותי טלפוניה: דרום אפריקה, אינדונזיה, תאילנד, אתיופיה ואחרות. גילת הינה אחת מהחברות המובילות בעולם בתחום זה.
 - העברת נתונים ישירות ללקוח (בדומה ל-טלוויזיה DTH). ספקי השירות המובילים הם WildBlue ומפעילי VSAT (כמו HughesNet וגילת).
 - אספקה של גישה לאינטרנט באזורים מרוחקים.
 - העברת הודעות (SMS), דואר אלקטרוני וכד' לטלפונים ניידים ולמכשירים אחרים.
 - שימושים אזרחיים וצבאיים ע"י מוסדות מדינה (NASA, למשל, מפעיל רשת Deep Space Network) כדי לקיים קשר דו-סטרי עם חללית).
- בטבלה 1 ריכזנו "שירותי תקשורת מבוססת לוויין" עיקריים.

טבלה 1. שימושים עיקריים של לווייני תקשורת.

שירותי תקשורת ללקוח הסופי שמתמש במכשור נייד (MSS)	שירותי תקשורת ללקוח הסופי שמתמש במכשור נייד (FSS)	תשתיות תקשורת	
רדיו וטלוויזיה למכשירים ניידים ולמטוסים, תקשורת וידאו	העברת תוכניות רדיו לתחנות קרקע, טלוויזיה ורדיו DTH (direct-to-home) או באמצעות תשתית כבלים, טלוויזיה אינטראקטיבית	כבלים ואותות שידור	רדיו וטלוויזיה/ וידאו
טלפוניה סלולארית	שירותי טלפוניה נייד באמצעות לוויין	מערכות סינוף (trunking) בינלאומיות ומקומיות	טלפוניה
העברת מסרונים, דואר אלקטרוני וכד' לטלפונים ניידים ולמכשירים אחרים.	חיבור לאינטרנט פס רחב, רשתות אל-חוט (VSAT)	תשתית אינטרנט פס רחב, רשתות גלובליות אופטיות ואחרות	נתונים

3.2.1.2 חישה מרחוק, ניווט ושימושים נוספים

שימושים עיקריים ללווייני חישה מרחוק:

- איסוף מודיעין צבאי – בעיקר איסוף מידע חזותי (לווייני צילום ו-SAR), אך גם לווייני האזנה אשר מסוגלים לקלוט אותות אלקטרוניים ואותות של מערכות תקשורת.
- התרעה – לוויינים מכילים סנסורים ייעודיים לזיהוי של שיגור טילים או ניסויים גרעיניים, ומסוגלים גם לעקוב אחר מסלול הטיל ולחשב נקודת פגיעה.
- צילום אזרחי – מיפוי, מעקב אחר נדל"ן, מעקב אחר חקלאות, גילוי מחצבים ועוד.
- מעקב וחיזוי מזג אוויר

מערכת הניווט הלווייני GPS (Global Positioning System) החלה את דרכה כבר בשנות ה-50 של המאה הקודמת, אבל במשך שנים רבות הייתה מסובכת לתפעול ומאוד לא מדויקת. בתחילת שנות ה-80 היא הפכה למדויקת ברמה סבירה, וכמה שנים אחר כך החלו יישומים מסחריים שלה, שאפשרו ירידה במחירו של המכשיר. היום אפשר לקנות מכשיר ניווט בפחות מ-50 דולר. שימוש במערכת GPS אינו עולה כסף למשתמש; אפליקציות שונות, שמבוססות על GPS (בטלפונים סלולאריים, במכוניות וכד'), נמכרות בהיקפים הולכים וגדלים.

שימושי הלוויין מתערבבים זה בזה יותר ויותר, וההבדלים ביניהם נמחקים. מגוון התחומים בהם מיושמים שירותי לוויין גדל כל העת. סטנדרטים חדשים וציוד חדש מרחיבים את השירותים למשתמש הביתי. שרותי פס רחב הולכים ומתרחבים. ב-2005 פותח תחום חדש לחלוטין - גאו-אינפורמטיקה - קישור, ניתוח ועיבוד מידע אוטומטי מתצלומי לוויין ונתוני GPS, אשר מאפשרים מתן מגוון של שירותי מידע, ניווט, ותקשורת חדשניים. לדוגמה, חקלאות מתוחכמת המבוססת על ניתוח



מצב היבולים על פי חתימתם הספקטארלית בצילומי לוויין, והפנייה אוטומטית של משאבים מתאימים (כגון השקיה במידת הצורך).

3.2.2 פעילות מבוססת פלטפורמות ותחבורה

פעילות מבוססת פלטפורמות כוללת מדע ומחקר, אירוח תיירים בתחנות החלל, ופעילות אחרת בחלל - בתחנות החלל, בלוויינים, במעבורות חלל וכד'.

פעילות מבוססת תחבורה בחלל כוללת מחקר, הגנה נגד טילים, תיירות חלל וכו'. תעשיית שירותי תיירות החלל פועלת אמנם רק בנפח של כמה עשרות מיליוני דולרים בשנה, אך כבר צופים התרחבות מסיבית עם כניסתן של מספר חברות לתחום. לחברת Virgin Galactic של ריצ'רד ברנסון יש כבר יותר מ-150 לקוחות אשר (נכון לסוף 2005) הפקידו 200,000 דולר על חשבון טיסה קצרה בחלל. נמלי חלל מתוכננים ע"י חברת Space Adventures בסינגפור ובאיחוד האמירויות, ויש מיזמים דומים בארה"ב. תעשייה חדשה זו תופסת תשומת לב רבה בעקבות סקר שהתפרסם במסגרת "וועידת העתיד של CNN", שלפיו 80 אחוז מהנשאלים היו רוצים לטוס לחלל למרות הסיכונים. בשוק יש כבר שבע-שמונה חברות המבטיחות להטיס אזרחים לחלל. בתיירות העתידנית מובילים הרוסים, שגובים 20 מיליון דולר ממי שרוצה לבלות על תחנת החלל שלהם.

3.2.3 היקפי הפעילות

קיימות הערכות שונות לגבי היקפי הפעילות בתחום החלל. הן מתייחסות, בדרך כלל, לא לסוג מסוים של פעילות (כמו למשל, מערכות סינוף בטלפוניה (trunking)), אלא לקבוצות שמאחדות סוגים שונים של פעילויות, בעלות מכנה משותף כלשהו. הרכב הקבוצות הללו שונה במקורות שונים, לפיכך - כדי להימנע מחשבון כפול ולהבטיח אחידות מתודולוגית - בחרנו להשתמש בעיקר במקור אחד SIA, שמספק אומדנים על מגוון רחב של סוגי הפעילות בחלל. נתונים על היקפי הפעילות כאן מתייחסים לשנת 2005.

שירותי לוויין:

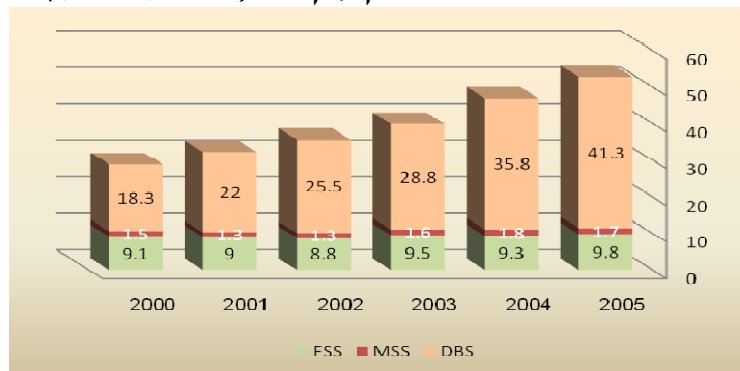
- **שירותי תקשורת ללקוח שמשמש במכשור נייד (FSS):** הכנסות ממערכות סינוף (trunking) בטלפוניה בינלאומיות ומקומיות, מהשכרת טרנספונדרים לשידור ולטלוויזיה בכבלים, מ-VSAT וסוגים שונים של תקשורת נתונים, ומשירותי חישה מרחוק - הסתכמו ב-2005, לפי הערכת SIA, ב-9.8 מיליארד דולר³⁰ (לפי הערכת Euroconsult - ב-7.0 מיליארד דולר)³¹.

³⁰ Futron (2006)

³¹ Analysis of the major events...(2006)

- **שירותי תקשורת ללקוח שמשמש במכשור נייד (MSS):** הכנסות מאספקת שירותי טלפוניה ותקשורת נתונים ללקוחות המשתמשים לצורך הקליטה במכשירים ניידים - הסתכמו, לפי הערכת SIA, ב-1.7 מיליארד דולר³² (לפי הערכת Northern Sky - 1.8 מיליארד דולר)³³.
 - **טלוויזיה DHT (direct-to-home) או DBS** - הוא הענף בעל היקף הפעילות הגבוה ביותר. לפי הערכת SIA, הכנסות הענף הסתכמו ב-41.3 מיליארדי דולר³⁴. הערכה אחרת נותנת מספר אחר - 46 מיליארד דולר³⁵, וחוקרים רבים מעדיפים אותה. מטעמי אחידות מתודולוגית בחרנו גם במקרה זה להיצמד לנתוני SIA. מספר המנויים של טלוויזיה DHT בעולם, לפי SIA, היה ב-2005 כ-80 מיליון.
 - **רדיו לווייני:** הכנסות הפירמות שמרכזות פעילות בתחום זה הסתכמו ב-0.8 מיליארד דולר³⁶.
- איור 5 מציג נתונים על גידול בהכנסות משירותי הלוויין.

איור 5. הכנסות משירותי לוויין עיקריים (במיליארדי דולר).



מקור: Futron (2006)

שירותי הלוויין צמחו ב-2005 ב-13 אחוז - יותר מכל ענף אחר בתעשיית החלל. בתוך שירותי הלוויין - הכנסות בתחום החישה מרחוק צמחו ב-18 אחוז, הודות לחוזים חדשים וקיימים עם גורמי צבא ומודיעין מצד אחד, ולהרחבת השוק האזרחי של תצלומי לוויין, הכולל גם שירותי מיפוי on-line, מצד שני. הכנסות מטלוויזיה DTH/DBS עלו ב-14 אחוז, והכנסות מהשכרת טרנספונדרים בשמונה אחוזים³⁷.

ניווט: לפי הערכת BI Research, היקף השוק העולמי של טכנולוגיות ניווט מבוססות לוויין הוא 21.8 מיליארד דולר. מדובר בעיקר בטכנולוגיות, הקשורות ב-GPS.

³² Futron (2006)

³³ Haskell, E. (2006)

³⁴ Futron (2006)

³⁵ DTH Pay-TV Revenues Growing Faster Than Subscribers. (2006)

³⁶ XM Satellite Radio ... (2006). SIRIUS Satellite Radio Reports ... (2006). Worldspace, Inc. (2006).

³⁷ Futron (2006)

פעילות בחלל:

• **פעילות מבוססת פלטפורמות:** פעילויות מדע ומחקר מתבצעות בעיקר ע"י סוכנויות חלל בינלאומיות, ובתקציבים של הסוכנויות נדון בהמשך בפרק 4. לגבי הכנסות מאירוח - הן הסתכמו ב-20 מיליון דולר ששילם גרג אולסן עבור בילוי בתחנת חלל.

• **פעילות מבוססת תחבורה:** הכנסותיה הסתכמו ב-14 מיליון דולר שקיבלה Virgin Galactic מאנשים שנרשמו לטיסה³⁸. יחד עם 20 מיליון דולר הנ"ל זה יוצא 34 מיליון דולר = 0.034 מיליארד דולר (כשמודדים במיליארדים) בתחום התיירות. שאר הפעילויות - מחקר, הגנה נגד טילים וכד' - ממומנות בעיקר ע"י תקציבים ממשלתיים (הוצאות NASA על מעבורת, תחנת החלל ומערכות חלל אחרות הסתכמו בכ-9.4 מיליארד דולר, ותקציב סוכנות ההגנה נגד טילים של ארה"ב בשנת הכספים 2005 היה 9.0 מיליארד דולר³⁹).

כפי שצינו, הערכות לגבי היקפי הפעילות אינן מתייחסות בדרך כלל לסוג מסוים של פעילות, אלא לקבוצות שמאחדות מספר פעילויות. טבלה 2 מציגה את הרכב הקבוצות ואת התפלגותם של שירותי רדיו, טלוויזיה, טלפוניה וכו' בין הקבוצות הללו.

טבלה 2. מוצרים ושירותים של תעשיית החלל: מבנה והערכה שלהם (שוק פרטי בלבד).

תחבורת חלל ותירות	שירותי לוויין					
	ניוט	רדיו לווייני	טלוויזיה DTH (direct-to-home)	שירותי תקשורת נייד למשתמש הסופי (MSS)	שירותי תקשורת נייד למשתמש הסופי (FSS)	
		העברת שידורים למכשירי קליטה ניידים				רדיו
			טלוויזיה לוויינית DTH	טלוויזיה סולארית	ליסינג טרנספונדרים	טלוויזיה
				טלפוניה סולארית	מערכות סינוף (trunking)	טלפוניה
				תקשורת נתונים למשתמשים במכשור נייד לצורך הקליטה	VSAT וסוגים שונים של תקשורת נתונים למשתמשים במכשור לא נייד	תקשורת נתונים
תחבורת חלל ותירות					שירותי חישה מרחוק	שירותים אחרים
0.8	21.8	0.8	41.3	1.7	9.8	מכירות (במיליארדי דולר)

³⁸ Evans, M. (2006)

³⁹ NASA (2005)



4. הערכת היקף הפעילות של תעשיית החלל העולמית

הערכות היקפי הפעילות, שהבאנו בפרקים הקודמים של הדו"ח, אינן כוללות בדרך כלל את מכירותיה של תעשיית החלל לממשלות. כדי להשלים את ההערכה הכוללת של היקף הפעילות יש להכניס לתמונה גם תקציבים ממשלתיים (צבאיים ואזרחיים) בתחום החלל.

תקציב החלל של ארה"ב הוא הגדול בעולם. תקציב NASA לשנת הכספים 2006 הוא 16.1 מיליארד דולר⁴⁰. לגבי משרדים שונים וסוכנויות ממשלתיות אחרות בארה"ב - לא תמיד ניתן ליחס תקציבים לתחום החלל באופן חד משמעי. הערכה כוללת של תקציב החלל של ארה"ב - 57.2 מיליארד דולר⁴¹.

תקציב סוכנות החלל האירופית ESA הוא כ-3.7 מיליארד דולר⁴² (2006), והיפנית - 2.5 מיליארד דולר⁴³ (2004). תקציבי סוכנויות החלל של מדינות אחרות (רוסיה, צרפת, הודו, סין, איטליה, גרמניה, קנדה ובריטניה) מסתכמים בסך הכל בכ-3.6 מיליארד דולר. מדובר בעיקרון על תקציבים אזרחיים, אם כי לא תמיד אפשר להיות בטוח שזה אכן כך, וגם הסכומים הרשמיים לא תמיד נראים ריאליים (סין, למשל, מדווחת על תקציב של 0.5 מיליארד דולר, ומומחים רבים סבורים שהמספר האמיתי גבוה בהרבה). תקציבים צבאיים בעולם (ללא ארה"ב) הסתכמו ב-2004 ב-2.3 מיליארד דולר⁴⁴. ההערכה מתייחסת למדינות הבאות: בריטניה, צרפת, רוסיה, גרמניה, בלגיה, ספרד, איטליה וישראל. תקציב החלל של סין (0.5 מיליארד דולר, כאמור, כולל מגזרים אזרחיים וצבאיים כאחד). סך הכל תקציבי החלל ללא ארה"ב (אזרחיים וביטחוניים יחד) - 12.1 מיליארד דולר.

טבלה 3 ואיור 6, המבוססים על נתונים שהבאנו בפרק זה ובפרקים 3.1.4 ו-3.2.3, מציגים את המרכיבים העיקריים של פעילות החלל בעולם. כל הנתונים הינם הערכות ואומדנים. בתחומי הייצור הנתונים כוללים את היצרנים "הסופיים" - הקבלנים הראשיים, וגם קבלני משנה ישירים. הכנסות של קבלני משנה הרחוקים יותר מהמוצר הסופי בשרשרת הייצור - לא נכללו. חסרים גם נתונים על תקציבים של מדינות עם היקף פעילות קטן בתחום החלל, וכן הכנסות של פירמות בענפי שיווק, פיננסים, יחסי ציבור וכד' מפעילותן הקשורה לחלל.

כפי שניתן לראות בטבלה, המחזור הכולל של תעשיית החלל העולמית בשנת 2005 - על סמך האומדנים שבחרנו - הסתכם בכ-175 מיליארד דולר.

⁴⁰ NASA (2005)

⁴¹ Space Foundation (2006)

⁴² ESA (2006)

⁴³ Kallender, P. (2004)

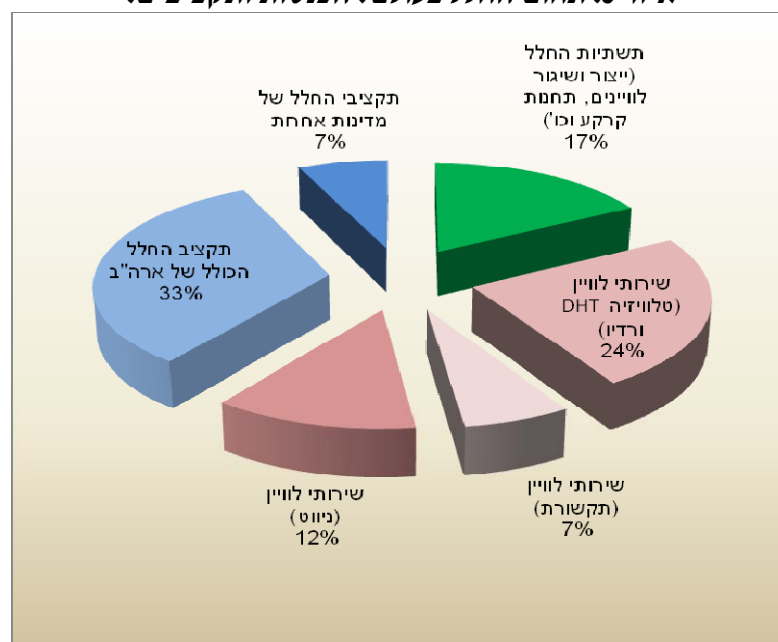
⁴⁴ Boehinger, S (2006)

טבלה 3. תחום החלל בעולם: הכנסות ותקציבים (מיליארדי דולרים).

פרקים רלוונטיים בדו"ח זה	אחוז מסה"כ	הכנסות, שאינן נובעות מהזמנות ממשלתיות, ותקציבים משלתיים, מיליארדי דולר, הערכה	
3.1	17.2	30.1	תשתיות החלל ושירותים תומכים
3.1.1 3.1.4	1.3	2.3	יצור הלוויינים
3.1.2 3.1.4	0.7	1.2	שיגור
3.1.3 3.1.4	14.4	25.2	תחנות קרקע וציוד למשתמשים
3.1.3 3.1.4	0.5	0.9	ביטוח
3.1.3 3.1.4	0.3	0.5	מחקר ופיתוח פנימי
3.2.1 3.2.3	43.1	75.4	שירותי לוויין
3.2.1.1 3.2.3	0.5	0.8	רדיו לווייני
3.2.1.1 3.2.3	23.6	41.3	טלוויזיה DTH (direct-to-home)
3.2.1.1 3.2.3	5.6	9.8	שירות תקשורת נייד (FSS)
3.2.1.1 3.2.3	1.0	1.7	שירות תקשורת נייד (MSS)
3.2.1.2 3.2.3	12.5	21.8	ניווט
4	39.6	69.3	תקציבים ממשלתיים
4	32.7	57.2	ארה"ב
4	6.9	12.1	מדינות אחרות
Σ	100.0	174.8	סה"כ

הערה: ההכנסות מתייחסות לשנת 2005, התקציבים מתייחסים ל-2004, 2005, או 2006.

איור 6. תחום החלל בעולם: הכנסות ותקציבים.





5. חברות מובילות בתחום החלל בעולם

רוב החברות המובילות בתחום החלל נמצאות בארה"ב, באיחוד האירופי וברוסיה, כתוצאה משנים של תהליכי קונסולידציה, מיזוג והתאמת ההיצע לביקושים של השוק הפרטי והציבורי. חברות רבות נולדו מתוכניות מחקר במימון ממשלתי. רוב החברות הן:

- גופים ממשלתיים או בין-ממשלתיים שעברו הפרטה – למשל Intelsat, Eutelsat.
- חברות שנוסדו על בסיס מסחרי, אבל, עם מידה מסוימת של בקרה ממשלתית דרך החזקת הממשלה בחלק מהמניות - למשל, Arianespace, Alenia Spazio, EADS, Khrunichev Energia, International.
- חברות פרטיות, שתלויות במידה רבה בהזמנות ממשלתיות - רוב החברות של חישה מרחוק.

בעשור האחרון העדיפו הממשלות שימוש בחברות מסחריות על פני פיתוח מערכות חדשות שמבוססות על תקצוב ציבורי - Dual use. העדפה זו נראית כסימן של רצון לעודד את המגזר העסקי לפתח מוצרים ושירותים חדשים במימונו. בכל מקרה, בכל ענפי תעשיית החלל, מלבד בענף שירותי תקשורת לוויינית, הממשלה (כלומר גופים ציבוריים אזוריים ומערכות הביטחון) היא עדיין הצרכן העיקרי.

החברה המובילה בעולם בתחום החלל לאורך שנים היא The Boeing Co. מכירותיה בתחום החלל הסתכמו ב-2005 ב-9.1 מיליארד דולר (מתוך מחזור מכירות כולל של 54.8 מיליארד דולר)⁴⁵. החברה, שנוסדה בשנת 1916 בתור "Pacific Aero Products Co.", מעסיקה כיום כ-154,000 אנשים (בכל תחומי פעילותה). תחומי הפעילות העיקריים שלה, שקשורים לחלל, הם: יצור לוויינים ומשגרים, שירותי שיגור, תחנות קרקע, שירותים הנדסיים ותוכנה, הגנה נגד טילים. המכירות שהבאנו כאן אינן כוללות את מכירותיה של United Space Alliance (שבחמישים אחוז ממניותיה מחזיקה חברת Boeing) - חברה שישית ברשימת החברות המובילות בתחום החלל של Space News. חברה זו, שהיקף פעילותה ב-2005 היה כ-2.0 מיליארד דולר, מפעילה את מעבורת החלל של NASA.

החברה השנייה בעולם בתחום החלל שפועלת גם היא לאורך שנים - Lockheed Martin Corp. מכירותיה בתחום החלל הסתכמו ב-2005 ב-9 מיליארד דולר (מתוך 37.2 מיליארד דולר של מחזור מכירות כולל)⁴⁶. החברה מעסיקה כיום בכל תחומי פעילותה כ-140,000 אנשים. בדומה ל-Boeing, היא עוסקת ביצור לוויינים ומשגרים, שירותי שיגור, תחנות קרקע, שירותים הנדסיים ותוכנה, הגנה נגד טילים. כמו Boeing, היא מחזיקה בחצי מהמניות של United Space Alliance.

⁴⁵ Rains, L. (2006)

⁴⁶ ibid



חברה שלישית היא Northrop Grumman Corp. מכירותיה בתחום החלל: 4.9 מיליארד דולר (מתוך 30.7 מיליארד של מחזור מכירות כולל)⁴⁷ ומועסקים בה 122,200 עובדים (בכל התחומים). טבלה 4 מראה את היקף המכירות בתחום החלל ותחומי הפעילות של 20 החברות המובילות בעולם.

טבלה 4. החברות המובילות בעולם בתחום החלל (דרוג לפי היקף מכירות בשנת 2005).

דירוג	חברה	מדינה	מכירות בתחום החלל, 2005 מיליארד דולר	תחומי הפעילות העיקריים בתחום החלל					
				הגנה נגד טילים	יצור לוויינים וכד'	הספקת תצלומים	יצור משגרים ושיגור	שירותי לוויין ותחנות קרקע	שירותי הנדסה ותוכנה
1	The Boeing Co.	ארה"ב	9.1	✓	✓		✓	✓	✓
2	Lockheed Martin Corp.	ארה"ב	9.0	✓	✓		✓	✓	✓
3	Northrop Grumman Corp.	ארה"ב	4.9	✓	✓			✓	✓
4	Raytheon Corp.	ארה"ב	3.9	✓	✓	✓	✓	✓	✓
5	EADS Space	הולנד	3.2	✓	✓	✓	✓	✓	
6	United Space Alliance	ארה"ב	2.0				✓		✓
7	Science Applications International Corp.	ארה"ב	1.9	✓		✓	✓	✓	✓
8	Alcatel-Alenia Space	צרפת-איטליה	1.8		✓			✓	✓
9	Computer Sciences Corp.	ארה"ב	1.4	✓				✓	✓
10	Arianespace SA	צרפת	1.3				✓		
11	ATK	ארה"ב	1.2	✓	✓		✓		
12	L-3 Communications	ארה"ב	1.2	✓	✓		✓	✓	✓
13	ITT Industries Inc.	ארה"ב	1.1		✓			✓	✓
14	Honeywell	ארה"ב	1.0	✓	✓			✓	✓
15	Hughes Network Systems	ארה"ב	0.8					✓	
16	Trimble Navigation Ltd.	ארה"ב	0.8					✓	
17	General Dynamics	ארה"ב	0.7	✓	✓	✓		✓	✓
18	Orbital Sciences Corp.	ארה"ב	0.7	✓	✓		✓	✓	✓
19	United Technologies Corp.	ארה"ב	0.7		✓				
20	Safran (Snecma)	צרפת	0.6	✓	✓				

⁴⁷ Rains, L. (2006)



הטבלה בנספח 1 מציגה נתונים מגוונים על 50 חברות החלל המובילות. הנתונים הפיננסיים בשתי הטבלאות הללו מבוססים על מחקר של ה-Space News⁴⁸. לא נכללו בטבלה שמסכמת את הדו"ח הנ"ל (ובטבלאות המובאות כאן):

- חברות, שאינן מפרסמות נתונים רלוונטיים וסרבו לספק אותם לחוקרים. זוהי הסיבה שכמה ארגונים מרוסיה, סין והודו אינם מופיעים בטבלה.
- חברות שמשכירות טרנספונדרים על לווייני GEO שהן מפעילות.
- חברות שמספקות שירותי טלוויזיה DTH (direct-to-home) ורדיו לבתים ולכלי רכב - חברות כדוגמת DirecTV, EchoStar ואחרות.
- מפעילי שירות תקשורת ניח (FSS).

המפעילים המובילים של FSS הם: SES Global (לוקסמבורג) - מכירות 1.5 מיליארד דולר (2005); Intelsat (ברמודה - ארה"ב) - 1.1 מיליארד דולר; Eutelsat (צרפת) ו-PanAmSat Holding (ארה"ב) - 0.9 מיליארד דולר כל אחד. בשנת 2006 PanAmSat נרכשה ע"י Intelsat, והיום Intelsat החדשה עם יותר מ-50 לוויינים בחלל היא המפעילה המובילה של FSS בעולם.

6. מדינות מובילות בתחום החלל

6.1 הוצאות ממשלתיות בתחום החלל

ממשלות העולם מממנות את תוכניות החלל בהיקפים גדולים. בפרק זה ריכזנו נתונים על הוצאותיהן בתחום זה, על המבנה שלהן במדינות שונות, ועל תקציבי מו"פ אזרחי בתחום החלל. חלק גדול מהנתונים הינם הערכות ולא נתונים רשמיים.

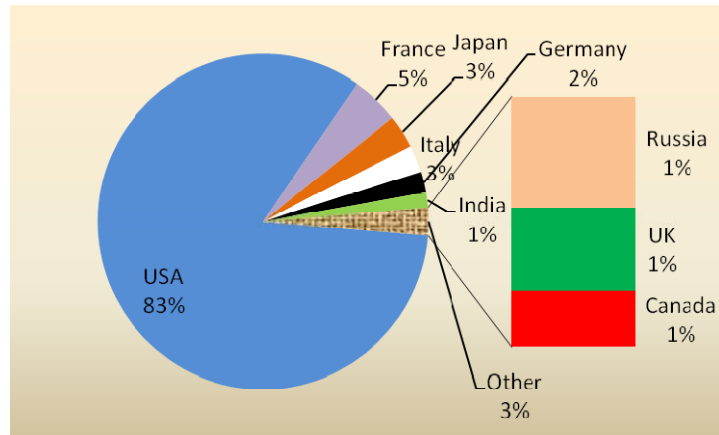
איור 7 מציג תקציבים ציבוריים של מדינות OECD⁴⁹ לשנת 2000 - משקל של כל מדינה בסכום הכולל של התקציבים⁵⁰, ואיור 8 - התקציבים הציבוריים באחוזים מתמ"ג לשנת 1999. מדובר בכל תוכניות החלל - הן אזרחיות והן צבאיות.

⁴⁸ ibid

⁴⁹ OECD (2004)

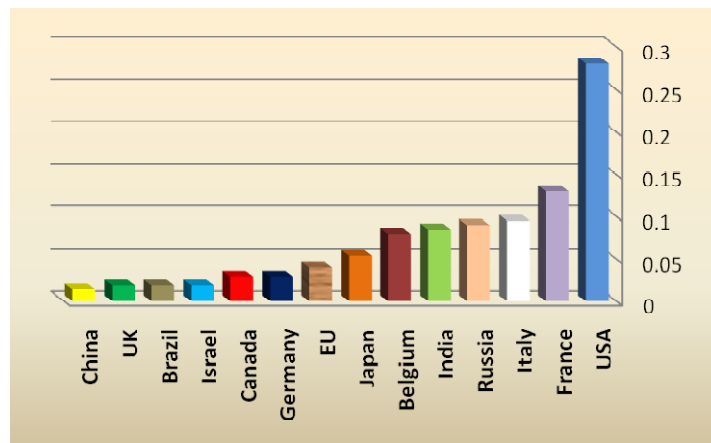
⁵⁰ שהסתכם - לפי הערכה - בכ-34 מיליארד דולר.

איור 7. תקציבים ציבוריים של מדינות OECD בתחום החלל, 2000, אחוזים מסה"כ.



מקור: Euroconsult, 2002

איור 8. תקציבים ציבוריים בתחום החלל ביחס לתמ"ג, 1999, אחוזים.

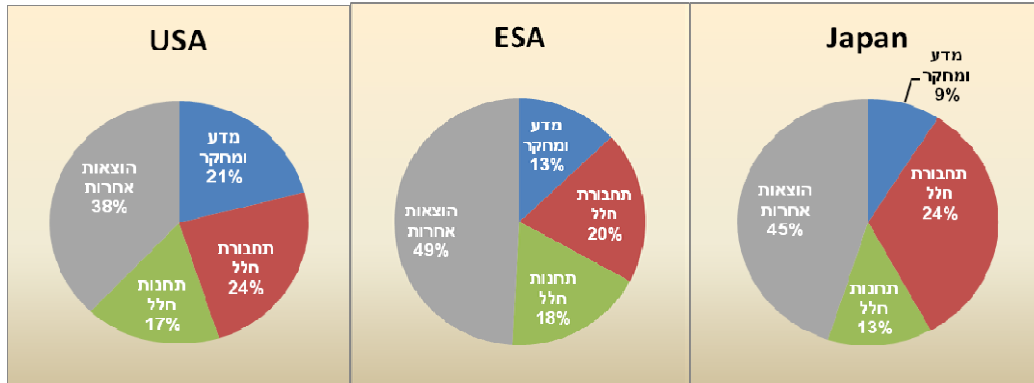


מקור: Euroconsult, 2002

הוצאות ממשלתיות של המעצמות המובילות בתחום החלל האזרחי ב-1999 באחוזים מתמ"ג היו: בארה"ב – 0.15 אחוז, באחד האירופי (במסגרת סוכנות החלל האירופית) – 0.03 אחוז, וביפן 0.05 אחוז⁵¹. מבנה ההוצאות הללו מוצג באיור 9. הוצאות אחרות כוללות הוצאות אדמיניסטרטיביות.

⁵¹ Hertzfeld, H. (2000)

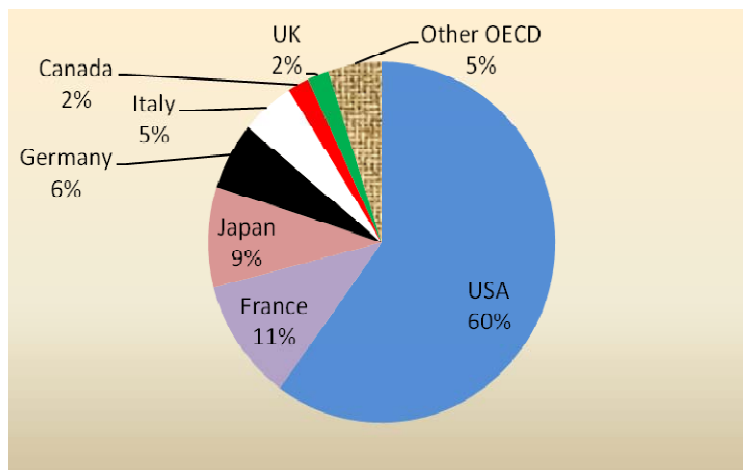
איור 9. מבנה הוצאות ממשלתיות בתחום החלל האזרחי של ארה"ב, סוכנות החלל האירופית ויפן, 1999, אחוזים



מקור: Hertzfeld, H. (2000)

הוצאות ממשלתיות על מחקר ופיתוח בתחום החלל האזרחי ב-1999 הסתכמו במדינות OECD בכ-13 מיליארד דולר⁵². איור 10 מציג את חלוקתן של ההוצאות הללו בין המדינות.

איור 10. תקציב OECD במחקר ופיתוח בתחום החלל האזרחי לפי מדינות, 1999, אחוזים.

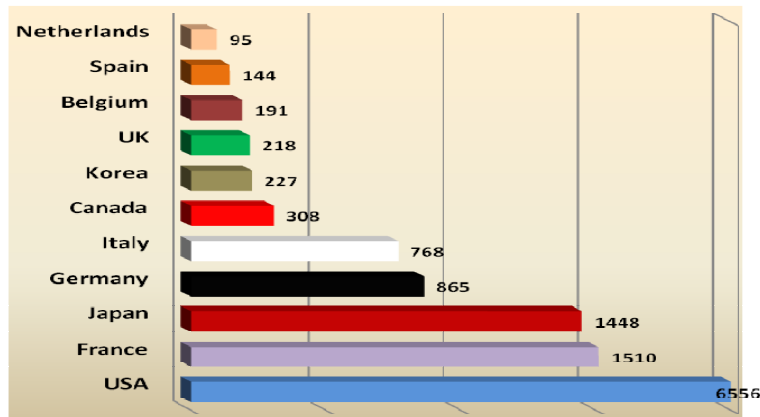


מקור: OECD. Space 2030 - Exploring the Future of Space Application, 2004

ארה"ב מובילה בהוצאות למו"פ אזרחי בתחום החלל גם במונחים מוחלטים - ראה איור 11, וגם במשקלן של תוכניות בתחום החלל בתקציב ממשלתי כולל למו"פ אזרחי - איור 12.

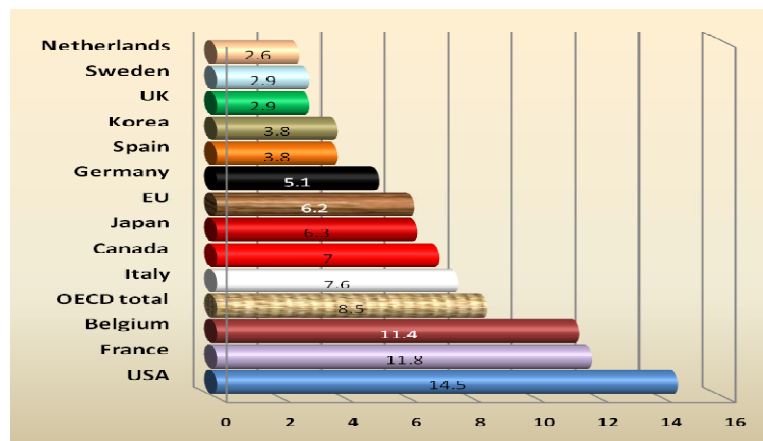
⁵² OECD (2004)

איור 11. תקציבים ממשלתיים למו"פ אזרחי בתחום החלל, 2002, מיליוני דולר PPP⁵³.



הערה: בחלק ממדינות הנתונים הם עבור 2000 ו-2001.
מקור: OECD. Space 2030 - Exploring the Future of Space Application, 2004

איור 12. משקל של תוכניות מו"פ בתחום החלל בסה"כ תקציב ממשלתי למו"פ אזרחי, 1999, אחוזים.



הערה: בחלק ממדינות הנתונים הם עבור 2000 ו-2001.
מקור: OECD. Space 2030 - Exploring the Future of Space Application, 2004

6.2 מדינות מובילות

ארה"ב, שהייתה - יחד עם בריה"מ - חלוצה בחקר החלל בשנות ה-50, נשארת מעצמת החלל המובילה בעולם. בתחילת המרוץ הצמוד לכיבוש החלל הובילה בריה"מ, אבל החל מ-1969, כאשר שני אסטרונאוטים אמריקנים נחתו על הירח, הפכה ארה"ב למובילה במרוץ לחלל. תקציבה של ארה"ב בתחום החלל - הצבאי והאזרחי - הסתכם ב-2005 בכ-57.2 מיליארד דולר (מתוכו - תקציב NASA הוא 16.1 מיליארד דולר)⁵⁴. כ-120 אלף איש (2002) מועסקים בתעשיית החלל האמריקאית⁵⁵. לארה"ב יש בסיס תעשייתי חזק. בולטים בחשיבות ובהיקפים תוכניות מדעיות ואזרחיות של NASA - מעבורת

⁵³ על תיאורית PPP (Purchasing Power Parity) מתבססות לעתים קרובות השוואות בין-לאומיות.

⁵⁴ NASA (2005)

⁵⁵ OECD (2004)



החלל, למשל. התוכנית הצבאית של ארה"ב בחלל היא ללא ספק מהמתקדמת ביותר בעולם כיום. ארה"ב רואה בחלל כלי לשמירת מנהיגותה הכלכלית, הפוליטית והמדעית. האמריקאים יודעים שבכדי להמשיך להוביל את האנושות, הם חייבים להמשיך להוביל את המרוץ לכיבוש החלל. כפי שהראנו קודם, ארה"ב מובילה בכל האינדקס שמוודדים את ההוצאות הציבוריות בתחום החלל. חברות אמריקאיות מובילות את תעשיית החלל העולמית (ראה טבלה 4). הן רכשו יתרון תחרותי גדול (על פני יצרנים מאירופה ומדינות אחרות), כאשר פיתחו טכנולוגיות ומוצרים עבור תוכניות צבאיות של ארה"ב, לפני כניסתן לשוק האזרחי.

בשנות ה-50 בריה"מ פתחה את "עידן החלל". היא הייתה ראשונה בהרבה תחומים. ספוטניק 1, הלוויין הראשון בתולדות האנושות, שוגר ב-4 באוקטובר 1957. לאחר כחודש שוגר ספוטניק 2, ובו הכלבה לייקה. בריה"מ שלחה גם חלליות לא מאוישות ראשונות לירח, למאדים ולנוגה. הקוסמונאוט הראשון, יורי גגארין, היה האדם הראשון בחלל (1961). גם האדם הראשון שריחף מחוץ לחללית היה סובייטי. תחנת החלל הראשונה - מיר - התחילה לפעול ב-1986.⁵⁶ עקב התפרקותה של בריה"מ ב-1991 והמצב הכלכלי הקשה שפקד את הפדרציה הרוסית, הצטמצמו מאוד תקציבי החלל של רוסיה (פי 6 בעשר שנים) והיא ביטלה פרויקטים רבים; אתרי השיגור של בריה"מ "מצאו את עצמם" ברפובליקות סובייטיות לשעבר שהפכו למדינות עצמאיות. יחד עם התייצבות המצב הכלכלי ברוסיה, בתחילת המאה הנוכחית, שוב התחיל לגדול תקציב החלל (בשנים 2003-2004 הוא עלה בכשלושים אחוז). סוכנות החלל הפדראלית, Roskosmos, עברה ארגון מחדש, והתחילה להרחיב את שיתופי הפעולה הבינלאומיים - למשל שת"פ עם הודו בתחום הניווט, שת"פ ארוך-טווח עם ESA, בעיקר בתחום השיגור. תקציב סוכנות החלל הרוסית עומד על כ-700 מיליון דולר.⁵⁷ בתעשיית החלל והטיילים מועסקים כ-250 אלף איש.⁵⁸ לדברי ראש סוכנות החלל, כל רובל שהושקע בתעשייה זו, מביא בסופו של דבר 29 רובלים.⁵⁹ רוסיה מובילה היום בתחומי השיגור ותיירות החלל.

קנדה הייתה המדינה השלישית ששיגרה לוויין לחלל - Alouette 1 ב-1962. קנדה מפתחת לוויינים ומערכות רובוטיקה ליישומי חלל.⁶⁰ קנדה אינה עוסקת בשיגורים לחלל באמצעות משגרים מפיתוח עצמי. הקנדים נהנים משיתוף פעולה הדוק עם ארצות הברית בתחום החלל - בשיגור, מחקר וכד'. אסטרונאוטים קנדים השתתפו במשימות חלל מאוישות רבות, כולם טסו לחלל במעבורות חלל של ארצות הברית. חברת Telesat Canada בנתה מספר לווייני תקשורת. תקציב סוכנות החלל הקנדית הוא כ-0.3 מיליארד דולר. החברה הקנדית הגדולה ביותר בתחום החלל היא MacDonald Dettwiler and Associates Ltd. החברה עוסקת ביצור לוויינים, תחנות קרקע, תצפית כדור הארץ וכו'. עם

⁵⁶ מעטים יודעים שגם היהודי הראשון בחלל היה קוסמונאוט סובייטי. בוריס וולינוב, ואימו - רבקה קאליק - יהודיה לפי ההלכה, טס לחלל בפעם הראשונה ב-1969 כמפקד ספינת החלל "סויוז-5", ושוב - כמפקד "סויוז-21" ב-1976. אז הוא עבד כ-50 יום בתחנת החלל "סאליוט-5".

⁵⁷ RIA Novosti (2006)

⁵⁸ סוכנות החדשות AKC (2006)

⁵⁹ ש.ס.

⁶⁰ בהן - הזרוע המכאנית המותקנת במעבורת החלל האמריקנית, וגרסה מוגדלת ומשוכללת שלה, המותקנת בתחנת החלל הבינלאומית.



מחזור מכירות של 300 מיליון דולר, היא נמצאת במקום ה-31 ברשימת החברות המובילות בתחום החלל⁶¹ (אחריה ברשימה - התעשייה האווירית).

אירופאים (להוציא את הרוסים, כמובן) שיגרו את הלוויין הראשון שלהם ב-1965 (לוויין צרפתי). להבדיל מארה"ב ובריה"מ, המניע העיקרי שלהם בבניית תעשיית החלל לא היה פיתוח אפליקציות צבאיות, אלא - פיתוח מערכות אזרחיות. תוכניות החלל אוחדו עם הקמתה של (ESA European Space Agency) ב-1975. יעדי המדיניות האירופית בתחום החלל הם: עידוד הצמיחה הכלכלית והתחרותיות, התלכדות האיחוד, פיתוח בר קיימא, ביטחון, הקטנת התלות במערכות חלל זרות. ספקים אירופאים מתמחים בנישות בשוק שנשלט בעיקר ע"י אמריקאים. לא רבים מהם מצליחים בארה"ב. הם מסתמכים במידה רבה על השוק הציבורי. הענפים העיקריים של תעשיית החלל האירופית הם תקשורת, תצפית על כדור הארץ ושיגור. החברה האירופית הגדולה ביותר בתחום החלל היא EADS Space מהולנד, העוסקת ביצור לוויינים ומשגרים, תחנות קרקע, שירותי שיגור וצילום, הגנה נגד טילים וכו'. עם מחזור מכירות של 3,198 מיליון דולר (2005), היא נמצאת במקום ה-5 ברשימת החברות המובילות בתחום החלל⁶². חברות גדולות אחרות: Alcatel-Alenia Space, Arianespace SA, Safran (Snecma) (ראה טבלה 4). תעשיית החלל האירופית העסיקה יותר מ-30,000 עובדים ב-2003, והיקף המכירות שלה הסתכם בכ-4.0 מיליארד אירו⁶³. המדינות המובילות בתחום החלל הן צרפת, איטליה, גרמניה ובריטניה. חלקן של 4 המדינות הללו במחזור המכירות של האיחוד הוא כמעט 86 אחוז⁶⁴. תקציב סוכנות החלל האירופית הוא כ-3.7 מיליארד דולר⁶⁵ (2006).

יפן הצטרפה למועדון החלל עם שיגור הלוויין הראשון שלה ב-1970. תקציב סוכנות החלל היפנית - 2.5 מיליארד דולר⁶⁶ (2004). הגבלות על שאיפות צבאיות והיקף קטן של שוק חלל פנימי, אינם מעודדים את תעשיית החלל היפנית. החל משנות ה-50 יפן הייתה בין המדינות המובילות בענפי יצור מכוניות, מחשבים ואלקטרוניקה, אך לא בחלל. תוכניות החלל של יפן התמקדו בתחילה בעיקר במענה לצרכים המיוחדים של המדינה - תקשורת בין האיים, תחזית מזג אוויר, חיזוי אסונות טבע, ולתצפית. הן עזרו גם ליצור ולחזק את מנהיגותה של יפן בתחומים של תקשורת מתקדמת והנדסה. לאחרונה, הושם הדגש גם על צרכי הגנה וביטחון. התחומים שבהם יפנים רשמו הצלחות בולטות: אסטרונאטיקה בקרני X, אינטרפרומטריה⁶⁷, חקר השמש והמגנטוספירה של כדור הארץ, טכנולוגית לווייני התקשורת, תצפיות אקלים על כדור הארץ. החברה היפנית הגדולה ביותר בתחום החלל היא Mitsubishi Heavy Industries Ltd, העוסקת ביצור לוויינים ומשגרים, תחנות קרקע, שירותי שיגור וכו'. עם מחזור

⁶¹ Rains, L. (2006)

⁶² ibid

⁶³ ESA (2005)

⁶⁴ OECD (2004)

⁶⁵ ESA (2006)

⁶⁶ Kallender, P. (2004)

⁶⁷ שיטת מדידה וקביעת מיקומם של גופים נעים, שמבוססת על פיצול חזית גל ואיחודה מחדש תוך ניצול ההתאבכות בין חזיתות הגלים המפוצלות לאחר שהתאחדו.



מכירות של 354 מיליון דולר (2005), היא נמצאת במקום ה-29 ברשימת החברות המובילות בתחום החלל.⁶⁸

סין פיתחה תוכנית חלל משנות ה-60; ב-1970 שיגרה את הלוויין הראשון שלה (ובעקבותיו רבים אחרים). משגרים סיניים הוציאו לחלל לוויינים אמריקאיים בשנות ה-90. ב-1998 Lockheed Martin ו-Hughes הואשמו בהעברת יותר מדי מידע טכנולוגי לסינים, והדבר הביא לאיסור על חברות אמריקניות לשגר לוויינים מסין, ולהידוק הבקרה על יצוא הציוד הרגיש מארה"ב.⁶⁹ תקציב החלל הרשמי של סין הוא כ-0.5 מיליארד דולר (כולל המגזר האזרחי והצבאי יחד), אך מומחים סבורים שהמספר האמיתי גבוה בהרבה. מספר המועסקים בתעשיית החלל הסינית הוא כ-260,000 איש.⁷⁰ בין הישגיה - שיגור הטאיקונאוט לחלל ב-2003.

הודו שיגרה את הלוויין הראשון ב-1980. תוכנית החלל שלה נמצאת בראש סדר העדיפויות הלאומיות. תקציב החלל שלה הוא אומנם לא גבוה (כ-700 מיליון דולר⁷¹), אבל ביחס לתמ"ג הוא משמעותי - כפרומיל אחד (הודו נמצאת במקום ה-5 לפי מדד זה - אחרי ארה"ב, צרפת, איטליה ורוסיה⁷²). יש לקחת בחשבון שהוצאות היצור, ובעיקר שכר העבודה, נמוכות ביחס למדינות המערב, כך שגם בכסף קטן אפשר לעשות הרבה.

7. ישראל בחלל – סקירה כללית

בארץ הוקמה בעשורים האחרונים תעשיית חלל מפותחת. ישראל היא אחת משמונה המדינות בעולם המשגרות לוויינים לחלל. הלוויין הראשון של מדינת ישראל שוגר לחלל ב-1988. תוכנית החלל הישראלית נוצרה בשנות ה-80 בעיקר לצרכי מודיעין צבאי. בשל מגבלות גודל ומשאבים, בחרה ישראל להתמקד בעיקר בשני תחומים של טכנולוגיות החלל: חישה מרחוק ותקשורת. איכות ההון האנושי הגבוהה בישראל, והחתיירה המתמדת להצטיינות בתחומי הביטחון וההגנה, נותנות לישראל יתרון תחרותי בתחום החלל. לצמיחת תעשיית החלל השפעה ברורה וחיובית על הכלכלה. הצמיחה, בכלכלה המודרנית, מסתמכת באופן ניכר על הון אנושי ועל המידה שבה החברה והמשק שלה מבוססים על ידע. טכנולוגית החלל תורמת באופן ישיר למרכיבים אלה ועוזרת לישראל לשמור על המדענים והמהנדסים הטובים ביותר.

את החשיבות המיוחסת בעולם לתחום החלל ניתן לראות מתוך נתוני ההשקעה הכספית העצומה בתחום זה בעולם, שעליה דיברנו בפרקים הקודמים. ההשקעה בישראל בתחום החלל הותנעה בעזרת

⁶⁸ Rains, L. (2006)

⁶⁹ Nardon, L. (2003)

⁷⁰ OECD (2004)

⁷¹ ISRO (2006)

⁷² OECD (2004)



השקעות וחוזים עם גורמי חוץ. יש הערכות שונות לגבי תקציב החלל הממשלתי; על פי מקורות זרים, ישראל משקיעה בין 50 ל-60 מיליון דולר בשנה בתוכנית החלל שלה.⁷³

בישראל פועלות כיום כ-20 חברות בתחום החלל - כל תעשיות הביטחון מעורבות בנושא ברמות שונות, וכן חברות נוספות. התעשייה האווירית וחברת גילת ממוקמות במקומות 32 ו-34 ברשימת חברות החלל המובילות בעולם.⁷⁴ הישגיה הבולטים של ישראל בתחומי טכנולוגיית החלל, חרף ההשקעות הזעומות יחסית לאלה של מדינות אחרות, מצביעים על יתרון יחסי לפחות בחלק מטכנולוגיות אלה.

יש הערכות שונות לגבי היקף המכירות תעשיית החלל בארץ. בשנת 2005 המכירות של התעשייה האווירית לבדה בתחום החלל הסתכמו ב-231 מיליון דולר.⁷⁵ לפי הערכה של זאב רותם מחברת רותם אסטרטגיה, שניתנה בישיבת ועדת הכנסת, מחזור מכירות שנתי של מדינת ישראל בתחום החלל נע בין 500 ל-600 מיליון דולר; מחצית מהסכום הולך לתעשיות הביטחון במונחים של מכירות שנתיות, בערך 40 אחוזים לחברות תקשורת, כמו גילת, ועשרה אחוזים לחברות שירותים כמו אימאגיסאט.⁷⁶ לפי הערכה זו, חלקה של ישראל בהיקף הפעילות של תעשיית החלל העולמית אינו עולה על שליש האחוז - חלק קטן במונחים כספיים - דבר שאינו מוריד מחשיבותו העצומה של תחום החלל לביטחון, לחברה ולכלכלה בארץ. יש הערכה, שלפיה לאורך תוכנית החלל, על כל דולר שהמדינה הוציאה, היא קיבלה בתמורה 1.7 דולר בכספים שנכנסו ממדינות אחרות, בתמורה ללויינים או לתת-מערכות חלל.⁷⁷

נעבור כעת לסקירה כללית של תעשיית החלל בארץ. מפעלים רבים עוסקים בתחום החלל. החברה המרכזית שעוסקת בתוכניות החלל היא **התעשייה האווירית** באמצעות ארבעת המפעלים: **מפעל מב"ת - חלל** עוסק בפיתוח לויינים (לוייני התקשורת מסדרת עמוס, לוייני התצפית מסדרת אופק ו-EROS, ומיקרו לויינים), מבנייתם עד לאינטגרציה מלאה וביצוע בדיקות, ובאספקת יכולות מבצעיות, כולל תחנות עקיבה, שליטה ובקרה, ותחנות קרקע רב-לוייניות לחישה מרחוק. עד כה כל הלויינים שישראל יצרה, למעט לויין הטכניון טכסאט, פותחו ויוצרו במב"ת. **מפעל תמ"מ** מספק מערכות ניווט ובקרה ללויינים. **מפעל מל"מ** פיתח את משגר ה"שביט", אשר מאפשר שיגור של לויינים קטנים ובינוניים. משגר ה"שביט" הינו טיל תלת שלבי. מנועי השלב הראשון והשני מיוצרים ע"י תע"ש, ומנוע השלב השלישי על-ידי רפא"ל. **אלתא** (חברת בת של התעשייה האווירית) מספקת מטעדים (היא מייצרת מגוון מערכות ומוצרים אחרים, בעיקר - מתחום האלקטרוניקה הצבאית, אך מחקר זה מתמקד רק במוצרים עיקריים בתחום החלל). אלתא פיתחה מכ"ם ומייצרת אותו עבור לוייני SAR (Synthetic Aperture Radar) - לוייני מכ"ם המסוגלים לצלם בכל תנאי מזג האוויר.

⁷³ OECD (2004)

⁷⁴ Rains, L. (2006)

⁷⁵ ibid

⁷⁶ פרוטוקול מסי' 19 מיישיבת ועדת המדע והטכנולוגיה של הכנסת, 18 ביולי 2006.

⁷⁷ אשד, ח. (2006)



בנוסף, פועלות היום בתחום החלל החברות הבאות: **תע"ש** מספקת למפעל מל"מ, המייצר את המשגר "שביט", מנועי שלב ראשון ושלב שני למשגר. **רפאל** מספקת מנוע שלב שלישי של המשגר למפעל מל"מ, ומנועי הידרזין ללווייני אופק למפעל מב"ת - חלל. **אל-אופ** מפתחת מצלמות ומטעדים ללווייני תצפית צבאיים ואזרחיים. **אלישרא** מערכות אלקטרוניקה, ותדיראן ספקטראלינק (חברת הבת שלה) מפתחות מערכות תקשורת לוויינים. **גילת רשתות לוויין**, החברה השנייה בגודלה בארץ (אחרי התעשייה האווירית) בתחום החלל, עוסקת בפיתוח, ייצור ושיווק תחנות לוויין זעירות לתקשורת (Very Small Aperture Terminals) VSAT.

שחקנים נוספים במגרש הציוד לחלל הם **אקיוביט**, המפתחת שעונים אטומיים החיוניים ללווייני איכון, **רוקאר** המפתחת מערכות GPS, **ריקור** מקיבוץ עין חרוד, שמקרה שפיתחה הותקן בחללית מרקורי מסגיר של נאס"א (ושומר על כך שחיישני החללית תמיד ימצאו בטמפי של מינוס 200 מעלות צלזיוס, על אף הקרבה לשמש).

עם הזמן הוקמו שותפויות שונות. חברת **ספייסקום** (הידועה גם כחברת חלל או חברת חלל-תקשורת) הוקמה כמיזם משותף של התעשייה האווירית ומספר חברות ישראליות נוספות, והיא מספקת את שירותי הלוויין ללקוחות בארץ (לחברת Yes, למשל) ובחו"ל. חברת **אימג'סאט** (ISI) בשליטת התעשייה האווירית ואלביט מערכות⁷⁸, עוסקת בהפעלת לווייני תצפית ובמכירת שירותי צילומי לוויין.

לאחרונה, הקימו התעשייה האווירית ורפאל חברה משותפת הנקראת **מיקרו-סאט**, שתכליתה להתמחות בפיתוח משותף ובמכירות של מיקרו לוויינים (שמשקלם נע בין 10 ל-120 ק"ג) לצורכי טכנולוגיה, מודיעין ותקשורת. הפרויקט הראשון שבו תעסוק החברה המשותפת, יהיה פרויקט "ונוס" - מיקרו לוויין שיפותח עבור סוכנויות החלל הישראלית והצרפתית.

כמה מחברות ההיי-טק הישראליות מעורבות בתכנון החלל השונות של ישראל, בייצור תת-מערכות ורכיבים, חלקן מספקות תוכנה (למשל, חברת A.L.D. מפתחת תוכנה לבקרת אמינות ובטיחות לתחנות חלל בינלאומיות, למטעדים וכו'), ואחרות מספקות יעוץ טכני, הנדסה וניהול פרויקטים בשוק החלל, כגון: NAR פרויקטים, אופטימום שיטות ופתרונות.

בחלקים הבאים של הדו"ח מפורטים השחקנים העיקריים בשוק החלל בארץ.

טבלה המופיעה בנספח 2 מרכזת את הנתונים העיקריים על החברות הפועלות בתחום החלל בארץ. נתונים אלה ונתונים המופיעים בגוף העבודה נאספו בעיקר מאתרי החברות ואתרי דירוג חברות באינטרנט; הנתונים המספריים מתייחסים לכל פעילותן של החברות ולא רק לפעילותן בתחום החלל.

⁷⁸ אלביט מעורבת בתעשיית החלל גם דרך אל-אופ ואלישרא (אלאופ בבעלות מלאה ואלישרא בבעלות חלקית).



קבוצת חברות נוספת ונפרדת ששווה אזכור היא חברות שירותי לוויין. החברה המובילה כאן היא חברת Yes (שמה הרשמי: די.בי.אס שירותי לוויין (1998) בע"מ)⁷⁹. החברה קונה את שירותי הלוויין מחברת ספייסקום. חברות טלוויזיה בלוויין אינן נכללות בדרך כלל ברשימות החברות של תעשיית החלל. רשימת 50 החברות המובילות בתחום החלל בעולם⁸⁰ מ-Space News (ובעקבותיה גם טבלה 4 וטבלה בנספח 1 בדו"ח זה) אינה כוללת חברות אלה. לכן, לא כללנו את Yes ושאר החברות מקבוצה זו בטבלת החברות הישראליות בתחום החלל בנספח 2. מדובר בחברות הבאות: Belcom, Electrovision, GAL Productions, GSAT, Israsat, J.C.S. Telecommunications, Mazmor Productions, R.C.M.

8. חברות ישראליות בתחום החלל

8.1 התעשייה האווירית

התעשייה האווירית הינה חברה ממשלתית. היא החברה הגדולה בארץ בתחום החלל, ובדירוג דן אנד ברדסטריט של החברות התעשייתיות הגדולות בארץ היא נמצאת במקום ה-5 (בשנת 2008)⁸¹. עם היקף המכירות בתחום החלל של 231 מיליון דולר היא נמצאת במקום ה-32 בדירוג העולמי⁸² של חברות החלל לשנת 2005 (כדי "לשמור על פרופרציה", נציין כי חלקה של תע"א בשוק החלל העולמי הוא כרבע אחוז⁸³). היקף המכירות של תע"א בכל תחומי הפעילות ב-2007 היה 3.3 מיליארד דולר⁸⁴, היקף הייצוא - 2.7 מיליארד דולר, מספר מועסקים - 15,570⁸⁵. לפי הנתונים שפורסמו ביוני 2007⁸⁶, הרווח הנקי ב-2006 הגיע ל-130 מיליון דולר⁸⁷. צבר ההזמנות של התעשייה האווירית הגיע ב-31.12.2006 ל-7.2 מיליארד דולר, לעומת 6.3 מיליארד דולר ב-31.12.2005, גידול של כ-16 אחוז. צבר ההזמנות שקול לכ-2.5 שנות מכירה. ביוני 2007 השלימה החברה הנפקת אג"ח וגייסה מיליארד ש"ח - הנפקת האג"ח הגדולה ביותר בבורסה השנה.

⁷⁹ החברה היחידה בארץ המספקת שידורי טלוויזיה רב-ערוציים למנויים באמצעות לוויין, והיא גם החברה הראשונה שסיפקה שידורים דיגיטאליים ושירותי טלוויזיה אינטראקטיביים. מאז הקמתה צברה החברה מעל 530 אלף לקוחות, המהווים למעלה מ-37% משוק הטלוויזיה הרב ערוצית. היקף פעילותה השנתית של החברה ב-2005 עמד על 1.2 מיליארד ש"ח. היא נמצאת בבעלותן של כמה חברות תקשורת מהמובילות בארץ: קבוצת בזק (49%), יורוקום, פולאר תקשורת, גילת וחברת לידן. חברה מעסיקה כיום כ-1,700 עובדים ומפעילה כ-450 עובדי קבלן.

⁸⁰ Rains, L. (2006)

⁸¹ Dun and Bradstreet (2008).

⁸² Rains, L. (2006).

⁸³ Ibid; Office of Space Commercialization (2004).

⁸⁴ לעומת 2.34 מיליארד דולר בשנת 2005, עליה של כ-20%. מכירות החברה לרבעון הראשון של 2007 הסתכמו ב-828 מיליון דולר.

⁸⁵ Dun and Bradstreet (2008).

⁸⁶ ניסון, י. (2007).

⁸⁷ לעומת 2 מיליון דולר ב-2005. ברבעון הראשון של 2007 רשמה החברה רווח לפני מס בסך 60 מיליון דולר.



תע"א פיתחה מגוון רחב של טכנולוגיות ומוצרים, כגון מערכות C3I, חיישנים, פלטפורמות ומכ"מים, המספקים פתרונות כוללים באוויר, ביבשה, בים, להגנת גבולות, חופים ומתקנים. תע"א זכתה להכרה עולמית כמובילה בפיתוח טכנולוגיות תעופה וחלל בתחום הצבאי (בפרט, לוויינים צבאיים - לווייני מודיעין (צילום, האזנה, התרעה), ניווט ותקשורת) והאזרחי כאחד. הכרה ייחודית זו נשענת על קרוב ליוכל שנים של עבודות תכן וייצור בעבור לקוחות בארץ וברחבי העולם. תע"א עוסקת בתחום החלל משנות ה-80.

8.1.1 תחומי הפעילות

תחום מערכות ומוצרי החלל של תע"א כולל את תתי-התחומים הבאים:

• לוויינים:

- **לווייני תצפית** (התעשייה האווירית מתמחה בתכנון וייצור לווייני תצפית קלי משקל מסדרת אופק ומסדרת EROS - לוויין אופק בתלבושת אזרחית). בשנת 2008 מכסים את פני כדור הארץ חמישה לווייני צילום ישראליים, כאשר אל אופק 5, אופק 7, ארוס A וארוס B הצטרף לוויין נוסף ששוגר בינואר 2008 ממהודו - הלוויין טקסאר, שמצלם את כדור הארץ באמצעות מכ"מ ביום, בלילה ובכל מזג אוויר.
- **לווייני תקשורת** (הלוויינים מסוג "עמוס", הם משפחה של לווייני תקשורת קלים. הם משמשים לתקשורת מקומית ואזורית, ומספקים שירותים מתקדמים של שידור ותקשורת של קול ונתונים. עמוס 1, עמוס 2 ועמוס 3 נמצאים בחלל. עמוס 4 ועמוס 5 נמצאים בפיתוח ובעתיד מתוכננים להיבנות לוויינים תקשורת צבאיים עבור צה"ל).
- **מיקרו לוויינים** (לוויינים במשקל 100-120 ק"ג לשימוש לפי דרישת הלקוחות).

• משגרים.

- **תחנות קרקעיות** (עבור כל סוגי הלוויינים הוקמו תחנות קרקע לפיקוח ושליטה, עיבוד נתונים, עיבוד תמונות ותקשורת. כיום פועלות שלוש תחנות קרקע במרכז החלל של התעשייה האווירית ביהוד).

תע"א עוסקת גם בתחומים נוספים שאינם קשורים לחלל (רק אחוז 9.8 ממכירות תע"א ב-2005 היו בתחום החלל⁸⁸): פיתוח וייצור מטוסים אזרחיים, תחזוקה כוללת והסבה של מטוסים, מערכות מטוסים ללא טייס, מערכות מודיעין, מערכות לחימה בטילי קרקע-קרקע, מערכות ימיות, מערכות יבשה, וביטחון העורף.

⁸⁸ Rains, L. (2006).



8.1.2 המבנה הארגוני

תע"א מורכבת מחמש חטיבות תפעול עצמאיות. שתיים מהן עובדות בתחום החלל :

- חטיבת מערכות טילים וחלל (הנקראת לפעמים "קבוצת אלקטרוניקה") בשלושת מפעליה - מב"ת חלל, תמ"מ, מל"מ היא מפתחת ומייצרת מגוון רחב של מוצרים : מערכות נשק מתקדמות, חלל וטכנולוגיית מידע, לרבות מערכות אלקטרו אופטיות.
- אלתא מערכות מפתחת יכולות מכ"ם, לוחמה אלקטרונית, תקשורת וטכנולוגיית מידע. מוצריה מיועדים למודיעין, סיור ותצפית, התרעה מוקדמת ובקרה, מיגון והגנה, איתור מטרות ובקרת אש.

שלוש החטיבות הנוספות :

חטיבת בדיק מטוסים - מספקת לחברות תעופה והחכרה שירות מלא של תיקון, שיפוץ, השבחה, התאמה, הסבה ותמיכה למטוסים, מנועים ואביזרים. זהו הארגון היחיד בעולם מלבד בואינג, שזכה לאישור מטעם רשות התעופה האמריקנית להסב מטוסי נוסעים למטוסי מטען.

חטיבת כלי טייס צבאיים - מפתחת ומייצרת כלי טייס בלתי מאוישים ; משביחה מטוסי קרב ומסוקים, מתכננת ומייצרת מכלולים למסוקים, רתמות חשמליות וכסאות מפלט.

חטיבת כלי טייס אזרחיים - מפתחת, בודקת, מאשרת ומייצרת כלי טייס אזרחיים ; רכיבים הידראוליים, אלקטרו מכאניים ופנאומטיים ; מערכות דינאמיות ; מכלולים תעופתיים מחומרים מרוכבים, הנתמכים בתהליכי תכנון, הנדסה וייצור מבוססי מחשב. מחלקת רמתא מתכננת ומייצרת רכבי שירות ולחימה, ציוד לאיתור מוקשים, סירות סיור, כלי רכב לא מאוישים ומכלולי מטוסים.

בנוסף לחמש חטיבות התפעול יש גם שתי חטיבות מטה :

חטיבת מהות, המספקת פרסומים טכניים ושירותי הדרכה מותאמים אישית בשפות שונות ; ממך (מרכז מערכות מידע) - מפעילה ומתחזקת תוכנות עבור קשת הפעילויות הרחבה שבהן עוסקת תע"א.

8.1.3 חטיבת מערכות טילים וחלל

חטיבת מערכות הטילים והחלל בתע"א מהווה גורם ראשי בתוכניות החלל הישראליות. המפעלים העיקריים בחטיבה - מב"ת-חלל, תמ"מ ומל"מ על יכולותיהם השונות ועם הטכנולוגיות שברשותם, פעילים כבר שנים רבות בפיתוח ובייצור מוצרים ומערכות בתחום החלל, בעיקר למטרות צבאיות, אף כי בשנים האחרונות חדרו גם לשוק החלל האזרחי.



בזכות המשאבים הניכרים שהושקעו וכוח האדם המיומן, חטיבת מערכות טילים וחלל (או קבוצת אלקטרוניקה) יכולה לתכנן, לפתח ולייצר פלטפורמות חלליות ומערכות משנה המורכבות עליהן.

8.1.3.1 מפעל מב"ת - חלל

מינהל טכנולוגיות חלל (מט"ח) של מפעל מב"ת נבחר ע"י סוכנות החלל הישראלית להיות קבלן ראשי לתכניות החלל הלאומיות של מדינת ישראל. מינהל זה כולל, במסגרת אחת, את כל היכולות ההנדסיות הדרושות לפיתוח לוויינים ולבנייתם, עד לאינטגרציה מלאה וביצוע בדיקות. בנוסף, המינהל מספק יכולות מבצעיות כולל תחנות עקיבה, שליטה ובקרה וכן תחנות קרקע רב-לווייניות לחישה מרחוק.

המינהל אחראי על פיתוח וייצור לוויינים בתעשייה האווירית (עד כה כל הלוויינים שישראל ייצרה, למעט לוויין הטכניון טכסאט פותחו ויוצרו במב"ת). מט"ח גם מפעיל תחנות קליטה של לוויינים, שבאמצעותן הוא שולט על לוויינים.

8.1.3.2 מפעל תמ"מ

המפעל מספק מערכות ניווט ובקרה ללוויינים במסלול הקפה נמוך (Low Earth Orbit (LEO (satellite)- מגנטומטרים, מערכות ייצוב אינרציאליים וכד', מערכות תצפית ומטעדים אלקטרו-אופטיים ואחרים לניווט באוויר, בים, ביבשה, בחלל, וכן מערכות התרעה.

8.1.3.3 מפעל מל"מ

למפעל ניסיון רב בתכנון, פיתוח, הרכבה, ניסוי ותפעול מערכות לחלל עבור תעשיית החלל. מפעל מל"מ פיתח את משגר ה"שביט", אשר מאפשר שיגור בעלות נמוכה ובאמינות גבוהה של לוויינים קטנים ובינוניים (micro/mini satellites) למסלול הקפה נמוך (LEO). המשגר מיועד בעיקר ללווייני אופק; לווייני עמוס ו-EROS משוגרים באמצעות משגר רוסי Start ומשגרים זרים אחרים.

פיתוח ה"שביט" החל ב-1983, ויכולתו המבצעית הוכחה בשלושה שיגורים מוצלחים של לווייני "אופק" ב-1988, 1990, 1995 ו-2007. משגר ה"שביט" הינו טיל תלת שלבי. מנועי השלב הראשון והשני מיוצרים ע"י תע"ש. אלה שני מנועים המונעים בדלק מוצק (Motor AUS-51). מנוע השלב השלישי מיוצר ע"י רפא"ל. לאחרונה, מנסה מל"מ להחדיר את משגר ה"שביט" שלה ודגמים מפותחים יותר לשוק החלל העולמי.



8.1.4 אלתא מערכות בע"מ

החטיבה, שהיא גם חברת בת של התעשייה האווירית⁸⁹, מעסיקה 3,822 אנשים, מחזור המכירות שלה בשנת 2007 היה 924 מיליון דולר, היקף מכירות בחו"ל – 785.4 מיליון⁹⁰.

אלתא מתכננת, מפתחת, מייצרת ומוכרת ללקוחותיה מגוון מערכות ומוצרים, בעיקר מתחום האלקטרוניקה הצבאית. תרומתה העיקרית לתוכנית החלל הינה באספקת מטעדים. בין שאר המוצרים של אלתא - רשת, המושתתת על לוויינים, שמאפשרת תקשורת פס רחב יציבה מעבר לקו האופק (Over-the-Horizon Communications). מכ"ם ללווייני SAR (Synthetic Aperture Radar) - מאפשר צילום בכל תנאי מזג אוויר.

החטיבה פועלת כבית מערכות צבאיות המבוססות על חיישנים אלקטרומגנטיים (מכ"ם, לוחמה אלקטרונית, תקשורת) ועל טכנולוגיות מידע. מוצרי החטיבה מיועדים ומתאימים לכל זרועות הצבא, ובעיקר לצורכי מודיעין, סיור ותצפית, התרעה מוקדמת ובקרה, מיגון והגנה, ובקרת אש.

מוצרי החטיבה כוללים רכיבים ותתי מכלולים, שהם פרי תכנון וייצור עצמי. עובדה זו מאפשרת לאלתא להציע פתרונות כוללים ולמכור מערכות מוצרים המותאמים לדרישות המיוחדות של הלקוחות והמשתמשים, דבר המהווה יתרון תחרותי מול חברות מובילות בעולם. החטיבה מהווה את בית המכ"ם של מדינת ישראל ובתחומי התמחותה מוצריה הם מהמובילים בעולם. לחטיבה מוקדים טכנולוגיים ייחודיים בנושאים שונים ומגוונים, וכן, תשתיות לאומיות ומתקנים ייחודיים ובלעדיים בארץ.

8.2 רפא"ל

רפא"ל - הרשות לפיתוח אמצעי לחימה בע"מ - חברה, שעוסקת בפיתוח וייצור של אמצעי לחימה מתקדמים, לרבות טילים. החברה הוקמה כיחידת סמך (יחידה עצמאית) של משרד הביטחון. ובסוף שנות השמונים הפכה לחברה ממשלתית. בתחילת דרכה עסקה החברה בעיקר במחקר ובפיתוח של אמצעי לחימה, ובמהלך השנים החלה להתמקד גם בייצור עבור השוק הישראלי והשוק הבינלאומי.

רפא"ל היא אחד המעסיקים הגדולים ביותר בצפון הארץ. היא מעסיקה כ- 5,459 עובדים ומספקת עבודה לקבלני משנה הפרושים סביב כל הצפון. היקף המכירות שלה (היקף כולל, לא רק בתחום החלל) ב-2007 היה 1.2 מיליארד דולר.⁹¹ בדירוג החברות הישראליות של דן אנד ברדסטריט לשנת 2008 היא נמצאת במקום ה-14.

89 שתי חברות בת נוספות הן: I.A.I.I. INC בארה"ב ו- E.A.T. EUROPEAN ADVANCED TECHNOLOGIES בבלגיה.

⁹⁰ Dun and Bradstreet (2008).

⁹¹ ibid



משרדי החברה פרוסים במקומות שונים ברחבי-הארץ, ובעיקר בגליל: מכון דוד, ליד חיפה - חטיבות שונות; מכון לשם, בגליל - חטיבת הטילים; יקנעם-RDC- Rafael Development Corporation, חברת-בת להשקעות בחברות הזנק; מתחם שדמה, בנגב - אזור ניסויים; נציגויות שיווק בחו"ל.

רפא"ל מאורגנת בארבע חטיבות:

- חטיבת הטילים - מתכננת, מפתחת ומייצרת מגוון של טילים מונחים, לרבות טילי א"א, אוויר-קרקע וטילי נ"ט, וכן מערכות אלקטרו-אופטיות שונות.
- חטיבת מערכות ותקשוב - מתכננת, מפתחת, מייצרת ומשלבת מערכות אוויר, ים ויבשה מקיפות, הכוללות תקשורת, לוחמה אלקטרונית, אמצעי נגד אלקטרו-אופטיים, פיקוד ושליטה, בקרה וניהול שדה קרב, קישורי נתונים, מערכות הגנה על גבולות וחופים, פתרונות להגנת העורף, מערכות לפריצת שדות מוקשים, מערכות מעקב, ומערכות הדרכה והדמיה.
- חטיבת מערכות חימוש - מתכננת, מפתחת ומייצרת מערכות מיגון ושריון פאסיבי והיקפי, מערכות אקוסטיות, ומערכות הגנה נגד טורפדו.
- חטיבת מנו"ר (מנועים וראשי קרב) - מפתחת מנועי טילים, מערכות הנעה בחלל, ראשי נפץ ופירוטכניקה, התקני פריצה בשלט רחוק ואמצעי הטעייה ימיים חד-פעמיים. מוצרי המפתח של חטיבה זו כוללים מערכות הנעה שנעשה בהן שימוש בלווייני אופק וארוס ובטיל האנטי-בליסטי חץ, ומגוון של פריטי ציוד לפריצת דלתות וקירות.

מחלקת ההנעה של רפא"ל הנה הספקית של מערכות הנעה לפרויקטי החלל של מדינת ישראל. תרומת רפא"ל לפעילות החלל הישראלית מתבטאת בפיתוח וייצור של מנוע שלב שלישי של משגר הלוויינים שביט ללווייני אופק, מנוע דלק מוצק העשוי טיטניום, שמיוצר לפי אחת הטכנולוגיות המתקדמות בעולם. נושא שני הוא מנועים קטנים המופעלים ע"י הידרזין והמשמשים להכוונה מדויקת של הלוויינים. רפא"ל השתלבה בשוק העולמי במספר פרויקטים כמו SLOSHSAT ולוויינים קטנים צרפתיים.

8.3 אל-אופ

חברת אל-אופ תעשיות אלקטרו-אופטיות מקבוצת אלביט מערכות היא חברת האלקטרו אופטיקה הגדולה ביותר במדינת ישראל היום. היא מפתחת ומייצרת סוגים שונים של מערכות בתחום האלקטרו-אופטיקה. 95 אחוז מהמוצרים הם מוצרים ביטחוניים, החל ממשקפות ראיית לילה קטנות, וכלה במצלמות חלל. החברה מעסיקה 1,200 אנשים, ארבעים אחוז מהם - מהנדסים ועובדי מו"פ⁹².

⁹² DunsGuide Israel (2006)



אל-אופ מפתחת מטעדים חזותיים ללווייני תצפית צבאיים ואזרחיים - מטעדי צילום ברזולוציה גבוהה, מטעדים בתחום האינפרא-אדום ומטעדים מולטי-ספקטראליים. לאחרונה נכנסת אל-אופ לתחום המטעדים ההיפר-ספקטראליים, המבוססים על זיהוי אובייקטים באמצעות חתימות התדר שלהם, ובכוונתה לפתח מטעדים המשלבים ראיית יום וראיית לילה, וכן מטעדים עבור מיקרו-לוויינים.

אל-אופ נחשבת אחת ממפתחות ומיצרניות מצלמות החלל המובילות בעולם. פיתוחי אל-אופ כוללים בין היתר את מצלמות החלל הטובות בעולם. מצלמות החלל של אלאופ נמצאות בשני לוויינים אזרחיים ישראליים: ארוס A וארוס B, וכן בשני לווייני המודיעין הישראליים אופק 5 ואופק 7.

יחד עם מדענים מאוניברסיטת תל אביב, פיתחה אל-אופ טלסקופ לתחום האולטרה-סגול TAUVEK (Tel-Aviv University Ultraviolet Explorer). בפעולתו של טלסקופ ה- TAUVEK בחלל, הוא מבצע תצפיות אסטרונומיות מדעיות, בעלות חשיבות רבה להכרת היקום ולהבנת התופעות המתרחשות בו. הוא אמור להיות משוגר בלוויין רוסי במסגרת תכנית רב לאומית לתצפיות אסטרונומיות.

פעילויות אחרות בתחום החלל כוללות פיתוח מצלמות אופק זעירות ביותר ללוויינים קטנים ולמיקרו-לוויינים. לוויין הטכניון Gurwin-2-TechSAT מצויד במצלמה מסוג זה של אל-אופ.

סוכנות החלל הקוריאנית רכשה מצלמה ומטעד הכולל את כל ערוצי השידור והקליטה, וכן אוגר דוחס, לתוכנית שנקראת COMPSAT 2. אל-אופ משתתפת בפרויקט ונוס - פרויקט ראשון מסוגו, בין סוכנות החלל הישראלית ISA וסוכנות החלל הצרפתית CNES. מצלמה שמפתחת אל-אופ תשולב במיקרו לוויין. המצלמה אמורה לאסוף אינפורמציה ספקטראלית ב-12 אורכי גל. הלוויין עצמו הוא גם רדיומטר – נותן אינדיקציה כמותית לקרינה שמגיעה. הלוויין נחשב לאחד מהמתקדמים מסוגו בעולם ואמור לאחר שיגורו לתת אינפורמציה נרחבת ביותר, שקשורה בעיקר לגידולים חקלאיים על פני כדור הארץ. מצלמה תשמש לניטור עולמי של נושאים אקולוגיים, איכות הסביבה, נושאי בטיחות, קידום "חקלאות מדויקת" ואיכות מקורות מים. היא תשמש לניטור הפוריות ומאזן הפחמן של מערכות אקולוגיות וגידולים, כמו גם לניהול אספקת מים לגידולי השקיה. המצלמה מבוססת על קונספט ייחודי של חברת אל-אופ הכולל גלאים סופר-ספקטראליים מתקדמים וחדשניים, בעלי 12 ערוצים בתחומי הספקטרום הנראה והאינפרא האדום הקרוב, המייצרים תמונות ברזולוציה של כ-5.3 מטרים⁹³. מצלמות מולטי-ספקטראלית מאפשרות לראות הרבה יותר פרטים, ויכולות לחוש בקיומו של גז רעיל גם במקום שנראה שקט, שלו ופסטורלי. אל-אופ פיתחה מערכות כאלה גם עבור הלוויינים הצבאיים והאזרחיים הישראליים.

⁹³ בליזובסקי, א. (2007)



כמו כן פיתחה החברה את ERMS – Earth Resources Monitoring System - "מערכת הפיקוח על אוצרות הטבע" - מצלמה זעירה וקלה המיועדת להתקנה במיקרו-לוויינים שמכסה שדה ראייה ברוחב של למעלה מ-100 ק"מ עם כושר הפרדה של 16 מ' מגובה של 400 ק"מ. ERMS היא כלי אידיאלי ליישומי מיפוי ופיקוח רבים.

8.4 אלישרא

חברת אלישרא היא אחת מהיצרניות הגדולות בארץ לציוד ומערכות אלקטרוניות ביטחוניות. אלישרא, ששבעים אחוז ממניותיה מוחזקות ע"י חברת אלביט מערכות⁹⁴, מורכבת משלוש חברות: "אלישרא מערכות אלקטרוניקה בע"מ" (Elisra Electronic Systems Ltd.) ומשתי חברות שבבעלותה המלאה של אלישרא מערכות אלקטרוניקה - "תדיראן מערכות אלקטרוניקה בע"מ" (Tadiran Electronic Systems Ltd.) ו"תדיראן ספקטראלינק בע"מ" (Tadiran Spectralink) Ltd.

אלישרא מעסיקה 1,303 עובדים (נכון לשנת 2007), והיקף המכירות שלה עומד על- 243.5 מיליוני דולר.⁹⁵

אלישרא נכנסה לתחומי הטכנולוגיות המתקדמות של תקשורת לוויינית וסלולארית, עיבוד תמונה, ניטור למטרות ביטחון ועוד. החברה מעורבת בתכניות החלל הלווייניות של ישראל בנושא תקשורת.

בין הישגי אלישרא ניתן למנות: משפחה של מערכות תקשורת להעברת נתונים (אלישרא מערכות אלקטרוניקה ותדיראן ספקטראלינק מפתחות מערכות תקשורת – כל אחת בתחום תדירים אחר), מערכת קרקעית מתקדמת, מערכת תקשורת דו כיוונית, ורכיבי תקשורת שונים.

8.5 גילת

גילת רשתות לוויין בע"מ (Gilat Satellite Networks Ltd) היא החברה השנייה בגודלה בארץ (אחרי התעשייה האווירית) בתחום החלל. עם היקף מכירות של 209 מיליוני דולר (בתחום החלל; מכירותיה מחוץ לתחום זה זניחות) היא נמצאת במקום ה-34 בדירוג העולמי⁹⁶ לשנת 2005 (מכירותיה

⁹⁴ Elbit Systems Ltd. Management's Report For the Year Ended December 31, 2005: <http://www.elbitsystems.com/investors.asp?id=953>

⁹⁵ Dun and Bradstreet (2008).

⁹⁶ Rains, L. (2006).



ב-2006 עלו ל-248.7 מיליון דולר⁹⁷). בדירוג דן אנד ברדסטריט של החברות התעשייתיות הגדולות בארץ לשנת-2008 היא נמצאת במקום ה-56. החברה מעסיקה 970 עובדים בארץ וברחבי העולם⁹⁸.

החברה עוסקת בפיתוח, ייצור ושיווק של תחנות לוויין זעירות לתקשורת – VSAT - Very Small Aperture Terminals. מוצריה נותנים פתרונות תקשורת, אינטרנט והעברת נתונים באמצעות לוויינים. גילת בונה בטכנולוגיית VSAT פלטפורמות להעברת קול, נתונים ווידאו; מאפשרת הקמת תחנות טלפוניה לוויינית באזורים מרוחקים; מספקת לחברות טכנולוגיות IP מתקדמות. גילת הקימה מספר רשתות VSAT-מהגדולות בעולם, ובין לקוחותיה נמצאות חברות תקשורת בכל העולם, שירות הדואר של ארה"ב (US Postal Service) ואחרים. החברה סיפקה יותר מ-600,000 תחנות לוויין זעירות לתקשורת ליותר מ-85 מדינות בששת היבשות⁹⁹.

לגילת יש 3 יחידות עסקיות:

- Gilat Network Systems ("GNS"), המספקת מערכות תקשורת ושרות מקצועי ללקוחותיה.
- Spacenet Inc., חברת בת בצפון אמריקה, המספקת שירותים לצרכנים (שירות StarBand), לעסקים ולממשלות (שירות Connexstar).
- Spacenet Rural Communications, המציעה פתרונות טלפוניה כפרית וגישה לאינטרנט לאזורים מרוחקים באמריקה הלטינית. בנישה זו פועלות שתי חברות-בת: GILAT COLOMBIA S.A., GILAT TO HOME PERU S.A.

8.6 התעשייה הצבאית - תע"ש

התעשייה הצבאית, הידועה בארץ בקיצור תע"ש ובחו"ל בשם Israel Military Industries - IMI, היא היצרן העיקרי של נשק ותחמושת לכוחות היבשה במדינת ישראל, ובתחום החלל היא מייצרת מנועי המשגרים של לוויינים. תע"ש מעסיקה 3,587 אנשים, מחזור המכירות שלה הוא 575 מיליון דולר, היקף מכירות בחו"ל - 322 מיליון. תע"ש נמצאת במקום ה-26 בדירוג דן אנד ברדסטריט לשנת 2008¹⁰⁰.

התעשייה הצבאית היא חברה ממשלתית המורכבת ממספר מפעלים. חטיבת התחמושת היא החטיבה הגדולה ביותר של התעשייה הצבאית, והיא מייצרת החל מתחמושת לנשק קל וכלה בתחמושת

⁹⁷ Dun and Bradstreet (2007).

⁹⁸ Dun and Bradstreet (2008).

⁹⁹ DunsGuide Israel (2007)

¹⁰⁰ Dun and Bradstreet (2008).



לארטיילריה כבדה. בין מוצריה של תע"ש, התמ"ק עוזי, שהינו אחד התמ"קים המוצלחים ביותר בהיסטוריה, רובה הסער גליל, שמבוסס על הקלשניקוב הרוסי, רובה תבור ואקדח "יריחו", שנבחר כאקדח השירות של אנשי המשטרה.

בתחום החלל - התעשייה הצבאית מפתחת ומייצרת מנועים רקטיים גדולים, המונעים בדלק מוצק. באמצעות מפעל המנועים "גבעון", היא אחראית על פיתוח המנועים (שלב 1 ו-2) של משגר הלוויינים הישראלי "שביט" ללווייני אופק.

8.7 ספייסקום

חברת ספייסקום (Spacecom) - Space-Communication Ltd, הידועה גם כחברת חלל או "חברת חלל-תקשורת בע"מ" (לשעבר "חלל לוויינים") עוסקת בשיווק שירותי תקשורת Direct DBS-broadcast satellite services (ע"י הלוויינים עמוס 1 ו-2. החברה הוקמה כמיזם משותף של התעשייה האווירית ומספר חברות ישראליות נוספות (גילת הנדסת תקשורת, שירותי לוויין כלליים (General Satellite Services Company GSSC) וקבוצת מר (Mer Services Group) על מנת לקדם מספר פרויקטים בתחום של שירותי תקשורת לווייניים מוכנים. היום החברה נמצאת בבעלות שווה של ארבע חברות - תע"א, יורוקום החזקות, שירותי לוויין כלליים וקבוצת מר. היקף המכירות שלה ב-2005, לפי דוחותיה, היה 157.3 מיליוני ₪.

על סמך הניסיון הנרחב והידע המוכח של מייסדיה, התמחתה חברת ספייסקום בביצוע פרויקטים מוגמרים (Turnkey) במחיר תחרותי - פרויקטים הכוללים בנייה, הרצה, הפעלה ראשונית ותחזוקה של תחנות קרקע לווייניות עבור מגוון לווייני תקשורת בארץ ובעולם, כגון: עמוס, אינטלסאט, יוטלסאט, פנמסאט, אינטרספוטניק, אסיסאט, ערבסאט, וכו'. פרויקט טיפוסי כולל את חיבור מערכת התקשורת של הלקוח לתחנת קרקע קיימת או לתחנה שנבנתה במיוחד למטרה זו (קבועה או ניידת) תוך הסדרת הקשר אל הלוויין וממנו, והכשרה עבור סגל הלקוח.

היקף השימוש בתקשורת לוויינית בישראל הוא נרחב באופן יחסי לגודל המדינה, אך אין לישראל מספיק נפח פעילות, ולכן יש צורך בגוף שיפעל ברמה הבין לאומית וביצור של בסיס לקוחות בינלאומי. בין לקוחותיה של החברה - חברת Yes בארץ וחברות באירופה¹⁰¹. עמוס-1, לוויין התקשורת הישראלי הראשון, שפותח ונבנה על ידי התעשייה האווירית על בסיס הידע שנצבר בפיתוח לווייני הצילום אופק, בשיתוף פעולה עם החברות DASA הגרמנית ו-Alcatel Espace הצרפתית, ושוגר לחלל בשנת 1996 באמצעות טיל אריאן 4, נתן מענה למגוון רחב של לקוחות בישראל ובח"ל. עמוס 1 משמש בין היתר לצורכי תקשורת טלפונית וקליטה של שידורי טלוויזיה, והוא הלוויין שבאמצעותו מעבירה Yes וחברות אחרות את השידורים ללקוחותיה. Spacecom הצליחה למלא את כל קיבולתו של עמוס-1

¹⁰¹ גם HBO (רשת טלוויזיה בכבלים המובילה בארה"ב) הייתה בין הלקוחות של ספייסקום, אבל ספייסקום לא זכתה בפעם השנייה במכרז לאספקת שירותי לוויין לארה"ב.



ויזמה את עמוס-2, שכיום נמצא בבעלותה המלאה. עמוס-2 משרת לקוחות בשלושה אזורי שירות: ישראל והמזרח התיכון, אירופה, והחוף המזרחי של ארה"ב. שירותי השידור והתקשורת שמעניק הלוויין כוללים: הפצת שידורי טלוויזיה ורדיו ישירות לבתי הצופים/המאזינים, הפצת שידורי טלוויזיה ורדיו למרכזי כבלים, הפצת שירותי אינטרנט, ושידור נתונים לרשתות תקשורת. כתברה המספקת שירות באזור המזרח התיכון, מתחרה חלל תקשורת גם בלוויינים של מדינות ערביות. בעבר היו ניסיונות לשתף עם מדינות ערב פעולה, ואפילו נעשה ניסיון לשתף פעולה עם הרשות הפלסטינאית.

בימי עמוס-1 סיפקה חלל-תקשורת שירותים לתעשייה האווירית בלבד, ושיתוף הפעולה בין החברות נמשך. היום תע"א הפכה לספקית של חברת חלל-תקשורת. באפריל 2008 שוגר לוויין התקשורת השלישי, עמוס 3, המיועד להחליף את עמוס 1, שיסיים את חייו לאחר למעלה מעשור. במקביל אליו יפעל עמוס 2 עד 2016, ובקרוב יצטרף אליהם במיקום אחר בחלל עמוס 4 ועמוס 5.

8.8 אימג'סאט

חברת אימג'סאט (ImageSat International - ISI) בשליטת התעשייה האווירית (כ-42 אחוז) ואלביט מערכות (12.4 אחוז), רשומה באיים האנטיליים (מושבה הולנדית), ויש לה משרדים בקפריסין ובארץ. היא עוסקת בהפעלת לווייני תצפית ובמכירת שירותי צילומי לוויין. שירותי הלוויין משמשים בעיקר לצרכי ביטחון לאומי, מודיעין, צבא וביטחון פנים, וכן לשימושים אזרחיים כמו פיקוח ותכנון חקלאי.

לוויין EROS-A, המספק שירותים ברחבי העולם, פועל מדצמבר 2000. ב-2006 שוגר באמצעות הטיל הרוסי Start-1 הלוויין EROS-B. הלוויין מתוצרת התעשייה האווירית, שעליו מורכבת מצלמה מתוצרת אל-אופ, הינו בעל רזולוציה גבוהה מאוד (70 ס"מ). EROS-B הוא לוויין קל משקל (290 ק"ג), בעל יכולת תמרון גבוהה, והוא מתוכנן לספק שירותים איכותיים במיוחד לתקופה של 8-10 שנים.

אימג'סאט היא אחת מארבע ספקיות שירותי לווייני הצילום בעולם ברזולוציה גבוהה. בין שירותיה, מאפשרת החברה ללקוחותיה לפקד ולשלוט על מצלמת הלוויין במשך 100 אחוז מזמן הלוויין מעל אזור נתון ומוסכם, ללא התערבות של גורם שלישי.



9. סיכום

תעשיית החלל העולמית, אינה גדולה במונחים כספיים, ומאופיינת ע"י השקעות גדולות ויתרונות לגודל. היקף הפעילות שלה עולה משנה לשנה, ב-2005 הוא הסתכם בכ-175 מיליארד דולר. הנתונים הבאים מתייחסים לאותה השנה ומבוססים בעיקר על מחקרים של SIA¹⁰²:

- שירותי הלוויין צמחו ב-2005 ב-13 אחוז - יותר מהר מכל ענף אחר בתעשיית החלל. בתוך שירותי הלוויין, את קצב הצמיחה הגדול ביותר רשמו שירותי הרדיו (165 אחוז מ-300 מיליון דולר ל-800 מיליון). ההכנסות בתחום החישה מרחוק צמחו ב-18 אחוז. ההכנסות מטלוויזיה DTH עלו ב-14 אחוז, וההכנסות מהשכרת טרנספונדרים - בשמונה אחוזים.
- בענף יצור הלוויינים בשנת 2005 הייתה ירידה של 24 אחוז בהיקף הפעילות ביחס ל-2004. 71 אחוז מהכנסות הענף באו מגורמים ממשלתיים (בשנת 2004 - 82 אחוז), יחד עם זה גדלו הכנסות הענף במגזר הפרטי.
- ענף השיגור רשם גידול של שבעה אחוזים. גם כאן שעור המגזר הציבורי הולך ופוחת, והזמנות המגזר הפרטי גדלות: משקלו עלה מ-37 אחוז של שיגורים בשנת 2004 ל-46 אחוז.
- ענף ציוד קרקע רשם גידול של 11 אחוז בהיקף הפעילות. המנוע העיקרי בתחום זה הוא ביקוש הולך וגובר לציוד לרדיו וטלוויזיה לווייניים.

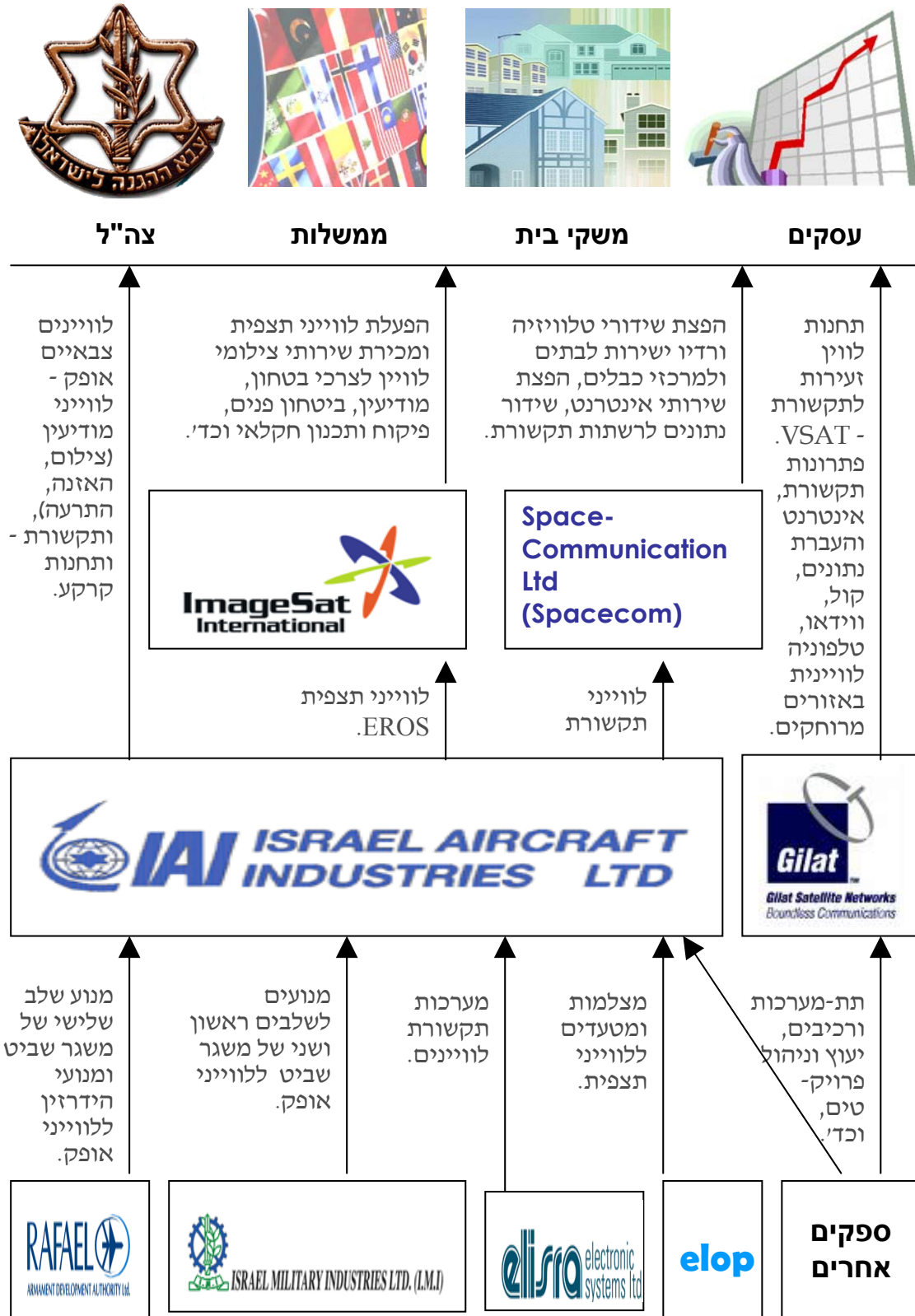
מדינת ישראל פועלת בחלל כ-30 שנה. הנושאים העיקריים, שבהם פועלת התעשייה הישראלית בתחום החלל כיום הם: בניית לוויינים, מערכות שליטה ופיקוד קרקעיות ואוויריות, וטכנולוגיות צילום מלוויינים ותקשורת. ישראל בונה לווייני תקשורת מסדרת עמוס ולווייני תצפית - מסדרת אופק (אופק 7 שוגר בהצלחה ב-11.06.07) ומסדרת EROS - לוויין אופק בתלבושת אזרחית (עד סוף השנה יכסו את פני כדור הארץ חמישה לווייני צילום של מדינת ישראל, כאשר אל אופק 5, אופק 7, ארוס A וארוס B הצטרף לוויין נוסף ששוגר בינואר 2008 מהודו - הלוויין טקסאר, שמצלם את כדור הארץ באמצעות מכ"ם, בכל עת ובכל מזג אוויר¹⁰³). בשל מגבלות תקציביות ומגבלות שיגור, אלה לוויינים קטנים יחסית לשאר הלוויינים בעולם, אך בעלי ביצועים גבוהים מאוד. ישנן פריצות של חברות ישראליות לתחום תעשיית החלל לא רק באמצעות שיגור לוויינים ביניהן: בניית תחנות קרקע לווייניות ובניית מערכות המאפשרות ראייה מעבר לעננים. תחום נוסף שבו יש פוטנציאל עתידי לחברות ישראליות הוא תחום מערכות הניווט הלווייני, שהולכות להיות התחום החם הבא, בעזרתן של חברות הסלולאר ויצרני המכוניות.

איור 13 מציג בצורה כללית וסכמאטית את שוק החלל בארץ: שחקנים ראשיים, קשרים ומוצרים עיקריים שבהם התמקדנו בדו"ח זה.

¹⁰² Futron (2006)

¹⁰³ בליזובסקי (2007)

איור 13: שוק החלל בארץ: שחקנים ראשיים, קשרים ומוצרים עיקריים:





10. ביבליוגרפיה

אשד, ח. (2006). החלל כקטר מדעי טכנולוגי וכלכלי. הרצאה בכנס חלל ומדע בישראל על שם אל"מ אילן רמון : <http://most.gov.il/index.php/space>

בליזובסקי, א. (2006). התעשייה האווירית - ליבה של תעשיית החלל. מאירוע הידען-חמד"ע : ישראל בחלל מבט לעתיד :

http://www.hayadan.org.il/BuildaGate4/general2/data_card.php?Cat=~10~402615116~Product~0~&ru=&SiteName=hayadan&Clf=&Bur=973941882

בליזובסקי, א. (2007). אופק 7 לאחר השיגור המוצלח מחכים לתמונות. <http://www.hayadan.org.il/wp/interview-with-sarussi-on-ofeq7-1206078>

דו"ח מאזן הכוחות של מרכז יפה למחקרים אסטרטגיים : <http://www.tau.ac.il/jcss/balance/Israel.pdf>

השמייס הם הגבול. כתבה באתר שער התעשייה, 16/04/06 : <http://www.industry.co.il/Index.asp?ArticleID=736&CategoryID=111&Page=1>

יערי, י. (2006). העתיד נמצא בחלל. כתבה באתר שער התעשייה, 14/03/06 : <http://www.industry.co.il/Index.asp?CategoryID=52&ArticleID=633>

ניסן, י. (2007). מהפך בביצועים העיסקיים של החברה. <http://www.iai.co.il/Default.aspx?docID=36721&FolderID=32981&lang=HE>

סוכנות החדשות AKC (2006). תעשיית החלל כאסטרטגיה. כתבה בשפה הרוסית באתר היצרנים הרוסים, 18.07.06 : <http://www.sbyt.ru/article/view/44>

פייקובסקי, ד. (2005). ישראל בחלל : נייר עמדה. אוניברסיטת ת"א.

קרת, מ. (2006). ישראל בחלל - עבר הווה עתיד. הרצאה במועדון התעשייתי-מסחרי 6.2.2006 : http://www.hayadan.org.il/BuildaGate4/general2/data_card.php?U=no&SiteName=hayadan&ItemID=391708910&ValuePage=Product

תעשייה ממריאה לחלל. כתבה באתר שער התעשייה, 17/07/05 : www.industry.co.il/Index.asp?ArticleID=246&CategoryID=112&Page=2

אתר האינטרנט של התעשייה האווירית : <http://www.iai.co.il>

אתר האינטרנט של רפא"ל : <http://www.rafael.co.il>

אתר האינטרנט של מכון אשר בטכניון : <http://www.technion.ac.il/ASRI>

אתר האינטרנט של מכון פישר למחקר אסטרטגי, אוויר וחלל : <http://www.fisherinstitute.org.il>

אתר האינטרנט של סוכנות החלל הישראלית : http://www.most.gov.il/index.php/he/naaedaau_aecii_aeeuoaeieu/euaaoeei

אתר האינטרנט של הידען-מדע וחלל בישראל : <http://www.hayadan.org.il/israelsat.html>

AGI Active Satellite Database (2007). <http://www.agi.com/resources/satdb/satdb1.cfm>



Analysis of the major events in the space sector in 2005 and perspectives for 2006 (2006). News posting on *World Satellite Business Week*.
www.satellite-business.com/news.php?id=30

Bates, J. (2006). *Satellite Insurance: Market Stabilizes After Tough Stretch*. *Via Satellite*.
<http://www.satellitetoday.com/cgi/pub/via/via06010606.html>

Bochinger, S. *Europe and Space the Economic Dimension*.
http://www.euroconsult-ec.com/pdf_news/Europe%20and%20Space%20the%20Economic%20Dimension.pdf

Dun and Bradstreet (2007). *Dun's 100 Israel's Largest Enterprises, 2007*
http://duns100.dundb.co.il/asp/news2007_17t.asp

Dun and Bradstreet (2008). *Dun's 100 Israel's Largest Enterprises, 2008*
<http://duns100.dundb.co.il/ts.cgi?tsscript=/2008e/e59a1>

DTH Pay-TV Revenues Growing Faster Than Subscribers. (2006). [Press release].
<http://www.in-stat.com/press.asp?ID=1586&sku=IN0502139MB>

ESA (2005). *The European Space Sector in a Global Context*.

ESA (2006). *ESA Facts and Figures*.
http://www.esa.int/esaCP/GGG4SXG3AEC_index_0.html

Evans, M. (2006). *Rocket Renaissance*. *The Economist*.
http://www.economist.com/displaystory.cfm?story_id=6911220

Federal Aviation Administration (2006). *Commercial Space Transportation: 2005 Year In Review*. http://ast.faa.gov/files/pdf/2005_YIR_FAA_AST_0206.pdf

Futron (2006). *Satellite Industry Association's State of the Satellite Industry Report*
<http://www.sia.org/PDF/2006SIASateofSatelliteIndustryPres.pdf>

Halsband, A. (2007). *Israel's Space Industry: it's History, Present and Future Forecast*. Israel Aerospace Industries, February 2007.

Haskell, E. (2006). *Focusing on Mobile Satellite Services*. *The Bridge*.
http://www.mbc-thebridge.com/viewbridge.cfm?instance_id=426

Hertzfeld, H. (2000). *Civilian Government Space Expenditures for 1999*. Presentation at SkyForum, New York, March 27, 2000

ISRO (2006). *Fund Allocation Table*.
<http://www.isro.org/resources.htm>

Kallender, P. (2004). *Japan's 2004 Space Budget Flat*. *Space News*.
http://www.space.com/spacenews/archive04/budgetarch_012004.html



Nardon, L. (2003). *The world's space systems*.
www.unidir.ch/pdf/articles/pdf-art1885.pdf

NASA (2005). National Aeronautics and Space Administration *President's FY 2006 Budget Request: Summary*. http://www.globalsecurity.org/space/library/budget/fy2006-nasa/107493main_FY_06_budget_summ.pdf

OECD (2004). *Space 2030 - Exploring the Future of Space Application*. OECD Publication Service. Paris.

Office of the Secretary of Defense (2004). Chapter C. Independent Research and Development Program. *REPORT TO CONGRESS on the activities of the DoD Office of Technology Transition*.
http://www.acq.osd.mil/ott/techtransit/refroom/docs/c_irad.pdf

Office of Space Commercialization, U.S. Department of Commerce (2004). *Trends in Space Commerce*. Washington.

Paik, H.-Y. (2007). The Future of Space Development and the Space Industry. *Crossroads: Journal of Asia Pacific Center for Theoretical Physics*, Vol.19
http://crossroads.apctp.org/pdf/archive/vol.19_Feature_Articles_Hong-Yul_Paik_111_en.pdf

Rains, L. (2006). Top 50 Space Industry Manufacturing and Services. *Space News*, July, 31, 2006

RIA Novosti (2006). Russian govt. to spend more on space in 2006 [Press release].
<http://en.rian.ru/russia/20060407/45436879.html>

S. Neaman Institute, Asher Space Research Institute. (1988) *Civilian Space Applications. Israel's Role. Proceedings of the International Workshop*. Haifa: S.Neaman Press.

SIRIUS Satellite Radio Reports Record Subscriber Growth and Revenue for Fourth Quarter and Full-Year 2005 (2006). [Press Release]. <http://www.shareholder.com/sirius/ReleaseDetail.cfm?ReleaseID=187963&cat=Earnings&newsroom>

Space Foundation (2006). *The Space Report. The Guide to Global Space Activity*.
<http://www.TheSpaceReport.org>

Stoney, W.E. (2006). ASPRS Guide to Land Imaging Satellites.
http://www.asprs.org/news/satellites/ASPRS_DATABASE_020206.pdf

Worldspace, Inc. (2006). *Annual Report Pursuant to Section 13 or 15(D) of the Securities Exchange Act of 1934 for the Fiscal Year Ended December 31, 2005*. Commission file number 000-51466. <http://library.corporate-ir.net/library/18/189/189783/items/193358/200510K.pdf>

XM Satellite Radio Holdings Inc. *Announces Fourth Quarter and Full Year 2005 Results; XM To Exceed Nine Million Subscribers and Reach Cash Flow Break-Even By Year-End 2006* (2006). [Press Release]. http://www.xmradio.com/newsroom/screen/pr_2006_02_16.html

נספחים

נספח 1: נתונים על חברות מובילות בעולם בתחום החלל.

(החברות מוצגות בסדר אלפביתי, המספר בסוגריים אחרי שם החברה מתייחס לדירוג שלה לפי היקף המכירות ב-2005)

Company	Space Products	2005 Sales (M\$) Employees
<p>Aerojet (33) Sacramento, CA, USA http://www.aerojet.com Michael Martin, President Year Founded: 1942 Type: Private Subsidiary</p>	<p>Missile Defense: space and defense contractor specializing in missile and space propulsion systems. Launch Services: liquid engines for expendable and reusable launch vehicles. Satellites Components: spacecraft propulsion products; satellite propulsion systems.</p>	<p>Space Sales: 216 Total Sales: 618 Employees: 2,700</p>
<p>Air Liquide (48) Paris, France http://www.airliquide.com/en/home.html Benoît Potier, Chairman & CEO Year Founded: 1902</p>	<p>Satellites Manufacturing Ground Systems: design, building, operation of liquefaction units and transfer lines used to supply hydrogen, oxygen and helium to the ground facilities. Launch Vehicle Manufacturing: technologies for the cryogenic launcher tanks. H8 to H10III tanks from Ariane 1 to 4. Engineering Services</p>	<p>Space Sales: 69 Total Sales: 12,318 Employees: 377</p>
<p>Alcatel-Alenia Space (8) Toulouse, France http://www1.alcatel-lucent.com/space Year Established: 1995 Type: International joint venture - Merger of Alcatel Space and Alenia Spazio and is owned by Thales (67%) and Finmeccanica (33%)</p>	<p>Satellite Manufacturing: telecommunication satellites: French Syracuse (I, II and III) and the Italian Sicral, observation and navigation satellites (as prime contractor of EGNOS); Environmental projects such as the Global Monitoring for Environment and Safety (GMES) program; and Meteorology such as MSG; Satellite systems with its Geosynchronous spacecraft platform, Spacebus 3000 and 4000, and its LEO spacecraft platform, Proteus. Ground Systems: Ground stations for satellite and mission control. Satellite Services & Systems: End-to-end network and service management; Satellite On-Board Equipment; telecommunication payloads. Engineering Services</p>	<p>Space Sales: 1,776 Total Sales: 1,776 Employees: 7,200</p>



Company	Space Products	2005 Sales (M\$) Employees
<p>Arianespace SA (10) France http://www.arianespace.com/ Jean-Yves Le Gall, CEO 23 different Shareholders from 10 European countries, among them: CNES (32.53%), EADS Space Transportation SA (15.81%), EADS Space Transportation (10.87%), SNECMA (9.91%), AVIO SPA (7.87%)</p>	<p>Launch Services: production, operation and marketing of the Ariane 4 and Ariane 5, Soyuz, Vega. Launch Sites: Ariane 4&5 Launch sites. More than 50 percent of the world market for boosting satellites to geostationary transfer orbit (GTO).</p>	<p>Space Sales: 1,265 Total Sales: 1,265 Employees: 274</p>
<p>ATK (Alliant Techsystems) (11) Edina, Minnesota, USA http://www.atk.com Daniel J. Murphy, Chairman & CEO Year Founded : 1990 Type: Public (NYSE: ATK)</p>	<p>Missile Defense: Satellite Manufacturing: Satellite Subsystems: Antenna subsystems Solar panel substrates and solar arrays. Launch Systems: Reusable Solid Rocket Motor (RSRM); rocket motor systems for human-rated and unmanned space launch vehicles; Launch System Structures. Spacecraft Structures: Prolusion Systems for NASA ; Space Shuttle infrastructure and system components.</p>	<p>Space Sales: 1,238 Total Sales: 3,217 Employees: 16,000</p>
<p>Bae Systems (22) London, United Kingdom http://www.baesystems.com Dick Olver, Chairman Year founded: 1999 Type: International Public Company (LSE: BA., OTCBB: BAESY) The merger of British Aerospace (BAe) & Marconi Electronic Systems (MES), the defense arm of The General Electric Company (GEC).</p>	<p>Missile Defense: Guided Missiles And Space Vehicles. Space Electronics: Missile and satellite electronics, and radiation-hardened digital components. Ground Systems Engineering Services</p>	<p>Space Sales: 565 Total Sales: 10,000 Employees: 88,600</p>
<p>Ball Aerospace and Technologies Corp. (21) Boudler CO, USA http://www.ballaerospace.com/ David L. Taylor, President & CEO Year Founded: 1956 Type: Subsidiary of Ball Corporation</p>	<p>Missile Defense, Satellites Manufacturing: ICESat - Ice, Cloud and Land Elevation Satellite. NPOESS - National Polar-Orbiting Operational Environmental Satellite System. Space Systems and Subsystems Payloads: HST- Hubble Space Telescope JWST - James Webb Space Telescope SST - Spitzer Space Telescope Satellites Engineering Services</p>	<p>Space Sales: 629 Total Sales: 695 Employees: 3,000</p>



Company	Space Products	2005 Sales (M\$) Employees
<p>Boeing Co. (1) Seattle, Washington, <u>USA</u> http://www.boeing.com James McNerney, Jr., CEO Year Founded: 1916 Type: Public (NYSE: BA)</p>	<p>Missile Defense Systems: DOD contractor of missiles and space electronic systems - Airborne Laser, Ground-based Midcourse Defense and Patriot Advanced Capability-3. Satellite manufacturing: Geostationary Satellite: Boeing 601 satellite, Communications satellite: Boeing 702, two lines of satellites designed to support mobile communications. Launch Vehicle manufacturing: Delta II and Delta IV families. Space and Intelligence Systems: Intelligence, Surveillance and Reconnaissance systems; communication systems. Space Exploration System: human and robotic space vehicles: X-15 spanning to Gemini, Apollo, Skylab, International Space Station (ISS). Checkout, Assembly and Payload Processing Services (CAPPS): Command, Control, and Communication (C3) Networks. Ground Systems; Engineering Services</p>	<p>Space Sales: 9,100 Total Sales: 54,845 Employees: 154,000</p>
<p>Com Dev International(39) Cambridge, Ontario, <u>Canada</u> http://www.comdev.ca/ John Keating, CEO Year Founded: 1974 Type: Private company</p>	<p>Satellites Products: designer and manufacturer of space hardware subsystems: individual switches, multiplexers and surface acoustic wave (SAW) devices. Space Science & Remote Sensing: optical/RF design, thermal and structural analysis, electronics design, embedded software development, ground support equipment.</p>	<p>Space Sales: 106 Total Sales: 106 Employees: 840+</p>
<p>Computer Sciences Corp. (CSC) (9) El Segundo, CA <u>USA</u> http://www.csc.com David J. Barram, CEO Year Founded : 1959 Type: Public (NYSE: CSC)</p>	<p>Missile Defense Ground Systems: Supports Discovery's Safe Return to Earth. Launch Services ; Space Engineering & Software: provides business transformation and IT consulting; systems integration and professional services.</p>	<p>Space Sales: 1,400 Total Sales: 14,120 Employees: 79,000</p>
<p>Dutch Space BV (45) Leiden, <u>Netherlands</u> http://www.dutchspace.nl/ H.J.D. Reijen, President & CEO Type: Subsidiary of Astrium N.V</p>	<p>Solar Array & Launchers: development of the Interstage 1-2, the new European small launcher, Engine frames for Ariane 5 launcher, solar array manufacturer for spacecraft. Satellites Manufacturing: Slososat FLEVO mini satellite, SMART 1, ANS (astronomical). Space Structures: Hot Structure and Thermal Protection Systems for re-entry vehicles, Thermo-Mechanical satellite subsystems. Rocket Hardware</p>	<p>Space Sales: 75 Total Sales: 78 Employees: 270</p>



Company	Space Products	2005 Sales (M\$) Employees
<p>EADS Space (5) (European Aeronautic Defense and Space Company) Paris, France http://www.eads.com Type : International subsidiary Principal Shareholders: EADS NV, Netherlands includes: EADS Astrium EADS SPACE Transportation EADS SPACE Services</p>	<p>Missile Defense: launchers for the French nuclear missile program: M51 SLBM. Satellite manufacturing: Earth observation satellites, communications satellite HOT BIRD 8. Launch Vechiles: Ariane 5 launchers, the Columbus laboratory and the ATV cargo vessel for the International Space Station. Space Services: satellite services in the secure telecommunications and navigation, propulsion systems and space equipment Ground Systems Engineering Services</p>	<p>Space Sales: 3,198 Total Sales: 3,198</p>
<p>EchoStar Communications (28) Englewood, Colorado USA http://www.echostar.com Charlie Ergen, Chairman & CEO Year Founded: 1980 Type: Public company Parent company of DISH Network</p>	<p>Satellites Services: Direct broadcast satellite programming, Satellite television equipment distribution, sales, installation and service. 10 DISH Network satellites : Echo star I-IX Ground Systems</p>	<p>Space Sales: 378 Total Sales: 8,426 Employees: 21,000</p>
<p>EMS Technologies (46) Norcross, GA USA http://www.ems-t.com/ Year Founded: 1968 Paul Domorsky, President & CEO</p>	<p>Space Services: advanced technology hardware for military (SCS and Milstar to today's AEHF and WGS) and space applications, subsystems and components for terrestrial, airborne and space-based communication, radar and electronic warfare systems: Antenna Control Networks, RF Switching/Routing Networks. Satellite Services: SATCOM - satellite-based broadband communication systems. Space Qualified Components: Ku-Band Circulators, Terminations. Satellite Manufacturing; Ground Systems</p>	<p>Space Sales: 75 Total Sales: 310 Employees: 1,600</p>
<p>General Dynamics (17) Falls Church, Virginia USA www.generaldynamics.com/ Year Founded: 1952 Type: Public (NYSE: GD) Nicholas D. Chabraja, CEO</p>	<p>Satellites Manufacturing: design and manufacture of space vehicles, space payload hardware. Ground Systems: design and manufacture of satellite ground segments. Engineering Services: full-service space systems integrator; providing end-to-end solutions from ground to space - systems integration. Imagery Sales & Services</p>	<p>Space Sales: 720 Total Sales: 21,200 Employees: 81,000</p>



Company	Space Products	2005 Sales (M\$) Employees
<p>GeoEye (36) Dulles, VA <u>USA</u> http://www.geoeye.com/ Matthew O'connell, CEO & President Type: Private GeoEye was formed as a result of ORBIMAGE's acquisition of Space Imaging in January 2006</p>	<p>Imagery Sales & Services - largest commercial remote sensing company: GeoEye owns and operates three earth imaging satellites: IKONOS, OrbView-3, and OrbView-2, and has GeoEye-1 under development.</p>	<p>Space Sales: 166 Total Sales: 166 Employees: 300</p>
<p>Globecom Systems (41) Hauppauge, NY <u>USA</u> www.globecommsystems.com/ Year Founded: 1994 Type: Public (NASDAQ: GCOM) David E. Hershberg, CEO</p>	<p>Ground Systems: ground systems and networks of turnkey satellite communications Satellite Services: Internet access via satellite and IP solutions for global intranets. Engineering Services & Solutions</p>	<p>Space Sales:99 Total Sales:110 Employees:192</p>
<p>Goodrich Corporation (38) Charlotte, NC <u>USA</u> http://www.goodrich.com/ Marshall Larsen, CEO & Chairman Year Founded: 1870 Type: Public (NYSE: GR)</p>	<p>Missile Defense Space Manufacturing: Space Shuttles (wheels and brakes) Space Payloads: Optical and Space Systems for defense, aerospace, scientific, and commercial applications; optics and telescope assemblies for the Hubble Space Telescope, the Chandra X-ray Observatory, Space Infrared Telescope Facility (SIRTF), Multi-Mission Earth Horizon Sensor (MMS). Ground Systems; Engineering Services Imagery Sales & Services</p>	<p>Space Sales:129 Total Sales:5,400 Employees: 23,400</p>
<p>Harris Corporation (25) Melbourne, Florida <u>USA</u> http://www.harris.com/ Howard L. Lance, Chairman, President & CEO Year Founded: 1895 Type: Public (NYSE: HRS)</p>	<p>Missile Defense Space Payloads: Space-Based Radar (SBR) Satellite Services: Broadcast communications; communications technology for military satellites, missiles, and aircraft. Ground Systems; Imagery Sales & Services; Engineering Services</p>	<p>Space Sales: 450 Total Sales: 3,000 Employees: 13,900</p>
<p>Honeywell Inc. (14) Morristown, New Jersey <u>USA</u> http://www.honeywell.com/ David M. Cote, CEO & Chairman Year Founded: 1999 Type: Public (NYSE: HON)</p>	<p>Missile Defense; Satellite Manufacturing; Satellite Services: satellite flight control, telemetry data processing Engineering Services: Data Processing, guidance, navigation and control products Guidance & Navigation, Integrated Systems, Pointing & Momentum Control. Ground Services</p>	<p>Space Sales: 1,000 Total Sales: 27,700 Employees: 118,000</p>



Company	Space Products	2005 Sales (M\$) Employees
Hughes Network Systems (15) Maryland USA http://www.hns.com Pradman P. Kaul , Chairman & CEO Year Founded : 1971 Type: Public (NASDAQ:HUGH)	Ground Systems: Telephony, data terminals and satellite telephones, VSAT (very small aperture terminal); Broadband Satellite Systems and terminals: HN, HX system. Satellite Services: broadband satellite networks Mobile Satellite networks; IPoS Standard - IP over Satellite ; SPACEWAY - packet transmission. infrastructure complete with IP-based user interfaces, satellite terminals. Engineering Services; Imagery Services	Space Sales: 787 Total Sales: 807 Employees: 1,500
Gilat Satellite Networks Ltd. (34)	See Appendix 2	
Inmarsat (International Mobile Satellite Organization) (23) London, United Kingdom http://www.inmarsat.com/ Andrew Sukawaty, CEO Year founded: 1979 Type: International public company	Satellite Services: global mobile satellite communication services ; support communications links - voice, fax and data - for air transport, business aviation and government users; - Geosynchronous telecommunication satellites: Satellites - Immarsat I-2-4 Ground Systems	Space Sales: 491 Total Sales: 491 Employees: 596
Integral Systems Inc. (42) Lanham, MD. USA http://www.integ.com/ Peter J. Gafney, CEO Year Founded: 1982 Type: Public (NASDAQ: ISYS)	Ground Systems: provider of satellite ground systems for command and control. EPOCH IPS - ground system and global support for continuous operations of Satellites.	Space Sales: 98 Total Sales: 98 Employees: 420
Israel Aircraft Industries (32)	See Appendix 2	
ITT Industries Inc. (International Telephone and Telegraph) (13) White Plains, NY USA http://www.itt.com/ Steven R. Loranger, CEO & President Year Founded: 1990 Type: Public (NASDAQ: ITT)	Space Payload systems - GPS navigation NAVSTAR ; Commercial remote sensing systems: Space Imaging's IKONOS and DigitalGlobe's QuickBird II imaging payloads. Satellite Services: Geostationary Operational Environmental Satellite (GOES) imager; meteorological imagers and sounders Space Services: optical components for ground-based telescopes, electro-optical systems for space-based observatories, cameras to image the Moon. Launch Services; Ground Systems Engineering Services; Imagery Services	Space Sales: 1,122 Total Sales: 7,400 Employees: 37,500
Jacobs Technology Inc. (30) Tullahoma, TN, USA http://www.sverdrup.com/ Year Founded: 1947	Missile Defense Engineering and Science Services: scientific, engineering, and technical services to the DoD and NASA . Launch Services; Ground Systems	Space Sales: 312 Total Sales: 898 Employees: 5,600



Company	Space Products	2005 Sales (M\$) Employees
<p>L-3 Communications (12) New York, NY, USA http://www.l-3com.com/ Michael T. Strianese, CEO Year Founded: 1997 Type: Public (NYSE: LLL) merger between Loral Corp. and Lockheed Martin</p>	<p>Ground Systems: SATCOM antennas and components, Fly-Away satellite terminals, range telemetry, satellite and antenna ground stations, radomes, turnkey voice, data and video systems and wireless local loop equipment. Space Communication and Satellite Control: communication subsystems for the ISS (International Space Station). Satellite communication terminals: TSS (TriBand SATCOM Subsystem) Launch Services; Engineering Services; Imagery Sales & Services</p>	<p>Space Sales: 1,200 Total Sales: 9,445 Employees: 63,700</p>
<p>Lockheed Martin Corp. (2) Bethesda, Maryland USA Michael T. Stianese, CEO & President http://www.lockheedmartin.com Robert J. Stevens: Chairman, President & CEO Year Founded: 1995 Type: Public (NYSE: LMT) Merger of two of the world's premier technology companies, Lockheed Corp. and Martin Marietta Corp.</p>	<p>Missile Defense Systems: ABL (Airborne Laser), THAD, SIBRIS Launch Vehicle Manufacturing: Athena, Atlas, M299 Missile Launcher, hybrid propulsion Satellite Manufacturing: commercial geosynchronous telecommunications satellites - A2100, Martin Marietta family, Asian Cellular Satellite System (ACeS), Tiros-N meteorological satellites. Space Payloads: Hubble Space Ground Systems: AEHF (Advanced Extremely High Frequency Ground Station), Antennas and Ground Stations, Spaced Based Infrared Systems (SBIRS). Engineering Services</p>	<p>Space Sales: 9,010 Total Sales: 37,200 Employees: 140,000</p>
<p>Loral Space & Communications (24) New York, NY USA http://www.loral.com/ Michael B. Targoff, CEO Year Founded: 1996 Type: Public (NYSE: LORL)</p>	<p>Satellites manufacturing: telecommunications satellites include high-powered direct-to-home broadcast satellites, commercial weather satellites, digital audio radio satellites and spot-beam satellites for data networking applications. Satellite services: Loral Skynet provides services and platforms for use by television and cable networks to broadcast video programming. Ground Systems; Engineering Services</p>	<p>Space Sales: 474 Total Sales: 626 Employees: 2,300</p>
<p>MacDonald Dettwiler and Associates Ltd. (31) Richmond, BC Canada http://www.mda.ca Daniel Friedmann, President & CEO Year founded: 1969 Type: Public (NYSE: MDA)</p>	<p>Satellites Manufacturing: satellite-based Earth observation systems, airborne, surveillance, intelligence, environmental monitoring, radar and optical satellite imagery and remote sensing. Space Services: complex robotics with control software to develop the Space Shuttle's Canadarm and the Mobile Servicing System for the International Space Station. Ground Systems; Imagery Sales & Services</p>	<p>Space Sales: 300 Total Sales: 715 Employees: 3,000</p>

Company	Space Products	2005 Sales (M\$) Employees
<p>Mitsubishi Heavy Industries Ltd. (29) Tokyo, <u>Japan</u> http://www.mhi.co.jp Hideaki Omiya , CEO Year Founded: 1950 Type: International Public Company</p>	<p>Missile Defense: leading manufacturer of Japanese rockets and rocket engines: LE-5B, LE-7A rocket engine, MB-XX space rocket engine. Space Manufacturing: Space Vehicle Parts and Auxiliary. Launch Services: primary Japanese contractor to the International Space Station, building KIBO (the Japanese Experiment Module) and the automated HTV supply transfer vehicle. Satellites Manufacturing; Ground Systems; Engineering Services</p>	<p>Space Sales: 354 Total Sales: 18,726 Employees: 59,949</p>
<p>ND SatCom AG (40) Friedrichshafen, <u>Germany</u> Dr. Karl Classen, CEO & President http://www.ndsatcom.com/</p>	<p>Satellites Services: Skyman family satellite-based broadband VSAT, broadcast and defense communication network. Ground Systems: Multi-Band Transportable Satellite Ground Terminals.</p>	<p>Space Sales: 100 Total Sales: 100</p>
<p>Northrop Grumman Corp (3) Los Angeles, CA, <u>USA</u> http://www.northropgrumman.com/ Ronald Sugar, Chairman & CEO Year Founded : 1927 Type: Public (NYSE: NOC)</p>	<p>Missile Defense: Airborne Laser (ABL). Satellite Manufacturing: civil & military: NPOESS environmental monitoring satellite system, Earth Observing System satellite: Aqua, EOS Aura, and Geostationary Operational Environmental Satellites. GOES-R, Defense Support Program (DSP) satellites, Space Tracking & Surveillance System (STSS). Satellite Services: Satellite Communication: Advanced EHF (AEHF), military strategic and tactical relay system, Milstar Communications network: a series of advanced satellites linked to mobile ground terminals. Space payloads: James Webb Space Telescope (JWST). Space Surveillance – Space Radar (SR), Propulsion Products and Services. Launch Systems: one of NASA's Space Launch Initiative (SLI) partners developing propulsion technologies. Ground Systems; Engineering Services</p>	<p>Space Sales: 4,858 Total Sales: 30, 721 Employees: 122,200</p>



Company	Space Products	2005 Sales (M\$) Employees
<p>OHB-System AG (37) Bremen, <u>Germany</u> http://www.ohb-system.de/ Heinz Stoewer, Director</p>	<p>Satellites Manufacturing: small research satellite, the BremSat, ABRIXAS x-ray satellite (project manager), MITA research satellite (sub-contractor), the communications payload BIRD-RUBIN and the GRACE twin satellites for measuring gravity and collecting climatic data (sub-contractor). Launch Services: work for future launchers, technology development for reentry vehicles as well as provision of launch services with the Russian COSMOS launcher. Ground Systems; Engineering Services</p>	<p>Space Sales: 133 Total Sales: 139 Employees: 800</p>
<p>Oerlikon-Contraves Space AG (47) Zuerich, <u>Switzerland</u> http://www.oerlikoncontraves.com Parent: Rheinmetall DeTec AG</p>	<p>Launch Services: payload fairings for space launchers, scientific and structures for satellites. Spacecraft Structures: lightweight structures and thermally stable platforms for many ESA science missions as well as for commercial telecommunication satellites. Engineering Services</p>	<p>Space Sales: 71 Total Sales: 71 Employees: 1,727</p>
<p>Orbital Science Corp (OSC) (18) Dulles, VA <u>USA</u> http://www.orbital.com/ David W. Thompson, CEO Type: Public (NYSE: ORB) Year founded: 1982</p>	<p>Missile Defense: Ballistic target vehicles, gmd boost vehicle. Launch Vehicle Manufacturing: satellite launch vehicles - Minotaur, Pegasus, Taurus. Satellites Manufacturing: small- to medium-class satellites: Commercial GEO Communications satellites, LEO Science & Technology Satellites. Space Technical Service: aerospace engineering and manufacturing services for scientific, military and commercial space programs; implementation of new technologies for human spaceflight, commercial transportation: HyperX, DART. Ground Systems; Engineering Services</p>	<p>Space Sales: 703 Total Sales: 703 Employees: 3,000</p>



Company	Space Products	2005 Sales (M\$) Employees
<p>Raytheon Corp. (4) Waltham, MA. USA http://www.raytheon.com William H. Swanson, Chairman & CEO Year Founded :1923 Type: Public (NYSE: RTN)</p>	<p>Missile Defense: Space Tracking and Surveillance System (STSS), being developed for Ballistic Missile; Space and missile defense technology. Satellite Payloads: satellite sensor, Visible Infrared Spin Scan-Radiometer (VISSRs). Satellite Manufacturing: National Polar-orbiting Operational Environmental Satellite System (NPOESS). Satellite Services: Space communications and electronic systems. Launch Services: Launch System (NLOS-LS). Ground Systems: Distributed Common Ground System (DCGS). Engineering Services</p>	<p>Space Sales: 3,934 Total Sales: 21,900 Employees: 73, 000</p>
<p>Saab Ericsson Space AB (44) Göteborg, Sweden http://www.saabgroup.com/en/index.htm Åke Svensson, President and CEO Year founded: 1937 Shareholders: Ericsson Group</p>	<p>Satellites Services: equipment supplier to satellite builders and launcher operators: on-board computers and data handling systems, microwave electronics and antenna systems, adapters and separation systems; guidance systems and thermal hardware.</p>	<p>Space Sales: 76 Total Sales: 85 Employees: 359</p>
<p>Safran (former Snecma) (20) Paris, France http://www.safran-group.com/i Jean-Paul Bechat, CEO Type: International Public Company Merger of the propulsion and aerospace equipment group SNECMA and defense conglomerate SAGEM.</p>	<p>Missile Defense Space Hardware: No. 2 worldwide for liquid and solid propulsion space engines. Launch Vehicles Manufacturing: launch vehicles in the civil and military markets; equipment for launchers. Satellite Manufacturing</p>	<p>Space Sales:638 Total Sales: 12,531 Employees: 61,400</p>
<p>Science Applications International Corp. (7) San Diego, California, USA http://www.saic.com/ Ken C. Dahlberg, Chairman of the Board & CEO Year Founded :1969 Employee Owned</p>	<p>Space payloads: MSTI-3 multispectral sensor and the hyper spectral sensor for the Naval Earth Map Observer (NEMO) satellite system, the XSS-10 and 11 imaging sensors for space rendezvous missions, and the optical payload for the NFIRE program. Engineering Services: technical support to two of NASA's efforts – operating the space shuttle and building the international space station, support for the human space flight program, primarily at the Johnson Space Center (JSC) in Houston, Texas; Space System Design, Analysis. Ground Systems, Launch Services; Imagery Sales & Services</p>	<p>Space Sales: 1, 850 Total Sales: 7,800 Employees: 44,000</p>

Company	Space Products	2005 Sales (M\$) Employees
Spacehab (49) Webster, Texas, USA http://www.spacehab.com/ Thomas B. Pickens III – CEO & President Year Founded: 1984 Type: public (NASDAQ: SPAB)	Space Vehicles Parts: Metal space shuttle laboratory enclosures; Provides its modules for seven Shuttle/Mir missions, where they were used as logistics carriers. Launch Services - Astrotech Space Operations, commercial supplier of satellite launch processing services in the U.S. Ground Systems; Engineering Services	Space Sales: 59 Total Sales: 59 Employees:233
Spot Image (43) Toulouse, France http://www.spotimage.fr/ Type: International Private Company Herve Buchwalter, CEO Year founded: 1982	Imagery Sales & Services - remote satellite image maps derived from the Spot Earth observation satellites. Spot Image appointed by CNES as sole commercial operator of the SPOT satellites.	Space Sales:80 Total Sales: 80 Employees:40
Swales Aerospace (35) Salesville, MD USA http://www.swales.com/ Year Founded: 1978	Satellites manufacturing: prime contractor for NASA's Earth Observing-1 (EO-SB1) spacecraft, the first Earth observing mission of the New Millennium Program, Multi-Mission MicroSat (M3Sat), constellation of five satellites and a dispenser system in support of the NASA MIDEX. Space Engineering services for Civil Government end-users, principally NASA- and NOAA; technologies for providing thermal control to the high power satellites.	Space Sales:193 Total Sales: 193 Employees:900
Swedish Space Corp. (50) Solna, Sweden http://www.ssc.se Lars Persson, President & CEO Type: International Government Owned	Space Hardware: designs and builds systems and subsystems for space research and other space projects. Satellite Manufacturing: system integrator and supplier of small and micro-satellites. Space Payloads: payloads for several different kinds of missions, mainly scientific, and for different platforms: rockets, balloons and satellites. Satellite Services & Systems: Attitude orbit & control systems, advanced On-board Data handling system units, propulsion systems, and control services for satellites. Launch Services: launch of rockets and balloons and testing of space and airborne systems based at Esrange. Ground Systems: operated civilian ground station for Low Earth Orbiting polar satellites.	Space Sales:53 Total Sales: 53 Employees:358

Company	Space Products	2005 Sales (M\$) Employees
Telespazio (26) Rome, Italy http://www.telespazio.it/ Year founded: 1960 Giuseppe Veredice, CEO Type: International subsidiary The company is owned by Finmeccanica (67%) and Thales (Alcatel) (33%).	Launch Services: LEOP (Launch and Early Orbit Phase). Satellites Services: offers integrated solutions covering the space mission value chain: definition, development & integration of the ground segment with control stations and centres, telemetry services, TT&C (Tracking, Telemetry and Command). Imagery Sales & Services: carries out all Earth Observation commercial activities: from acquiring & processing satellite data, to the development and sale of software & products. Ground Systems: ground segment management. Engineering Services	Space Sales:403 Total Sales: 403 Employees: 1,400
Trimble Navigation Ltd. (16) Sunnyvale, CA USA http://www.trimble.com/ Steven W. Berglund, CEO Year Founded: 1978 Type: Public (NASDAQ:TRMB)	GPS Hardware & Software - GPS boards, modules, chipsets, and technology licenses; Satellite-based navigation data products.	Space Sales:775 Total Sales: 775 Employees:2,842
United Space Alliance (USA) (6) Houston, Texas USA http://www.unitedspacealliance.com/ Michael J. McCulley, CEO Year Established: 1996 Limited Liability Company (LLC) - equally owned by Boeing Company and Lockheed Martin	Launch Services: conducts all operations regarding the Space Shuttle at NASA sites, Lyndon B. Johnson Space Center and John F. Kennedy Space Center, operation & maintenance of multi purpose space programs including those associated with NASA Human flight program & other reusable launch and orbital rogram. Ground Systems; Engineering Services	Space Sales: 1,981 Total Sales: 1,981 Employees: 10,000
United Technologies Corp. (19) Hartford, CT USA http://www.utc.com/ George David, CEO & Chairman Year Founded: 1934 Type: Public (NYSE UTX)	Satellites & Rocket Hardware Space Shuttle Systems	Space Sales: 695 Total Sales: 42,725 Employees: 215,000
ViaSat Inc. (27) Carlsbad, CA USA http://www.viasat.com/ Mark D. Dankberg, CEO Year Founded: 1986 Type: Public (NASDAQ: VSAT)	Satellite Communication: satellite and other wireless communication suitable for both military and commercial systems. including: UHF SATCOM DAMA modems, radios, network control systems, VSAT products. Ground Systems; Engineering Services	Space Sales: 391 Total Sales: 434 Employees: 1,289

מקורות לטבלה

Rains L. (2006). *Top 50 Space Industry Manufacturing and Services*. Space News, 31.7.06 .

http://a52.g.akamaitech.net/f/52/827/1d/www.space.com/images/Top50_2006.pdf

Business and Company Resource Center - Gale/Infotrac

מאגר של חברת Hoovers - חברת בת של D&B : <http://premium.hoovers.com/subscribe>



נספח 2: נתונים עיקריים על חברות ישראליות הפועלות בתחום החלל.

(החברות מוצגות בסדר אלפביתי)

Company	People; website; Financial Data	Products
<p>Accubeat P.O.B. 45102 Har Hotzvim Industrial Zone Jerusalem 91450 Tel: 02-5868330 Fax: 02-5868550 Ownership: Private</p>	<p>Dr. Avinoam Stern, President http://www.accubeat.com/ ****Annual Sales (mil): \$1.8 **** Employees: 25</p>	<p>Oscillators and Clocks which are based on the Rubidium Atom. Time & Frequency Systems - comprise Rubidium Standards, GPS receivers and Time Code Generators/Readers, for communication, wireless and wireline equipment in the commercial and military market.</p>
<p>Aero-Maoz 39 Shaul Hamelech Street Tel Aviv, 64928 Tel: 03-6954261 Fax: 03-6090003 Established: 1994 Ownership: Private</p>	<p>Alon Guttel, Managing Director http://www.aeromaoz.com *** Employees: 40 ****Annual Sales (mil) : \$2.1</p>	<p>Aircraft and space vehicle supplies and parts. Manufacturer of illuminated control panels and instrument bezels for the aerospace industry and military ground vehicles.</p>
<p>Aeronautics Defense Systems Ltd – Commtact Ltd. P.O.B. 169 Yavne 81101 Tel: 08-9433600 Fax: 08-9328912 Established: 1997 Ownership: Private</p>	<p>Avi Leumi, CEO http://www.aeronautics-sys.com *****Employees: 200 *****Anual Sales (mil): 60.5 \$ (Estimated- 2007)</p>	<p>Dtalink systems through Commtact Ltd: Satellite communication link (SATCOM). Satellite X band / Ku band full duplex Front End For network services.</p>
<p>A.L.D – Advanced Logistics Development Sonol Tower 11th. floor 52 Menachem Begin Rd Tel-Aviv 67137 Tel: 03-7913200 Fax: 03-7913210</p>	<p>Dr. Zigmund Bluvband, Founder & President Alex Barel, Vice President, Reliability & ILS http://www.ald.co.il</p>	<p>Reliability and Safety Analysis software tools for NASA - Support Safety, Reliability, Maintainability and Quality for the Space Shuttle, International Space Station, payloads and other items prepared for flight.</p>



Company	People; website; Financial Data	Products
<p>Bae Systems- ROKAR International Ltd P.O.B 45049 Har Hotzvim Ind. Zone Jerusalem 91450 Tel:02-5329804 Established: 1982 Type: Private</p>	<p>Arie Shmueli, President & Managing Director http://www.rokar.com האתר של חברת האם: http://www.bay-systems.com *** Employees: 95 ***Professionals: 45 ****Annual Sales: (mil) \$13.0</p>	<p>High-end GPS receivers for space and satellites applications: The SpaceNav - is a state-of-the-art GPS receiver for satellite applications.</p>
<p>Bar-Kal Systems Engineering P.O.B 8661 Netanya Tel: 09-8851151 Established: 1995 Type: Private</p>	<p>Ofer Braun, CEO http://www.Bar-Kal.com ***Employees: 7 ****Sales: (mil) \$0.5</p>	<p>Hyper-spectral remote sensing including image processing, GIS, modeling and algorithm developing.</p>
<p>Controp P.O.B. 611 Hod Hasharon 45105 Tel: 09-7440661 E-mail: Established: 1989 Ownership: Private</p>	<p>Shlomo Nir, General Manager http://www.controp.com ****Annual Sales: (mil) \$19.5 **** Employees: 115</p>	<p>Stabilized Antenna Pedestals installed on aerial vehicles for satellite; communication relay applications * HRN-1/2- Airborne Directional Antenna Pedestal. * APU-1 - Antenna Positioning Unit.</p>
<p>El-op electro Optics Industries LTD. Advanced Technology Park P.O.B. 1165 Rehovot 76111 Tel: 08-9386211 Fax: 08-9386237 Type: Private Established (Elbit): 1989</p>	<p>Haim A. Rousso, Managing Director Yaacov Chazan, V.P. - R & D http://www.el-op.com/ **** Employees: 1,200 ***** Annual Sales (mil) \$300 נתונים לגבי חברת האם אלביט: *Employees: 7,600 Sales: \$ 1,982,000,000 מס' 8 בד"ר של 100 Duns לשנת 2008</p>	<p>Space IMINT (Imagery Intelligence Systems) - Advanced spaceborne electro-optic observation systems for government, commercial and scientific applications: <u>Government</u>: plays a central role in government space programs like Israel's OFEQ satellite series. <u>Commercial</u>: Earth Resources Observation System series (EROS), Eros Multi-Spectral Camera (MSC), and the Earth Resources Monitoring System (ERMS). <u>Scientific</u>: VENμS, a micro-satellite which includes El-Op's multi-spectral high resolution VENμS camera developed for French Space Agency. TAUVEX (the Tel Aviv University Ultraviolet Explorer) an astronomical camera in the UV range designed and built at El-Op.</p>



Company	People; website; Financial Data	Products
<p>Gilat Satellite Networks 21 Yegia Kapayim Kiryat Arye Petah Tikva 49130 Tel: 03-9252000 Established: 1987 Ownership: Private</p>	<p>Amiram Levinberg, Chairman of the Board & CEO. Joshua Levinberg, Executive Vice President, Corporate Business Development & Strategy Erez Antebi, Chief Executive Officer, Gilat Network Systems (GNS) and Spacenet Rural Communications http://www.gilat.com/ * Employees: 970 Sales: \$ 248,700,000 (2007) Export : \$ 248,700,000 (2007) מס' 56 בדירוג Duns 100 ל 2008 . מכירות של מוצרים הקשורים לתעשיית החלל (במיליוני דולרים): ** 2005- \$209 - (Total Sales: \$209) 2004 - \$241 (Total Sales: \$241) #34 in Space News Top 50 2005 ranking.</p>	<p>Products and services for satellite-based communications networks: Satellite data delivery - SkyEdge Family - Satellite communications platform to deliver superior voice, data and video services developed in the VSAT (Very Small Aperture Terminal) technology. Satellite telephony - DialAway enables 1-3 telephone channels for applications such as satellite-based public call offices in remote area. Satellite-based Internet-access - SkySurfer incorporates the most advanced IP technologies to bring real-time audio, video and data directly to a company network.</p>
<p>IAI -Systems Missiles and Space Group - Space Division P.O.B: 105 Yehud 56000 Tel: 03-5314005</p>	<p>נתונים לגבי התעשייה האווירית: Nissan Itzhak, President & CEO Joseph Weiss, Corporate Vice President and General Manager of IAI's Systems, Missiles & Space Group. http://www.iai.co.il/Default.aspx?FolderID=18660 * Sales - \$ 3.3 billion Export - \$ 2.7 billion Employees - 15,570 מס' 5 בדירוג של Duns 100 לשנת 2008 מכירות של מוצרים הקשורים לתעשיית החלל (במיליוני דולרים) ** 2005 - \$231 (Total Sales: \$2,341) 2004 - \$290 (Total Sales: \$2,056) # 32 in Top 50 2005 ranking</p>	<p>Satellites for Communication and Remote Sensing: Communication Satellite: AMOS Earth observations Satellite: EROS. Improved Multi purpose Satellite: IMPS. Low Earth Orbit (LEO) Satellite: Ofeq. Micro Satellites: TECHSAT. SAR Ttechnology Demonstration Satellite – TECSAR.</p>
<p>IAI - Systems Missiles and Space Group - MBT Missiles Division P.O.B 105 Yehud 56000 Tel: 03-5314005</p>	<p>Arie Halsband, General Manager, MBT Space Division http://www.iai.co.il/Default.aspx?docID=16100&FolderID=16063 *** Employees: 1,600 Professionals: 550</p>	<p>Design and production of various Missile Systems, Naval Attack Missiles, Loitering Weapon Systems and Precision Guidance Munitions including the Barak Weapon System anti-missile-missile point-defense missile system.</p>



Company	People; website; Financial Data	Products
<p>IAI – Systems Missiles and Space Group – MLM Division</p> <p>P.O.B. 45 Beer Yaacov 70350 Tel: 08-9272425 Established: 1957</p>	<p>Uri Sinai, General Manager http://www.iai.co.il/Default.aspx?FolderID=17632&lang=en</p> <p>נתונים לגבי MLM *** Employees: 1,070 Professionals: 440</p>	<p>Arrow Weapon System (AWS) <u>Satellite launcher: Shavit</u> for launching small satellites into Low Earth Orbit (LEO). <u>Space Components and Services:</u> Photovoltaic Solar Arrays systems. <u>Telemetry and Airborne Instrumentation Equipment</u> - End-to-end telemetry system for the SHAVIT launcher.</p>
<p>IAI- Systems Missiles and Space Group - TAMAM Division</p> <p>P.O B. 75 Industrial Zone Yehud 56100 Tel: 03-5315205 Established: 1964 Ownership: Government</p>	<p>Zion Sarig, General Manager http://www.iai.co.il/Default.aspx?FolderID=18678&lang=en</p> <p>**** Employees: 800 **** Annual Sales (mil\$) 102.7</p>	<p><u>Space Attitude Control Systems of LEO satellites:</u> (Magnetometers, Magnetotorquers, Reaction/Momentum Wheels, Inertial Spacecraft Stabilization System). <u>Navigation and Inertial Sensors -</u> Specializing in the design, development and production of inertial sensors and related systems for navigation in land airborne, marine and space.</p>
<p>IAI – Elta Systems Ltd.</p> <p>P.O.B 330 Ashdod 77102 Tel:08-8572312 Established: 1967 Type: Industry</p>	<p>Nissim Hadas, President & Corporate VP http://www.elta-iai.com * Sales: \$ 924,000,000 Export: \$ 785,400,000 Employees: 3,822</p>	<p>Defense systems house based on electromagnetic sensors. <u>Reconnassance System - EL/M-2070</u> - SAR Technology Demonstration Satellite. <u>Communication Network - EL/K -1891</u> - duplex X or Ku Band microwave Satellite Communication (SATCOM).</p>

Company	People; website; Financial Data	Products
IMI - Rocket Systems Division P.O.B 1044 Ramat Hasharon 47100 Tel: 03-5485619 Established: 1964	Avner Raz, Chairman Avi Felder, President & CEO Nathan Wechesler, Rocket System Division Manager http://www.imi-israel.com *Employees: 3,587 נתונים לגבי התעשייה הצבאית: * Sales: \$ 575,000,000 Export: \$ 322,000,000 Employees:3,587 מס' 26 בד"רוג של Duns 100 לשנת 2008	* IMI is involved in Israel's Space and National Defense programs, including the OFEQ observation and ARROW missile defense program. * Rocket Motor for the Shavit Launcher.
Imagesat International 2 Kaufman Street Tel Aviv 61500	Menashe Broder, CEO http://www.imagesatintl.com/	Commercial provider of high-resolution, satellite earth-imagery collected by its Earth Remote Observation Satellite (EROS).
Microsat Ownership: IAI & Rafael	Amitsur Rosenfeld, CEO	Development of Micro satellites.
Orbit Technology Group (ORBI) P.O.B 8657 Netanya, 42504 Tel : 09-8922777 Ownership: Private Established: 1950	Shlomo Yariv , President & CEO Eyal Tryber, VP Marketing http://www.orbit-techgroup.com ***** Employees: 280 Annual Sales (mil): 73.80 \$ (2007) דו"חות כספיים: www.orbit-techgroup.com/content.aspx?id=57	Tracking Business Line - antenna positioning and tracking subsystems (pedestals, controllers, antenna). The systems are used for a wide range of applications, such as: * Mobile VSAT and Satellite Communications for aircraft, trains, ships and special projects that track GEO-stationary satellites. * Tracking, Low and Medium Orbiting Satellite for telemetry data and video com-s. * Orbit Marine dedicated designer and manufacturer of Marine Stabilized Satellite Systems in the fields of two-way (Tx/Rx) communication and entertainment (satellite T.V.) systems for commercial and military customers.



Company	People; website; Financial Data	Products
<p>Rafael</p> <p>P.O.B 2250 Haifa, 31021 Tel: 04-8794444 Established: 1948 Type: Government</p>	<p>Ilan Biran, Chairman of Board Yedidia Yaari, President & CEO http://www.rafael.co.il * Sales \$1.2 billion Employees: 5,459 מס' 14 בדרוג 100 Duns ל 2008</p>	<p>* Propulsion systems for micro and mini-satellites - Key products include propulsion systems used in the OFEQ and EROS, TecSar satellites and in the Arrow anti-ballistic missile. * 3rd stage solid propellant rocket motors for the SHAVIT.</p>
<p>Ramon Chips</p>	<p>Prof. Ran Ginoar, Founder</p>	<p>Radiation protected chips for satellites. The chips are manufactured at Tower Semiconductor in Migdal Haemek.</p>
<p>Ricor Cryogenic & Vacuum Systems</p> <p>En Harod Ihud 18960 Tel: 04-6530800 Established: 1967 Type: Private</p>	<p>Nachman Pundak, general Manager http://www.ricor.com/ Employees: 120 (self reported).</p>	<p>Mini Refrigerator installed at NASA Mercury Messenger spacecraft.</p>
<p>Space-Communication (Spacecom)</p> <p>7 Menachem Begin Ramat Gan 52521 Tel: 03-7551000 Public company, traded at the Tel Aviv Stock Exchange (TASE), equally controlled by the following entities: Eurocom Holdings Ltd, Mer Services Group, General Satellite Services Company (GSSC), IAI.</p>	<p>David Pollack, Managing Director & CEO Ori Onn, VP Marketing & COO http://www.amos-spacecom.com/ **** Total Employees: 18 Annual Sales (mil) 33.4\$</p>	<p>Marketing and operating the AMOS satellites services.</p>
<p>Tadiran Spectralink - Elisra</p> <p>29, Hamerkava Street P.O. B. 150 Holon 58101 Tel: 03-5577200 Established (Elisra):1966</p>	<p>Gat Itzhak, Chairman Itzhak Beni, President & CEO http://www.tadspec.com/ http:// www.elisra.com Elisra Data: * Sales:\$243,500,000 Employees: 1,303</p>	<p>Satellite Communications - Systems: developed and supplied the communication links for the Israeli Amos, Ofeq, Eros & TechSat space programs, including the Telemetry, Tracking, Ranging and Control (TTR&C) and satellite integration and testing equipment. Earth Receiving Stations - installing a state-of-the-art satellite communications system for the IDF Signal Corps.</p>

Company	People; website; Financial Data	Products
Zinger 2 Yozma St. Tirat Carmel 39032 Tel: 04-8578880	Yuval Zinger, Fred Zinger www.singer-instruments.com/	Auto-Zero Inclinometers for space - a patented design featuring internal bias correction mechanism to eliminate temperature, shock, and time effects for an ultra accurate inclinometer.

מקורות לטבלה

* Duns Guide Israel 2007, 2008

http://duns100.dundb.co.il/asp/news2007_17t.asp

<http://duns100.dundb.co.il/ts.cgi?tsscript=/2008e/e59a1>

** Rains L. (2006). *Top 50 Space Industry Manufacturing and Services*. Space News 31.7.06

http://a52.g.akamaitech.net/f/52/827/1d/www.space.com/images/Top50_2006.pdf

*** מאגר החברות של Mati-Mop (הנתונים אינם מעודכנים)

<http://www.matimop.org.il/newrdinf/company/csearch.htm>

תאריך כניסה לאתר : 12 במאי 2007

**** מאגר של חברת Hoovers - חברת בת של D&B : <http://premium.hoovers.com/subscribe>

***** Business and Company Resource Center - Gale/Infotrac

תאריך כניסה לאתר : 12 במאי 2007, 3 באוגוסט 2008



ד"ר ד. גץ • ב. זלמנוביץ' • א. כצמן • ו. סגל • ד. פייקובסקי • י. אבן-זוהר

מדדים לפעילות בתחום החלל והשפעותיהם הכלכליות

חיפה, 2007



תקציר מנהלים

הצלחותיהן של תוכניות החלל, אסונות הקשורים בהן, ועלויותיהן האדירות העלו שאלות בנוגע לערך של תוכניות החלל, הכיוון של התוכניות הללו, ובאופן כללי - שאלות לגבי התרומה של תוכניות החלל לאנושות.

פיתוח טכנולוגיות הקשורות לחלל גרם לגידול חסר תקדים בהבנת היקום שבו אנו חיים, והערך האסטרטגי של נכסי החלל זוכה להכרה. פותחו יישומים מסחריים ואזרחיים בחלל, שהינם בעלי השפעה הולכת וגדלה על חייהם של מאות מיליוני אנשים. ככל שתחול התקדמות במגוון הטכנולוגיות הקשורות לחלל בעשורים הקרובים, מספר יישומי החלל האזרחיים, הן הציבוריים והן הפרטיים, צפוי לגדול באופן משמעותי. אם נצליח לנהל התפתחויות אלו באופן המתאים, הן תהיינה בעלות השפעה כלכלית עולמית חשובה, במונחים של עידוד הצמיחה הכלכלית וכמענה לצרכים חברתיים ולצרכי הגנת הסביבה.

תמונת המצב הנוכחי וההשפעות האפשריות של פיתוח ענף החלל עבור החברה בכללותה הינה מורכבת. מדינות, שכבר מבצעות פעילות בחלל, מעריכות מחדש את האסטרטגיה שהן נוקטות בחלל, ומדינות רבות נוספות ניצבות מול בחירות קשות הנוגעות לרמת המאמצים שעליהן להשקיע בפעילות בחלל, כיצד להקצות מאמצים אלה ומה תפקידו של המגזר הפרטי בחלל.

ניתן לצייר את תמונת המצב הקיימת של תעשיית החלל באמצעות מדדים שפותחו לצורך זה. בדו"ח הנוכחי - "מדדים לפעילות בתחום החלל והשפעותיהם הכלכליות"¹⁰⁴ - מוצגים אינדיקטורים רשמיים ולא רשמיים של ענף החלל, ומועלים נושאים מתודולוגיים רלבנטיים. בהמשך אנו דנים בהערכת ההשפעה הכלכלית של תעשיית החלל על המשק בישראל ובשאלון שהועבר לנציגי תעשיית החלל לצורך הערכת השפעה זו (פרק 3). ניתוח השאלונים יסייע לנו בניתוח מגוון רחב של נושאים בשלב הבא של המחקר.

¹⁰⁴ תודה לפרופ' דן פלד ולציפי בוכניק על עזרתם בהכנת הדו"ח.



תוכן העניינים

90	1. מבוא
92	2. מדדים עיקריים הרלבנטיים לחלל
92	2.1 אינדיקטורים של סטטיסטיקה רשמית
92	2.1.1 גודל וצמיחה בענף האווירונאוטיקה והחלל
93	2.1.2 מסחר במוצרים הקשורים לחלל
94	2.1.3 מו"פ אזרחי בחלל
96	2.1.4 פטנטים בתחום החלל
97	2.1.5 תקציבים ציבוריים לענף חלל
98	2.2 אינדיקטורים של סטטיסטיקה פרטית
100	3. השפעה של תעשיית החלל על המשק
100	3.1 מודלים עיקריים להערכת ההשפעה הכלכלית
101	3.2 לימוד ההשפעות העיקריות
104	4. סיכום
105	ביבליוגרפיה

רשימת איורים

92	איור 1: הכנסות של ענף האווירונאוטיקה וחלל
94	איור 2: יצוא של ציוד חללי
95	איור 3: הוצאות המגזר הממשלתי למו"פ אזרחי הייעודי לתוכניות החלל
96	איור 4: המו"פ המבוצע על ידי המגזר העסקי בתעשיית החלל
97	איור 5: פטנטים בתחום החלל לפי מדינות ב-EPO ו-USPTO
98	איור 6: התקציב הציבורי לענף החלל כאחוז מהתמ"ג, 2005



1. מבוא

מאז תחילתו של עידן החלל, משימות נועזות כדוגמת שיגור הספוטניק בשנת 1957, נחיתת אפולו על הירח בשנת 1969 והתמונות הראשונות ממאדים בשנת 1997 הציתו את דמיונם של מיליוני אנשים. במקביל, אסונות כדוגמת אובדן מעבורת החלל קולומביה, הגיעו לכותרות בכל רחבי העולם וגרמו להעלאת שאלות בנוגע לערכן של תוכניות החלל, הכיוון שלהן, ובאופן כללי לגבי התרומה של תוכניות החלל לאנושות.

פיתוח טכנולוגיות הקשורות לחלל גרם לגידול חסר תקדים בהבנת היקום שבו אנו חיים, והערך האסטרטגי של נכסי החלל זוכה להכרה. למעשה, טכנולוגיות אלו מעודדות מאמצים חשובים נוספים שמטרתם לפתח את ענף החלל במדינות המשתייכות למועדון החלל. יתרה מכך, לפיתוחים של יישומים מסחריים ואזרחיים בחלל יש השפעה הולכת וגדלה על חייהם של מאות מיליוני אנשים. השימוש בלוויינים לצורכי מטאורולוגיה ושירותי חירום הביאו להצלת חיי אדם ולשימור רכוש; עשרות מיליונים של משקי בית ברחבי העולם נהנים משידורי טלוויזיה באמצעות לוויין ישירות לבתיהם, ללא קשר למקום מגוריהם, בעיר בכפר או באזורים מרוחקים; ומספר הולך וגדל של אנשים ועסקים משתמש במערכות ניווט מבוססות לוויין.

ככל שתחול התקדמות במגוון הטכנולוגיות הקשורות לחלל בעשורים הקרובים, מספר יישומי החלל האזרחיים, הן הציבוריים והן הפרטיים, צפוי לגדול באופן משמעותי. במידה ונצליח לנהל התפתחויות אלו באופן מתאים, הן תהיינה בעלות השפעה כלכלית עולמית חשובה, במונחים של עידוד הצמיחה הכלכלית וכמענה לצרכים חברתיים ולצרכי הגנת הסביבה.

הבנת המצב הנוכחי וההשפעות האפשריות של פיתוח ענף החלל עבור החברה בכללותה אינה קלה. ראשית, מספר גדל של מדינות מגלות כעת עניין בחלל מסיבות אסטרטגיות וגם מסיבות מסחריות. בעוד שמאמצייהן יכולים לסייע בקידום הפיתוח של יישומים חדשים, הם גם יכולים להוביל לצפיפות יתר במגזרי מפתח של שוק החלל (למשל בשוק שירותי השיגור). שנית, למרות שלטכנולוגית חלל יש שימושים אפשריים רבים, קשה לפתח יישומים בעלי יכולת קיום כלכלית. המעבר מפעילויות במימון מקורות ציבוריים ליישומים הנסמכים בחלקם הגדול על מקורות פרטיים, כרוך בבעיות. שלישית, ככל שהמגוון של יישומים מסחריים גדל ויותר מדינות פעילות בחלל, גדל גם הצורך בכלים, המסדירים את המרכיב המסחרי הגדל של ענף החלל, הן ברמה הלאומית והן ברמה הבין-לאומית.

מצב זה גורם למספר מדינות, שכבר מבצעות פעילות בחלל, להעריך מחדש את האסטרטגיה שלהן בחלל. מדינות רבות ניצבות מול בחירות קשות בנוגע לרמת המאמצים הכלליים שיש להשקיע בפעילות בחלל, להקצאת המשאבים ולתפקידו של המגזר הפרטי בענף זה.

בדו"ח זה אנו מביאים אינדיקאטורים רשמיים ולא רשמיים של ענף החלל ונושאים מתודולוגיים רלבנטיים (פרק 2). לנושאים אלה יש חשיבות רבה, היות ולעיתים קרובות הנתונים הסטטיסטיים הנוגעים לתחום החלל אינם מפורטים, דבר שהינו בעייתי לצורך השוואות בין לאומיות והשוואה בין



מספר מקורות. הדיון בדו"ח זה מבוסס בעיקרו על האינדיקטורים של ה-OECD שפותחו על-ידי המחלקה לענייני מדע, טכנולוגיה ותעשייה והמחלקה לסטטיסטיקה של הארגון. בנוסף, הדו"ח הנוכחי כולל אינדיקטורים ממקורות פרטיים כמו איגודים ענפיים. באינדיקטורים הללו מידת אי-ההתאמה שמצאנו במקורות נתונים שונים הינה משמעותית מאוד. בטבלה 1 הבאנו כמה דוגמאות המציגות את השוני הקיים בין נתונים המתקבלים ממקורות שונים.

טבלה 1. שוני בנתונים ממקורות שונים.

ערכים (במיליארדי דולר) ומקורות		הכנסות ענפי תעשיית החלל ב-2005
7.0 Euroconsult ¹⁰⁶	9.8 SIA ¹⁰⁵	שירותי תקשורת ללקוח שמשמש במכשור נייד: ממערכות סינוף (trunking) בטלפוניה, השכרת טרנספונדרים לשידור ולטלוויזיה בכבלים, VSAT וסוגים שונים של תקשורת נתונים, שירותי חישה מרחוק
1.8 Northern Sky ¹⁰⁸	1.7 SIA ¹⁰⁷	שירותי תקשורת ללקוח שמשמש במכשור נייד - טלפוניה ותקשורת נתונים
46.0 ¹¹⁰	41.3 SIA ¹⁰⁹	טלוויזיה DHT (direct-to-home)

פרק 2 כולל גם איורים המציגים מדדים. האינדיקטורים העיקריים הוצגו בדו"ח קודם במסגרת מחקר זה - "נתונים על תעשיית החלל בארץ ובעולם"¹¹¹. הנתונים המובאים בדו"ח זה מתבססים רק על מקורות מידע גלויים. בהמשך אנו דנים בהערכת ההשפעה הכלכלית של תעשיית החלל על המשק ובשאלון לנציגי תעשיית החלל שערכנו לצורך הערכה זו (פרק 3). ניתוח השאלונים יסייע לנו בשלב הבא של המחקר בנושאים כגון זיהוי שינויים ומגמות בתעשיית החלל, הגדרת הכיוונים שבהם כדאי לממשלה להתרכז בעידוד של תחום החלל בארץ, הערכת החשיבות של מו"פ וחדשנות בתחום החלל, אפיון התהליכים של העברת ידע וטכנולוגיה, לימוד וכד'. פרק 4 מסכם את העבודה.

¹⁰⁵ Futron (2006)

¹⁰⁶ Analysis of the major events...(2006)

¹⁰⁷ Futron (2006)

¹⁰⁸ Haskell, E. (2006)

¹⁰⁹ Futron (2006)

¹¹⁰ DTH Pay-TV Revenues Growing Faster Than Subscribers. (2006)

¹¹¹ פרקים 3,4,6 בדו"ח הנ"ל.

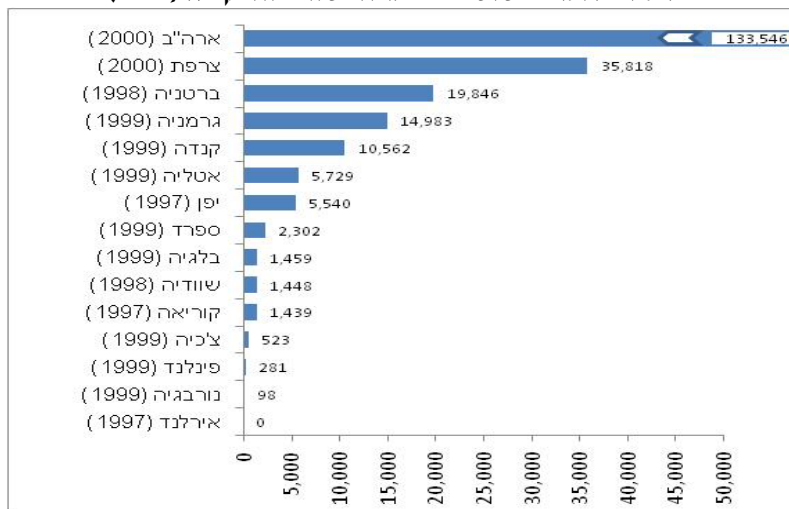
2. מדדים עיקריים הרלבנטיים לחלל

2.1 אינדיקטורים של סטטיסטיקה רשמית

2.1.1 גודל וצמיחה בענף האווירונאוטיקה והחלל

האינדיקטורים מכסים את התרומה של ענף האווירונאוטיקה והחלל (במקרה זה מדובר לא רק על ענף החלל) לכלכלת המדינות: הכנסות הענף, גודל וצמיחה של תת-הענפים כגון יצור של ציוד חלל, שירותי לוויין וכו'. איור 1 מציג את ההכנסות של ענף האווירונאוטיקה והחלל לפי מדינות.

איור 1: הכנסות של ענף האווירונאוטיקה והחלל
במיליוני דולרים שוטפים במונחי שווי כוח-קניה (PPP)



מקור: OECD, Space 2030: Exploring the Future of Space Applications, 2004

ענף החלל אינו מוצג באופן מלא בסטטיסטיקה רשמית. הטרימינולוגיה הסטטיסטית אינה מציעה הגדרה מוסכמת לתעשיית החלל. הגדרה אפשרית של ענף החלל כוללת את כל השחקנים הציבוריים והפרטיים המעורבים באספקה של מוצרי ושירותי החלל. לפי הגדרה זו, ענף החלל כולל שרשרת ערכים ארוכה המתחילה מיצרני רכבים וציוד לחלל (רכבי שיגור, לוויינים, תחנות קרקע) ומסתיימת בספקים של שירותים הקשורים לחלל, כגון GPS, שירותים מטאורולוגיים המתבססים על לוויינים או שירותי וידאו ושירות לבתי משתמשי הקצה.

הקושי המתודולוגי העיקרי בשימוש בנתונים של סטטיסטיקה רשמית ביחס לענף החלל, הוא בעובדה שהנתונים בדרך כלל אינם מיוצגים בקטגוריה אחת בסיווגי התעשייה הקיימים.

המהדורה הנוכחית של הסיווג הבין-לאומי האחד של ענפי התעשייה של האו"ם UN International Standard Industrial Classification (ISIC) כוללת את מרבית התחומים של ענף החלל בקטגוריות מקובצות רחבות יותר. הקטגוריות הרלבנטיות ביותר הן: יצור כלי טיס וכלי חלל (כולל יצור חלליות ורכבי שיגור של חלליות, לוויינים, תחנות חלל ומעבורות), תעבורה אווירית שאינה מתוזמנת (כולל



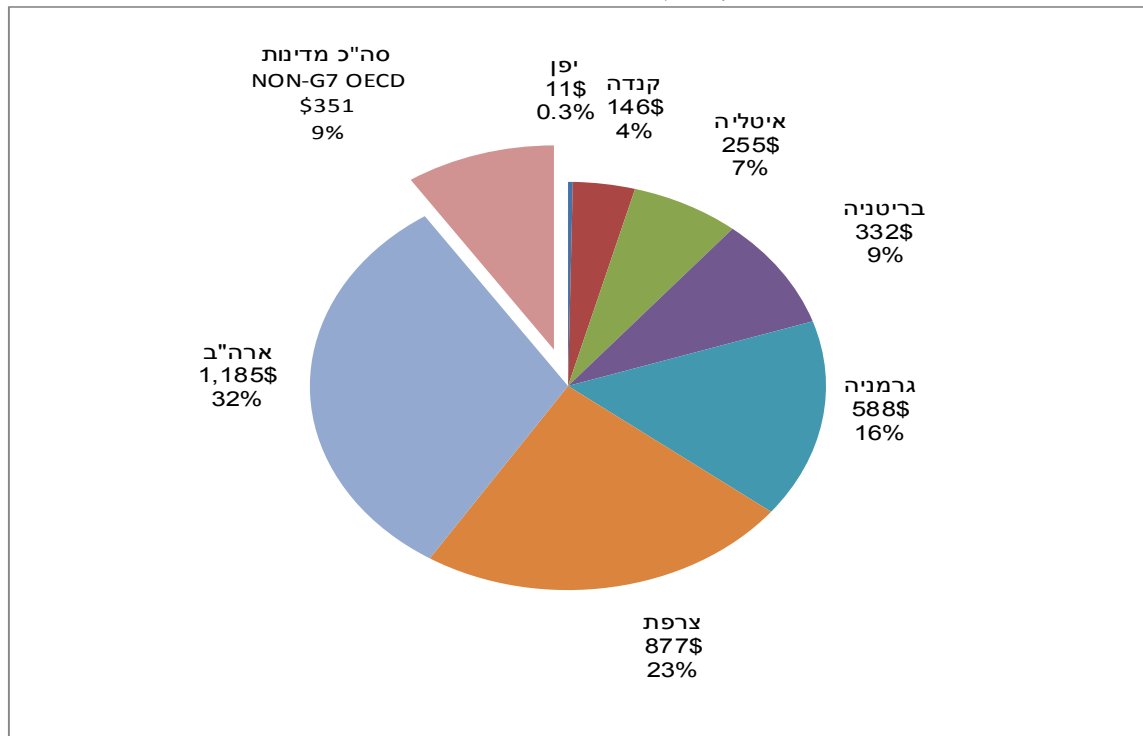
שיגור לוויינים ורכבי חלל ותעבורת חלל של סחורות ונוסעים), וטלקומוניקציה (כולל העברת קול, תמונות, נתונים וכל מידע אחר דרך לוויינים). בשלושת המקרים, ענף החלל נכלל בתעשיות רחבות יותר, כדוגמת יצור כלי טיס. פלחי שוק אחרים של ענף החלל היכולים להיות רלבנטיים מוסוויים עוד יותר בסטטיסטיקה הרשמית. לדוגמא, ציוד קרקע וציוד תקשורת כלולים בקטגוריות רחבות בענף הייצור. לכן, נתוני תעשייה ממקורות רשמיים המשתמשים בסיווג זה של ענפי התעשייה לא יכולים לתת מידע רב על תעשיית החלל באופן ממוקד.

שיטות סיווג דומות כדוגמת הסיווג הסטטיסטי של ענפי הכלכלה באיחוד האירופאי Statistical Classification of Economic Activities in the European Community (NACE) מספקות גם הן פרטים מוגבלים. שיטת הסיווג של ענפי התעשייה של צפון אמריקה North American Industry Classification System (NAICS) מספקת יותר מידע בהשוואה ל-ISIC או ל-NACE, מכיוון שהיא מפרידה את יצור הציוד החללי והתקשורת הלוויינית מענפי אווירונאוטיקה וחלל אחרים. נתונים סטטיסטיים ממקורות רשמיים אחרים מספקים גם הם תובנות שימושיות. לדוגמא, נתונים לגבי יצוא של ציוד חללי, כמו גם הערכות לגבי תקציבים ממשלתיים המוקדשים למו"פ חללי ולפטנטים בתחומים הקשורים לחלל, ניתנים לגזירה מנתונים סטטיסטיים רשמיים.

2.1.2 מסחר במוצרים הקשורים לחלל

האינדיקטורים מכסים סחר בציוד חללי: תפקיד היצוא של ציוד חללי, צמיחה לאורך זמן ויעדי יצוא עיקריים. באיור 2 מוצגים נתונים על ייצוא של ציוד חללי.

איור 2: יצוא של ציוד חללי, 2004
במיליוני דולרים שוטפים (PPP) וכאחוז מסה"כ היצוא הכולל של מדינות ה-OECD



מקור: OECD, The space economy at a glance, 2007

סיווגים של מסחר מפורטים יותר בהשוואה לסיווגים של ענפי תעשייה, ובכך מספקים פחות מידע על תעשיית החלל. אולם, מכיוון שסיווגים של סחר מכסים רק סחורות ממשיות, הם מתעלמים מענף השירותים שמהווה את החלק העיקרי בתעשיית החלל. שיטת סיווג ענפי הסחר של ארגון המכס העולמי (World Customs Organization), שנקראת HS (Harmonized System), מבחינה בין מספר קטגוריות של סחורות המכסות את תעשיית החלל. הקטגוריות העיקריות הן: רכבי חלל (כולל לוויינים) עם רכבי שיגור תת-מסלולים ורכבי שיגור של חלליות (Suborbital and Spacecraft Launch Vehicles), וחלקים של כלי טיס ורכבי חלל. לפיכך, מספר הנתונים הסטטיסטיים של סחר במוצרי תעשיית החלל יכולים להיגזר מנתונים סטטיסטיים של סחר בין-לאומי. מוצרים מסוימים הקשורים לחלל הינם סודיים, ולא ניתן למצוא אותם בנתוני הסחר הבין לאומיים.

2.1.3 מו"פ אזרחי בחלל

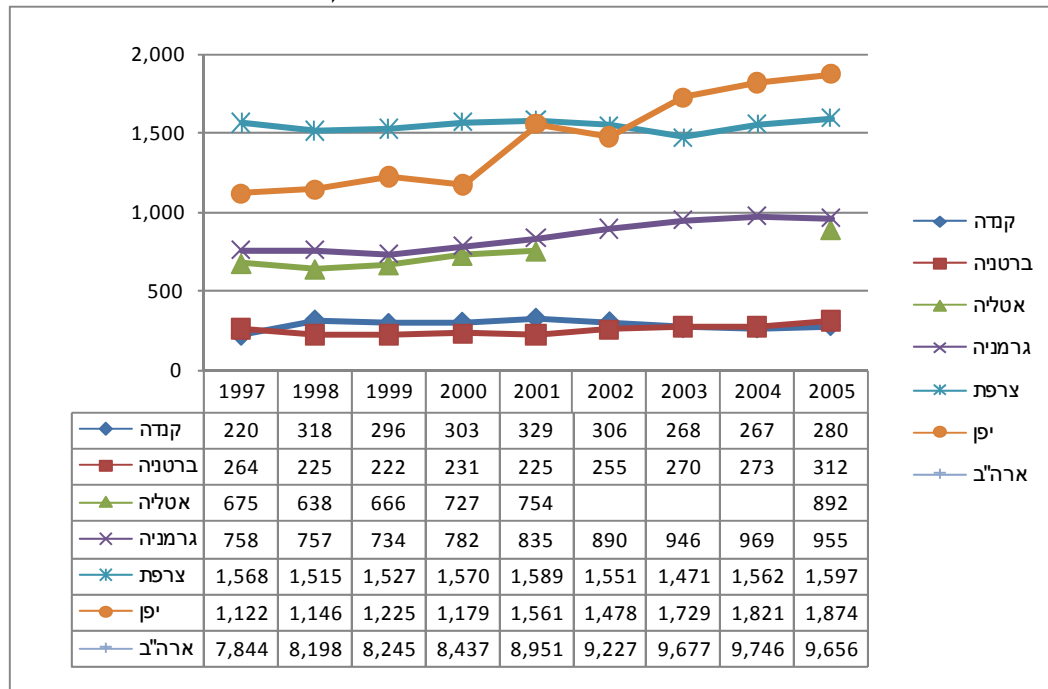
האינדיקטורים מכסים מחקר ופיתוח בתחומי החלל: תקציבים ציבוריים למו"פ בתחומי החלל והוצאות מו"פ פרטיות בענף אווירונאוטיקה וחלל.

אחת הדרכים למדידת ההוצאות הממשלתיות על מו"פ היא לסקור את היחידות המבצעות מו"פ. הדרך השנייה היא שימוש בנתונים שנלקחו מתקציבים. נתונים אלה מכונים באופן רשמי "הקצבות ממשלתיות או הוצאות מו"פ" government budget appropriations or outlays for R&D (GBAORD). (GBAORD) מהווה מדד של כסף ממשלתי הייעודי למו"פ שאמור להתבצע באחד

מארבעת הענפים הבאים: חברות עסקיות, ממשלה, השכלה גבוהה, והענף שלא למטרות רווח, בתוך המדינה או מחוצה לה (כולל ארגונים בין-לאומיים). הקצאות של מו"פ ציבורי מסווגות גם לפי המטרה הסוציו-אקונומית הראשית. כתוצאה מכך, GBAORD משקף את סדר העדיפויות הנוכחי של הממשלה. למרות שמספר תוכניות מו"פ נתמכות בשל מטרה מסוימת, אחרות יכולות לקבל תמיכה בשל מספר סיבות משלימות. כתוצאה מכך, נתוני GBAORD הינם פחות מדויקים בהשוואה לנתונים על בסיס ביצוע מו"פ, ומידת ההשוואה הבין לאומית שלהם אינה גבוהה. עבור קטגוריית החלל, קיימת בעיה נוספת - חלק מהתקציב המוקצה לחלל יכול להיות מסווג תחת הקטגוריה של מו"פ בטחוני. איור 3 מציג את הוצאות המגזר הממשלתי למו"פ אזרחי הייעודי לתוכניות החלל.

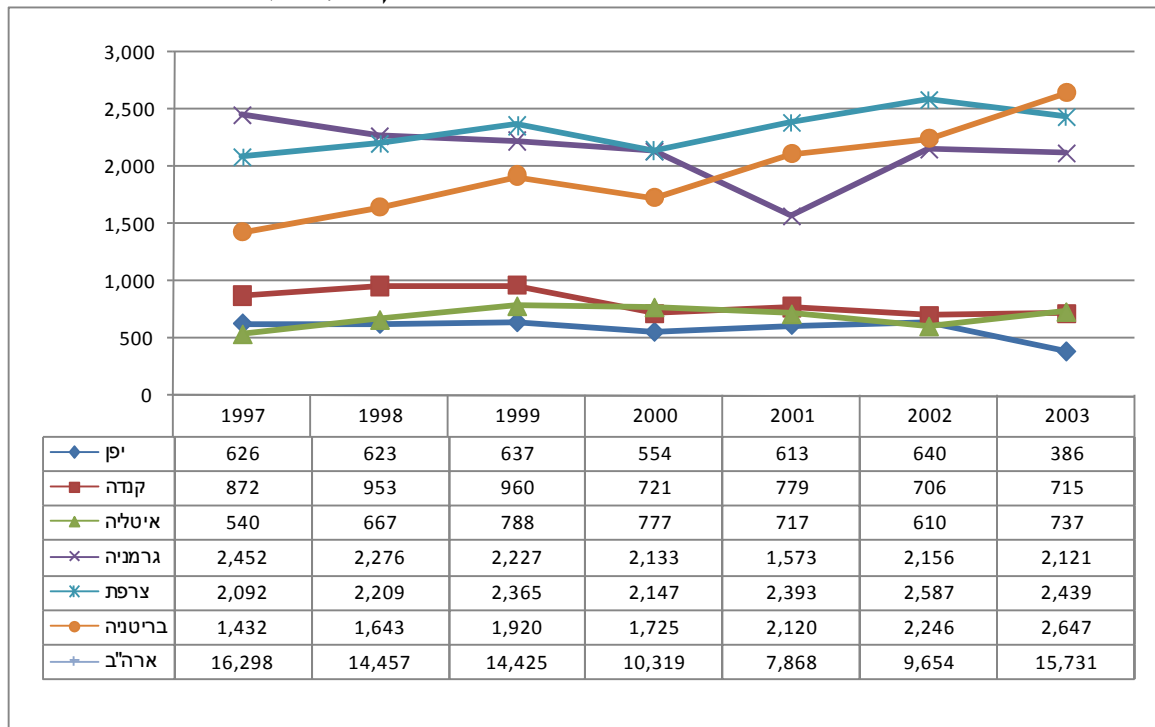
מו"פ בענף העסקי Business enterprise R&D (BERD) מכסה פעילויות מו"פ, המתבצעות בענף העסקי על-ידי חברות ומוסדות, ללא קשר למקורות המימון שלהן. מו"פ תעשייתי קשור ליצירה של מוצרים חדשים וטכניקות ייצור, כמו גם למאמצים של מדינות בתחום החדשנות. הענף העסקי כולל חברות, ארגונים ומוסדות שפעילותם העיקרית היא יצור של סחורות ושירותים למכירה, ומוסדות פרטיים ומלכ"רים, שהם הספקים של החברות והמוסדות הללו. איור 4 מציג את המו"פ המבוצע על ידי המגזר העסקי בתעשיית החלל.

איור 3: הוצאות המגזר הממשלתי למו"פ אזרחי הייעודי לתוכניות החלל במיליוני דולרים שוטפים במונחי שווי כוח-קניה (PPP)



הערה: ארה"ב מופיעה בטבלה ולא מופיעה בגרף בגלל ערכי הנתונים הגבוהים.
מקור: OECD, Main Science and Technology Indicators 2007-2

איור 4: המו"פ המבוצע על ידי המגזר העסקי בתעשיית החלל במיליוני דולרים שוטפים במונחי שווי כוח-קניה (PPP)



הערה: ארה"ב מופיעה בטבלה ולא מופיעה בגרף בגלל ערכי הנתונים הגבוהים.
מקור: OECD, Main Science and Technology Indicators 2007-2

אחד ממאגרי הנתונים של מו"פ בענף העסקי הוא ANBERD, שנבנה על מנת להפיק אוסף נתונים עקביים היכולים לפתור בעיות של השוואה בין לאומית ואי רציפות זמנית, הקשורים לנתוני מו"פ בענפים העסקיים הרשמיים שמספקות מדינות החברות ב-OECD. נתוני ה-ANBERD מהווים הערכות על סמך נתונים רשמיים המסופקים על-ידי רשויות סטטיסטיות לאומיות של המדינות. מאגר נתונים זה מספק הערכות לתעשיית אווירונאוטיקה וחלל בכללותה.

2.1.4 פטנטים בתחום החלל

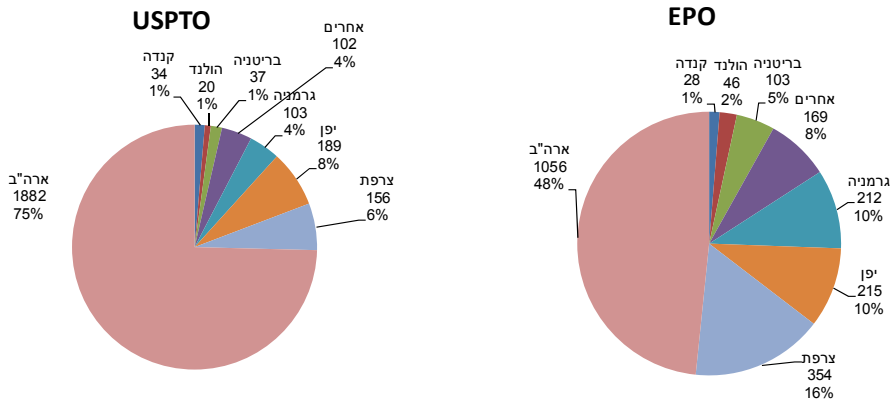
האינדיקטורים מכסים חדשנות: פטנטים של טכנולוגיות הקשורות לחלל.

נתונים על פטנטים מהווים אינדיקטור מהימן לחדשנות טכנולוגית. חלק גדול מהמצאות של החברות נהפכות לפטנטים, וחלק גדול מהפטנטים נהפך לחידושים בעלי ערך כלכלי. פטנטים חושפים המצאות וחידושים בחברות קטנות ובמחלקות ההנדסה של חברות גדולות, דברים שאינדיקטורים של מו"פ בלבד, לא תמיד מודדים היטב.

אינדיקטור לפטנטים מתקבל מספירה של מספר הפטנטים שעונים על קריטריון אחד או יותר. עם זאת, פטנטים לא מכסים את כל החידושים, מכיוון שחלקם מוגנים על-ידי כלים שונים להגנת הקניין הרוחני או הסודיות. לאום הפטנט יכול להיות מוגדר כלאום של הממציא או של המדינה שבה הפטנט

נרשם לראשונה. איור 5 מביא נתונים על רישום פטנטים לפי מדינת הלאום של הממציא במשרד רישום הפטנטים האמריקאי, ה-USPTO ובמשרד רישום הפטנטים האירופי, ה-EPO.

איור 5: פטנטים בתחום החלל לפי מדינות ב-EPO ו-USPTO, 1980-2004



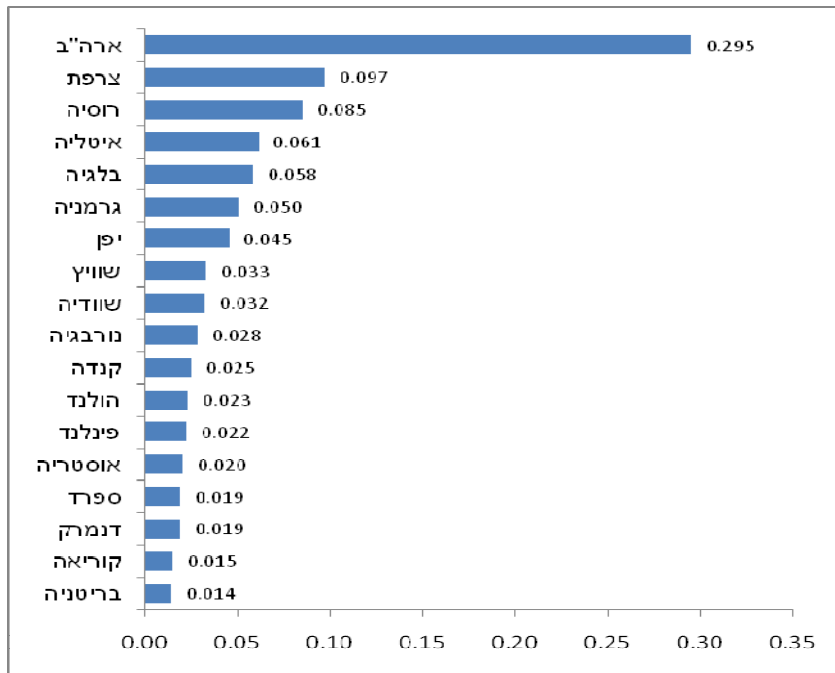
הערה: הפטנטים סווגו על פי מדינת המוצא של הממציא.
מקור: OECD, The space economy at a glance, 2007

2.1.5 תקציבים ציבוריים לענף חלל

האינדיקטורים מכסים תקציבים ציבוריים לענף החלל: הממשלות העיקריות המעורבות, תקציבים אזרחיים וצבאיים, גודל התקציבים ביחס לתוצר המקומי הגולמי, העלייה בתקציבים לאורך זמן. ממשלות נוטלות חלק חשוב בהוצאה הכספית של תעשיית החלל, חלק מהמאמצים הקשורים לפעילות החלל הם מטבעם ציבוריים ולא בהכרח מהווים עניין לתעשייה הפרטית. ממשלות מפרסמות מידע על התקציבים המוקצים לחלל. באיור 6 מוצגים תקציבים אלו לשנת 2005.



איור 6: התקציב הציבורי לענף החלל כאחוז מהתמ"ג, 2005



מקור: OECD, The space economy at a glance, 2007

יש מספר קשיים בפירוש נתוני התקציבים. ראשית, התקציבים אינם בהכרח תואמים להוצאות הכספיות. ההוצאות הכספיות בפועל לעיתים גדולות או קטנות יותר מהתקציבים. שנית, תקציבים לא בהכרח מכסים את כל ההוצאות הכספיות המוקדשות לחלל. הוצאות כספיות מסוימות, לדוגמה למטרות צבאיות, יכולות להיות מסווגות. יתרה מכך, חלק מההוצאות מקוטלג תחת תחומים אחרים של הוצאות ממשלתיות, לדוגמה טלקומוניקציה או מו"פ. שלישית, השוואת גודל התקציבים של מדינות מעלה נושאים של השוואת עלויות. הוצאות כספיות במדינות בעלות הכנסה נמוכה כמו סין והודו יכולות להיות בעלות כח קנייה גבוה יותר, בהשוואה להוצאות כספיות דומות במדינות בעלות הכנסה גבוהה, מכיוון שמחירי העבודה והשירותים הינם נמוכים יותר.

רוב הממשלות והסוכנויות הציבוריות מפרסמות מידע מסוים על תקציבי החלל, אך חלק מהמידע המקיף ביותר ניתן למצוא רק בפרסומים של מוסדות, אגודות וכד'.

2.2 אינדיקטורים של סטטיסטיקה פרטית

נתונים ממקורות פרטיים מציעים את המידע המפורט ביותר לגבי המרכיבים הבסיסיים של תעשיית החלל והתעסוקה בה. נציין כמה מהם - SIA (Satellite Industry Association), פוטרון, יורוקונסלט.

קיימת אבחנה בין ארבעה חלקים עיקריים של תעשיית החלל: תקשורת לוויינים, תחבורת חלל, מערכות לניווט וחישה מרחוק. תקשורת לוויינית, הכוללת שירותי לוויין, השכרת משדרים, יצור ציוד



קרקעי ויצור לוויינים, מהווה את החלק הארי של התעשייה. שירותי לוויין כדוגמת טלוויזיה ישירות לבית וטלפוניה ניידת, הם "האחראיים העיקריים" על הצמיחה המהירה שחלה בפלח שוק זה.

נתונים סטטיסטיים מגורמים פרטיים מציעים פירוט רב לגבי התעסוקה בתעשיית החלל. סטטיסטיקה רשמית לא נותנת פירוט לגבי פלחי שוק רבים.

נתונים סטטיסטיים מגורמים פרטיים מספקים מידע רב על תעשיית החלל. בדרך כלל, הנתונים נאספים ישירות מהחברות הפעילות בתעשייה שמאגדות באיגודים ענפיים. מכיוון שתעשיית החלל מורכבת בעיקר מחברות גדולות המאורגנות היטב, מתקבל כיסוי טוב של התעשייה בכללותה. אולם, מקורות פרטיים לא תמיד משתמשים בהגדרות הסטטיסטיות המקובלות, ויש מספר אילוצים המגבילים את השימוש בנתונים ממקורות פרטיים. נתונים סטטיסטיים מגורמים פרטיים לא בהכרח תואמים לכללים סטטיסטיים מקובלים.

נתמקד בשלושה חסרונות עיקריים של סטטיסטיקה פרטית בהשוואה לרשמית:

1. משרדי סטטיסטיקה לאומיים מפתחים מערכות נתונים על הערך המוסף של התעשייה ועל עלויות הביניים, המספקות מידע לגבי מבנה העלויות בתעשייה ויוצרות קשר בין התעשייה לערך המוסף הכולל במשק - התוצר המקומי הגולמי. מקורות פרטיים מתמקדים בדרך כלל בנתוני מכירות, בהכנסות של הענף. נתוני היצור וההכנסות שלהם יכולים להיספר פעמיים, כאשר חלק מהתוצרת כבר נספר כתוצרת של חברות אחרות בשרשרת הייצור. הערכות של הערך המוסף ניתנות להתאמה על-ידי החסרת מוצרי הביניים שנרכשו מחברות אחרות, וספירה רק של הערך שמתווסף על-ידי כל חברה.

2. משרדי סטטיסטיקה לאומיים מנסים לשייך את התוצרת של החברות לענפי תעשייה, ולהשתמש בסיווג המאפשר ראייה כוללת של המשק. הסיווג הנוכחי אינו מתאים לענף החלל, אך הוא מהווה מבנה שיתכן וחסר בסטטיסטיקה פרטית. העדר הסיווג האחיד הוא בעייתי כאשר למשל חלק מהגורמים הפרטיים משייכים את התוצרת של החברה לתעשיית החלל, בעוד שגורמים אחרים משייכים אותה לתעשייה אחרת.

3. לשכות סטטיסטיות לאומיות מנסות להשתמש בשיטות שהן עקביות לאורך זמן. זה לא תמיד המצב במקורות פרטיים. בדרך כלל, לשכות סטטיסטיות מפרסמות את התוצאות שלהן כאשר הן משוכנעות שהנתונים מהימנים. מקורות פרטיים בדרך כלל אוספים נתונים על בסיס סקרים ואלה לא תמיד מבטיחים כיסוי טוב של התעשייה, דבר המשפיע על אמינות הנתונים הנאספים.

נתונים סטטיסטיים על תעסוקה נאספים על-ידי גופים פרטיים באופן דומה לנתונים על הכנסות. לעיתים קרובות, הנתונים הסטטיסטיים נאספים באופן ישיר מהחברות הפעילות בתעשייה, או דרך איגודים. מדידה של תעסוקה היא יחסית ברורה ולהבדיל ממדידת ההכנסות אינה מושפעת מספירה כפולה.



קבוצת מדדים נוספת של סטטיסטיקה לא רשמית - מדדים ביבליומטריים. מדובר במספר פרסומים ומספר ציטוטים. מדדים אלה משקפים את הפיריון ואת איכות המחקר. הדו"ח על "מעמדה המחקרי של ישראל בתחומי הנדסת חלל על פי נתונים ביבליומטריים בהשוואה למדינות אחרות", שהוגש במרץ 2007 במסגרת מחקר זה, דן בהרחבה במדדים אלו.

3. השפעה של תעשיית החלל על המשק

3.1 מודלים עיקריים להערכת ההשפעה הכלכלית

בפרק הקודם הבאנו אינדיקטורים רשמיים ולא רשמיים של ענף החלל. מדדים אלה משקפים את מצבה של תעשיית החלל¹¹². השאלה הנשאלת היא כיצד משפיעה התעשייה הזו על המשק?

המודלים העיקריים להערכת ההשפעה של ענף מסוים על המשק הם RIMS II, IMPLAN, REMI¹¹³.

בארה"ב, לצורך אומדן השפעות של ענפי המשק על הכלכלה משתמשים בעיקר בשיטת RIMS II - (The Regional Input-Output Modeling System). בשיטה זו נעשה שימוש רב בהערכת השפעות של ענפים שונים על הכלכלה האמריקאית, והיא נמצאה גם כשימושית לצורך הערכת תעשיית החלל¹¹⁴. מטריצות המקדמים, שעליהן מבוססת השיטה, פותחו על-ידי Commerce Bureau of Economic Analysis (BEA) של ארה"ב עבור אזורים שונים של ארה"ב וקבוצות ענפים, על סמך ניתוח היקפי היצע וביקוש, תעסוקה ומשכורות. מטרת המטריצות - למפות את זרמי המוצרים והשירותים במשק הפדראלי ובמדינות ארה"ב. הן מתארות את קשרי הגומלין בין יצרנים וצרכנים בחתכים שונים. באופן מופשט, כל מטריצה מכילה 38 שורות (מספר קבוצות הענפים) ו-490 עמודות (מספר ענפי המשק). ענפים המוצגים בשורות מספקים את תשומות הייצור לענפים המוצגים בעמודות המטריצה. השיטה כוללת מספר מערכות מקדמים המשקפות את מורכבות הקשרים במבנה הענפי של המשק. בעבר נעשו ניסיונות לבנות את מטריצות המקדמים גם במדינות אחרות. בארץ אין בשימוש כלי כזה לצורך הערכה מקיפה של השפעת ענף החלל על המשק.

שיטות נוספות שבדומה ל- RIMS II מבוססות על ניתוחי היצע וביקוש הן REMI ו- IMPLAN. הראשונה פותחה על-ידי חברת Regional Economic Modeling, Inc ונקראת על שם החברה. זוהי מערכת אקונומטרית משוכללת ויקרה, שגם בה נעשה שימוש בנתוני BEA. השיטה השנייה, מיושמת

¹¹² אין לנו נתונים רשמיים על ערכיהם של המדדים העיקריים בארץ - יש רק הערכות של גורמים שונים. למשל, לפי הערכה של זאב רותם מחברת רותם אסטרטגיה, שניתנה בישיבת ועדת הכנסת, מחזור מכירות שנתי של מדינת ישראל בתחום החלל נע בין 500 ל-600 מיליון דולר; מחצית מהסכום הולך לתעשיות הביטחון במונחים של מכירות שנתיות, בערך 40 אחוזים לחברות תקשורת, כמו גילת, ועשרה אחוזים לחברות שירותים כמו אימאגיסאט (פרוטוקול מס' 19 מישיבת ועדת המדע והטכנולוגיה של הכנסת, 18 ביולי 2006). יש הערכות שונות גם לגבי תקציב החלל הממשלתי; על פי מקורות זרים, ישראל משקיעה בין 50 ל-60 מיליון דולר בשנה בתוכנית החלל שלה (OECD, 2004). יש לקוות שעם כניסתה של ישראל ל-OECD, הלמ"ס יפרסם יותר נתונים רלוונטיים לתחום החלל.

¹¹³ דיון בפרק זה מבוסס בעיקר על: Rickman, D. and Schwer, R (1993).

¹¹⁴ For example: *Economic Impact ...*(2006).



באמצעות תוכנה ובסיסי נתונים, שפותחו על-ידי חברה פרטית - Minnesota IMPLAN Group, Inc, עבור מדינות ואזורים של ארה"ב. בהעדר המטריצות המתאימות לא ניתן להשתמש בשיטות ההערכה הללו.

3.2 לימוד ההשפעות העיקריות

לצורך תיאור ההשפעה של תעשיית החלל על המשק הישראלי בנינו שאלון מחקר שהועבר למנהלים בכירים ונציגים בתעשיית החלל בארץ. בבניית השאלון התבססנו על שני מקורות: הראשון הינו מודל הערכה ממחקר, שנערך על-ידי SQW Consulting (חברת יעוץ בריטית, המתמחה בניתוח תהליכים כלכליים וחברתיים) בשיתוף פעולה עם Social Policy Research Unit (SPRU) של אוניברסיטת סאסקס (המובילה במחקר ויעוץ במדיניות בתחומי המדע, הטכנולוגיה והחדשנות) בהזמנת משרד התעשייה והמסחר הבריטי ו- British National Space Centre (BNSC), והשני - UK Innovation Survey שהינו סקר שנערך במסגרת Community Innovation Survey, שמאפשר לבצע הערכת התקדמות של מדינות האיחוד האירופי בתחום החדשנות. המחקר שערכו SQW ו-SPRU הוא אחד המחקרים הרציניים שנערכו בנושא ההשפעות של תעשיית החלל על המשק, שאינו מתבסס על מטריצות המקדמים, ולכן מצאנו לנכון לאמץ את השיטה שלו בעבודה הנוכחית. סיבה נוספת לאימוץ השיטה נעוצה בכך שהיא מאפשרת ליצור תמונה רב-גונית של השפעות תעשיית החלל באמצעות ראיונות עם אנשי תעשיית החלל ללא שימוש בנתונים כלכליים על פעילות החברות. הצורך בשימוש בשיטה מסוג זה עלה לאחר שבמהלך הראיונות נתקלנו בסירוב מצד כמעט כל החברות לספק נתונים כלכליים על פעילותן.

המחקר שערכו SQW ו-SPRU מתרכז בחמש תוכניות של BNSC ושל סוכנות החלל האירופאית ESA, שאפשרו לחברות בריטיות לבצע מחקר ו/או פיתוח הקשורים לתחום החלל. השאלות העיקריות שבהן עסקו החוקרים היו כדלקמן:

- מהן המגמות בטכנולוגיית החלל ובשוק החלל?
- כיצד מושפעות חברות בריטיות בתחום החלל לאור המגמות הללו?
- מהן נקודות החוזק והחולשה של בריטניה בתעשיית החלל?
- באיזו מידה תעשיית החלל הבריטית תורמת לענפים אחרים על-ידי העברת ידע וטכנולוגיות?
- באילו תחומים של תוכניות עידוד של משרד התעשייה והמסחר הבריטי יש פוטנציאל ההשפעה הגבוה ביותר?
- אילו שינויים בתוכניות העידוד הקיימות צריך לבצע המשרד כדי למקסם את האימפקט הכלכלי של ההשקעות בתחום החלל?



תוצאות המחקר פורסמו ב- ¹¹⁵ Review of Business Support Related Civil Space Activities ובארבעה נספחים טכניים. בהתאם למודל שמציע מחקר זה בנינו שאלון שהועבר לנציגי תעשיית החלל בארץ. השאלון מכסה מגוון רחב של נושאים:

1. מגמות בתעשיית החלל בארץ, מיקום החברה בה, דרכי העידוד הממשלתי:

- שינויים ומגמות עיקריים בתעשיית החלל, השפעתם על החברה.
- שינויים ומגמות צפויים, השפעתם על החברה, עתידה של החברה בתחום החלל.
- תחומי הפעילות – האזרחי והצבאי: חשיבותם לחברה היום ובעתיד.
- מידת החשיבות של גורמים שונים בקבלת ההחלטה להיכנס לתחום החלל האזרחי. מדובר בגורמים כגון שיפור הרווחיות, פיתוח מיומנויות שימשו את החברה גם בתחומי עיסוק אחרים, האצת מו"פ שימש את החברה גם בתחומים אחרים, פיתוח טכנולוגיות שימשו גם בתחומים אחרים, יצירת קשרים שחשובים לחברה, שיפור מוניטין החברה בעיני הלקוחות, הערכה גבוהה של פוטנציאל התחום בעתיד.
- SWOT עיקריים של תעשיית החלל בארץ (SWOT = strengths, weaknesses, opportunities,) (threats).
- תחומים וכיוונים שבהם צריכה הממשלה להתרכז בעידוד של תחום החלל בארץ.

2. המודל העסקי:

- מקורות המימון של הפעילות הקשורה בחלל.
- הלקוחות העיקריים (בארץ ובחול, אזרחי או ביטחוני, ענף כלכלי של הלקוח, שמות הלקוחות והיקף המכירות).
- האופן שבו המחירים מכסים את הוצאות החברה. קיום מרכיב משמעותי של הוצאה קבועה אותו יש לחלק בין הלקוחות (למשל, עלויות בניה ושיגור של לוויין המשרת לקוחות רבים).
- תחרותיות בשוק: המתחרים הישירים והשתייכותם למגזר פרטי או ממשלתי.

3. טכנולוגיות:

- פיתוח טכנולוגיות במסגרת החברה, התאמות טכנולוגיות קיימות.
- פטנטים וזכויות קניין רוחני אחרות.
- שותפים לפיתוח/התאמת טכנולוגיות (כולל גורמים עסקיים, ביטחוניים ואקדמיים).

¹¹⁵ SQW Consulting, SPRU (2003).



4. מו"פ וחדשנות:

- חלוקת היקף המכירות של החברה בתחום החלל בין המוצרים שנכנסו לייצור בשנים 2006-2004, שהיו חדשים בשוק, או חדשים לחברה אך לא לשוק, המוצרים שעברו שיפור משמעותי בשנים אלה, ושאר המוצרים.
- חשיבות תוצאות החדשנות (של מוצרים/שירותים ותהליכי יצור) - מדובר בתוצאות כגון מגוון רחב יותר של מוצרים/שירותים, כניסה לשווקים חדשים או הגדלת נפח שוק, שיפור האיכות של מוצרים/שירותים, הפחתת העלות של יצור המוצרים, הפחתת זיהום האוויר או השפעה בריאותית או בטיחותית חיובית, הגדלת הרווחים.
- חשיבותם של מקורות הידע למו"פ בתחום החלל בחברה - מקורות הידע בהקשר זה מתחלקים לפנימיים (בתוך החברה), מקורות שוק (ספקי ציוד, חומרים, שירותים או תוכנה, לקוחות, מתחרים או חברות אחרות, יועצים, מעבדות או מוסדות מו"פ פרטיים), מקורות מוסדיים (מוסדות להשכלה גבוהה ומוסדות מחקר ציבוריים) ומקורות אחרים (כנסים, ירידים, תערוכות, ספרות מדעית, טכנית וכד', איגודים אזוריים וארציים, תקנים).
- מקור היתרון התחרותי של החברה, והקשר שלו לחדשנות.

5. העברת ידע וטכנולוגיה:

- שימוש בתוצאות העבודה שנעשתה בתחום החלל האזרחי בתחומי פעילותה האחרים של החברה (שיפורים טכנולוגיים בתחומים אחרים, פיתוח מיומנויות ששמשו את החברה בתחומים אחרים).
- השלכות הפיתוח של מוצרים, מיומנויות ושירותים בתחום החלל: כניסה לשווקים חדשים לגמרי עבור החברה, מכירתם לחברות שאינן פעילות בתחום החלל, התאמתם ושימוש בתוך החברה - לייצור מוצרים שלא קשורים לחלל.
- דוגמאות להשפעת העבודה בתחום החלל על פעילות החברה בתחומים אחרים.
- חברות שהוקמו בתחומים קרובים, ושמתבססות על טכנולוגיות ו/או כוח אדם מתחום החלל.
- מקרים אחרים של העברת ידע וטכנולוגיה, שפותחו בתחום החלל, לתעשיות אחרות.

6. השפעות של פעילות בתחום החלל האזרחי על החברה:

- דוגמאות להשפעות בולטות של פעילות בתחום החלל האזרחי על החברה (פעילות חלל בתוך החברה או פעילות חיצונית לחברה שהשפיעה עליה).
- הערכת גודל התרומה של פעילות החברה בתחום החלל האזרחי למרכיבים שונים של פעילות החברה. מדובר במרכיבים כגון פיתוח מוצרים חדשים, פיתוח תהליכי ייצור חדשים, כניסה לשווקים חדשים (שלא קשורים לחלל האזרחי), שיפור הכשרת כוח אדם, רכישת מיומנויות



ושיטות עבודה חדשות, שיפור בדיקת ואבטחת האיכות, התייעלות החברה, יצירת שיתופי פעולה ארוכי טווח, האצת זיהוי ואימוץ של טכנולוגיות מחברות אחרות ומוניטין החברה.

- תועלות שצמחו מתהליכי הלמידה של עובדי החברה בעבודתם בתחום החלל.

צוות המחקר של מוסד נאמן ערך סבב ראיונות עם אנשי מפתח בתחום החלל. ניתוח הראיונות והחומר שנאסף ממקורות שונים יאפשר לנו להתקדם לשלב הבא של המחקר לצורך: זיהוי שינויים ומגמות עיקריות בתעשיית החלל וחיזוי שינויים ומגמות עתידיות, הגדרת תחומים וכיוונים שבהם כדאי לממשלה להתרכז בעידוד של תחום החלל בארץ, הערכת החשיבות של מו"פ וחדשנות בתחום החלל, אפיון התהליכים של העברת ידע וטכנולוגיה, לימוד ההשפעות של פעילות בתחום החלל על פעילות החברות והתעשייה.

4. סיכום

בדו"ח זה הצגנו סדרה של אינדיקטורים רשמיים ולא רשמיים על ענף החלל ונושאים מתודולוגיים רלבנטיים. לעיתים קרובות נתונים סטטיסטיים ממקורות רשמיים אינם מפורטים ואינם בעלי השוואה. רוב שיטות הסיווג של ענפי התעשייה הנמצאות בשימוש של לשכות סטטיסטיות לא מספקות סיווג מיוחד לתעשייה זו, למרות ששיטת הסיווג ענפי התעשייה של צפון אמריקה (NAICS) מהווה בחלקה מקרה יוצא דופן. סיווגי הסחורות מספק אומנם פירוט רב יותר, הוא מכסה סחורות שמיוצרות ונסחרות בלבד. הוא לא מכסה שירותים הקשורים לתעשיית החלל. נתונים על מו"פ ופטנטים גם מספקים מידע מסוים - אבל רק על מאפיינים ספציפיים של התעשייה. נתונים ממקורות פרטיים מספקים פירוט רב יותר, והינם מקיפים יותר, אך מעלים שאלות בנוגע להשוואות בין לאומיות ולהתאמה בין מספר מקורות. ההגדרות שלהם לגבי תעשייה שונות באופן ניכר, וגורמים פרטיים לא תמיד משתמשים במוסכמות סטטיסטיות מקובלות. בכל מקרה, על קובעי המדיניות להיות זהירים כאשר הם משתמשים בנתונים ממקורות פרטיים לצורך קבלת החלטות.

בדו"ח זה הצגנו גם מודלים עיקריים להערכת ההשפעה של תעשיית החלל על המשק, ואת המודל שלפיו בחרנו לבצע את ההערכה של השפעותיה של תעשיית החלל הישראלית.

ביבליוגרפיה

אבן-זוהר, י., זלמנוביץ', ב., כצמון, א., גץ, ד. (2007). מעמדה המחקרי של ישראל בתחומי הנדסת חלל על פי נתונים ביבליומטריים בהשוואה למדינות אחרות. מוסד שמואל נאמן, טכניון, חיפה.

גץ, ד., זלמנוביץ', ב., כצמון, א., סגל, ו., פייקובסקי, ד., אבן-זוהר, י. (2007). דו"ח נתונים על תעשיית החלל בארץ ובעולם. מוסד שמואל נאמן, טכניון, חיפה.

Analysis of the major events in the space sector in 2005 and perspectives for 2006 (2006). News posting on *World Satellite Business Week*.
www.satellite-business.com/news.php?id=30

Department of Trade and Industry (2005). *UK Innovation Survey 2002-2004*.

DTH Pay-TV Revenues Growing Faster Than Subscribers. (2006). [Press release].
<http://www.in-stat.com/press.asp?ID=1586&sku=IN0502139MB>

Economic Impact of Commercial Space transportation on the U.S. Economy: 2004 (2006).
<http://ast.faa.gov/files/pdf/Ecoimpactreportweb06.pdf>

ESA (2005). *The European Space Sector in a Global Context*.

Federal Aviation Administration (2006). *Commercial Space Transportation: 2005 Year In Review*. http://ast.faa.gov/files/pdf/2005_YIR_FAA_AST_0206.pdf

Futron (2006). Satellite Industry Association's *State of the Satellite Industry Report*
<http://www.sia.org/PDF/2006SIASateofSatelliteIndustryPres.pdf>

Haskell, E. (2006). Focusing on Mobile Satellite Services. *The Bridge*.
http://www.mbc-thebridge.com/viewbridge.cfm?instance_id=426

ISRO (2006). Fund Allocation Table.
<http://www.isro.org/resources.htm>

NASA (2005). National Aeronautics and Space Administration *President's FY 2006 Budget Request: Summary*. http://www.globalsecurity.org/space/library/budget/fy2006-nasa/107493main_FY_06_budget_summ.pdf

OECD (2004). *Space 2030 - Exploring the Future of Space Application*. OECD Publication Service. Paris.

OECD International Futures Programme (2007). *The Space Economy at a Glance 2007*. OECD Publication Service. Paris.

Office of Space Commercialization, U.S. Department of Commerce (2004). *Trends in Space Commerce*. Washington.



Rickman, D. and Schwer, R (1993). *A Systematic Comparison of the REMI and Implan Models: The Case of Southern Nevada*. *The Review of Regional Studies*, Fall 1993, pp. 145-148.

Space Foundation (2007). *The Space Report. The Guide to Global Space Activity*.
<http://www.TheSpaceReport.org>

SQW Consulting, SPRU (2003). *Review of Business Support Related Civil Space Activities*. A Report to the Department of Trade and Industry. London.



ד"ר ד.גץ • ב. זלמנוביץ' • א.כצמן • ו.סגל • ד.פייקובסקי • י.אבן-זוהר

מודלים עסקיים בתעשיית החלל

חיפה, 2007

תקציר מנהלים

בתחילת עידן החלל, גורמים ממלכתיים-ציבוריים מילאו את התפקיד המוביל, והמדינות היו הלקוח היחיד של מוצרי החלל ושירותיו. בשל האתגרים הטכנולוגיים המעורבים בפיתוח של יישומי החלל ומשיקולים אסטרטגיים, לא ציפו מגופים פרטיים להיכנס לעסקי החלל. סיום המלחמה הקרה, בעשור האחרון של המאה ה-20, והתפתחות טכנולוגיות התקשורת נתנו דחיפה עצומה להתפתחות שווקים לשימושים מסחריים בטכנולוגיות חלל, שפותחו במקור לשימוש מדיני-אסטרטגי.

תעשיית החלל האזרחית היא ענף צעיר יחסית, והגורמים המעורבים - ממשלות וחברות - ממשיכים עדיין לחפש מודלים תפעוליים ועסקיים אופטימאליים. מוכרים כיום מגוון של מודלים לצרכי שיתוף פעולה מסוג שותפויות "ממשלה-תעשייה", כולל חלוקה בעלויות מו"פ, שותפויות טכנולוגיות ופיתוח משותף של תשתיות. נציין ארבעה מודלים לשותפויות ציבורית-פרטית (public - private partnership):

- המודל הציבורי בלבד (fully public model)
 - המודל של שיתוף פעולה בין-לאומי (international cooperative model) - שת"פ בין מדינות
 - המודל של שותפות פרטית-ציבורית (public-private partnership model)
 - מודל של מיזם פרטי (private enterprise)
- המודל שהולך ונעשה יותר ויותר נפוץ ומקובל הינו המודל של "שותפות ציבורית פרטית". מודל זה תוכנן כשיטת מימון, שתהווה "גשר" לחיבור שני מקורות המימון המסורתיים (הציבורי והפרטי). מודל זה רלבנטי במיוחד לתוכניות חלל בעלות רמה טכנולוגית ו/או סיכוני שוק גבוהים. רעיון הליבה של המודל הזה הוא שהמגזר הציבורי מממן פרויקטים בשלב מוקדם, ואילו במהלך השלב התפעולי, החברות הפרטיות מתפעלות את הפרויקטים, באופן שיוחזר חלק נכבד מההשקעות הציבוריות ההתחלתיות (למשל דרך תמלוגים).

בדו"ח זה, אנו סוקרים את ענפי שוק החלל תוך התמקדות בנושאים הרלוונטיים למודלים עסקיים, מציגים דוגמאות של תוכניות וחברות בענפי השוק השונים תוך הדגשת ההיבטים הקשורים למודלים עסקיים ותפעוליים, ודנים במודלים של שותפות ציבורית - פרטית.



תוכן העניינים

111	1. מבוא
113	2. ענפי שוק החלל ומודלים עסקיים ותפעוליים
113	2.1 תשתית החלל
113	2.1.1 לוויינים
114	2.1.2 משגרים ואתרי שיגור
114	2.1.3 תחנות חלל וקרקע, תשתית מוסדית
115	2.2 ישומים מסחריים קיימים
116	2.2.1 מערכות תקשורת טלפונים
116	2.2.2 שוק הנתונים
117	2.2.3 טלוויזיה ורדיו
118	2.2.4 חישה מרחוק
119	2.3 ישומים מסחריים מתפתחים
119	2.3.1 תחבורה בחלל
119	2.3.2 מודול מסחרי של תחנת חלל
119	2.3.3 קידום מוצרים בסביבת חלל
120	2.3.4 מו"פ בחלל
120	2.3.5 שירותי תיקון בחלל
120	2.3.6 שירותים למקרה של תקלה
121	2.3.7 אנרגית שמש בחלל
121	2.3.8 אספקת דלק בחלל
121	2.4 יישומים ממשלתיים
121	2.4.1 טיסות לחלל
121	2.4.2 תקשורת צבאית ואזרחית
121	2.4.3 חישה מרחוק
121	2.4.4 ניווט
123	2.4.5 יישומים עתידיים
124	3. דוגמאות למודלים עסקיים
124	3.1 חישה מרחוק, Landsat, ארה"ב
125	3.2 מיקרו לוויינים, אוניברסיטת סארי, בריטניה
127	3.3 Iridium, ארה"ב, מחליפה את המודל העסקי
128	3.4 תיירות חלל
130	3.5 שירותי DMB בדרום קוריאה
131	3.6 גילת רשתות לוויין, ישראל



133	4. מודלים לשותפות ציבורית – פרטית
133	4.1 שיקולים כלליים
136	4.2 יוזמות לשיתוף פעולה פרטי-ציבורי של נאס"א
138	4.3 דוגמאות לשיתופי פעולה ציבוריים-פרטיים בינלאומיים
144	5. סיכום
146	ביבליוגרפיה



1. מבוא

בשנים הראשונות של עידן החלל, כאשר המדינות היו הלקוח היחיד של מוצרי החלל ושירותיו, הגורמים הציבוריים מילאו תפקיד מוביל בכל תחומי החלל (פיתוח, יצור, שיגור ושימוש). פיתוח תחום החלל הושפע משיקולי אסטרטגיה, יוקרה והשגת מטרות אזרחיות (לדוגמה, תחרות בין מדינות או השאיפה להשגת ידע מדעי). בשל האתגרים הטכנולוגיים המעורבים בפיתוח של יישומי החלל, וחוסר המודעות לשימושים מסחריים שלהם, לא היתה מעורבות מהותית של גורמים פרטיים. יתרה מכך, ניתן לומר כי המעצמות מנעו במידה רבה מהשוק המסחרי בתחום החלל להתפתח. זה בלט במיוחד במהלך המלחמה הקרה ובעיקר במחצית הראשונה שלה, בגלל המשמעות הרבה שייחסו המעצמות לחלל במאבק ביניהן. למרות המכשולים, המגזר הפרטי הביע עניין ביוזמות בתחום החלל כבר בשלב מוקדם, אולם, פעילות חלל מסחרית החלה באופן משמעותי רק בשנות ה-80 של המאה הקודמת ובעיקר לאחר תום המלחמה הקרה. הפעילויות של המגזר הציבורי בחלל סיפקו לתעשיית החלל אפשרויות להעביר טכנולוגיות מיישומים ציבוריים (אזרחיים/צבאיים) ליישומים מסחריים. מגמה זו צברה תאוצה בשנות ה-90 של המאה הקודמת. הירידה שחלה בתקציבי החלל הממשלתיים, לאחר סיום המלחמה הקרה, אילצה את החברות הפרטיות לחפש דרכים ליישום הידע שרכשו מהעבודה בחו"ם ממשלתיים בתחום החלל, כך שיוכלו לפצות על הירידה בעסקים במגזר הציבורי על-ידי הגדלת המכירות במגזר הפרטי. "המסחור" (commercialization) בחלל נעשה יותר אטרקטיבי עם ההפרטה והליברליזציה של שווקי החלל, דבר שהוביל לבנייה מחדש של תעשיית החלל, לגיבושה ולפיתוח מודלים עסקיים שונים בתחום החלל על ידי החברות.

סיום המלחמה הקרה בעשור האחרון של המאה ה-20 והתפתחות טכנולוגיות התקשורת נתנו דחיפה עצומה להתפתחות שווקים לשימושים מסחריים בטכנולוגיות חלל, שפותחו במקור לשימוש מדיני-אסטרטגי.

מודל עסקי, במובן הבסיסי ביותר, הוא שיטה לעשיית עסקים, שבעזרתה העסק יכול להתקיים ולהרוויח כסף. מודל עסקי מתייחס למיקום העסק בשוק מסוים, לעלויות ולהכנסות. שני מושגים נוספים הקשורים למושג המודל העסקי הם: מודל קונספטואלי (conceptual model) ומודל תפעולי (operational model). המודל הקונספטואלי הוא גישה ליצירת מודל הביקוש בענף עסקי, המשקפת הבנה של הסביבה העסקית בענף, והמבוססת על הנחות המתייחסות למוצר, לשוק, למחירים, למתחרים וכדומה.

המושג של המודל התפעולי במגזר הממשלתי מקביל למושג המודל הקונספטואלי, המתייחס למגזר העסקי, והוא משקף את צרכי המדינה (ביטחוניים ואזרחיים) ומבוסס על הנחות המתייחסות למוצר/לשירות, לצרכנים, לשווקים וכד'.



שני המודלים - הקונספטואלי והעסקי - הם התשובה לשלוש שאלות:

- באיזה תחום פועל העסק?
- איך עושים כסף בתחום זה?
- מהו כיוון ההתפתחות של התחום?

השיקולים העיקריים בבניית המודלים הקונספטואלי והעסקי הם:

- שיקולים עסקיים כלליים:
 - מהו טבעו של הערך המוסף שייווצר?
 - מי הם המשתמשים הפוטנציאליים?
 - מהו מבנה העלויות?
 - מהו פוטנציאל הרווחים?
 - אילו אסטרטגיות יכולות לסייע ביצירת יתרון תחרותי ושמירתו?
- שיקולים נוספים הרלוונטיים לתעשיית החלל:
 - האם תפותח טכנולוגיה נדרשת שתענה על ציפיות היזמים?
 - האם יתפתח שוק לשירותים/מוצרים המוצעים?
 - האם השירותים/המוצרים יהיו עדיפים על שירותים/מוצרים אלטרנטיביים, כאשר יגיעו לשוק?
 - איך ימומן הפרויקט?
 - מהם הסיכונים ומי הגוף האחראי להם?

מודלים עסקיים מתפתחים יחד עם ענפי המשק. ההתפתחויות האחרונות בתעשיית החלל ובענפי טכנולוגיית המידע הקשורות לתעשייה זו מאופיינות במספר מגמות עיקריות: גלובליזציה של השוק; דחף לשילוב של ענפים ומודלים עסקיים; צמיחה המתבססת על טכנולוגיות חדשות; ליברליזציה רגולטורית. לדוגמה, הענף המסורתי של תקשורת מבוססת על קול, בתוספת שירותים המבוססים על האינטרנט ומכוונים למולטימדיה, מניב שרשרת חדשה של שימושים בעלי ערך מוסף. שרשרת זו תעורר שילוב של שרותי תקשורת ושירותים אחרים בענף המאחד את כל השירותים הללו, ויוביל להופעה של מודלים עסקיים חדשים.

בעבודה זו נתחיל בסקירת ענפי שוק החלל - ענפים מסחריים (קיימים ומתפתחים) וענפים ממשלתיים. בכל אחד מהענפים נתייחס למודלים העסקיים (פרק 2), בהמשך, נביא מספר דוגמאות לענפי השוק תוך שימת דגש על ההיבטים הקשורים למודלים עסקיים ותפעוליים (פרק 3), סוגר את העבודה פרק הדין במודלים לשותפות ציבורית - פרטית (פרק 4).

2. ענפי שוק החלל ומודלים עסקיים ותפעוליים

2.1 תשתית החלל

לפי ההגדרה המקובלת, תשתית החלל מורכבת מלוויינים, משגרים, תחנות קרקע, תחנת חלל וציוד אחר בחלל ובקרקע, המאפשרים אספקה של מוצרים ושירותים של תעשיית החלל ללקוחות. שירותים תומכים כגון ביטוח נכללים גם הם בפעילות בתחום תשתית החלל.

2.1.1 לוויינים

תעשיית החלל מייצרת כיום ארבעה סוגי לוויינים עיקריים:

- **לווייני תקשורת** - משמשים בעיקר לצרכים אזרחיים-מסחריים של העברת תקשורת בין יבשות דרך החלל ללא צורך בכבלים ו/או בקו ראייה בין תחנות קרקע. הלוויין משמש כממסר בין שתי תחנות קרקעיות (או בין תחנה קרקעית ולוויין אחר, במידה והמרחק בין התחנות גדול מאוד).¹¹⁶
- **לווייני חישה מרחוק** - לוויינים אשר מצוידים בחיישנים המאפשרים לסרוק חלקים מכדור הארץ, ולשלוח את תוצרי הסריקה בחזרה לכדור הארץ.
- **לווייני ניווט** - רשת לוויינים המאפשרת למקלט מתאים לקבוע את מיקומו המדויק על פני כדור הארץ (קו-אורך, קו-רוחב, קו-גובה) בזמן מסוים, באמצעות תקשורת עם מספר לוויינים.
- **לוויינים למחקר מדעי** - לוויינים למחקר בתחומי אסטרונומיה, מדעי כדור הארץ, פיזיקה סולארית, מדעי החיים וכד'. טלסקופ החלל האבל נמצא על לוויין כזה.

היקף הפעילות של תעשיית יצור הלוויינים ב-2005 - לפי SIA (Satellite Industry Association) - הוא 7.8 מיליארד דולר¹¹⁷). המודל העסקי מבוסס על הממשלות כלקוח עיקרי (71 אחוז מהסכום הנ"ל מתייחס ללוויינים שיוצרו לפי הזמנות ממשלתיות, 29 אחוז - לשוק הפרטי), אם כי נתח הממשלות בשוק הולך וקטן עם הזמן.

בישראל, בייצור לוויינים עוסקת התעשייה האווירית (מפעל מב"ת). החברות המובילות בתחום זה בעולם הן חברות אמריקאיות Boeing, Lockheed Martin, Northrop Grumman, Loral Space & Communications וחברה צרפתית-איטלקית Alcatel-Alenia. חברות Orbital מארה"ב ו-SSTL

¹¹⁶ לפי הנתונים של Analytical Graphics, Inc., ב-2006 היו בחלל 536 לווייני תקשורת, שניים מהם של ישראל (לווייני עמוס).

¹¹⁷ Futron (2006). סכום זה מתייחס לשנה שבה שוגר הלוויין.



(Surrey Satellite Technology Ltd) בריטניה, שהמודל העסקי שלהן נדון בהרחבה בפרק 3.2) מובילות בייצור לוויינים קטנים. מידע רב על החברות העוסקות בתחום החלל בארץ ובעולם ניתן למצוא ב"דו"ח הנתונים על תעשיית החלל בארץ ובעולם", שהוכן על-ידי מוסד נאמן¹¹⁸, הכולל שני ספחים המרכזים מידע רב על חברות בתחום תעשיית החלל בישראל ובעולם.

2.1.2 משגרים ואתרי שיגור

יכולות הלוויינים ועלויות השיגור והתפעול תלויות בין היתר בסוג המסלול שבו מיועד הלווין להיות משוגר. ככל שהמסלול גבוה יותר, כך עולה גודלו של הלווין ועולות הוצאות השיגור והתפעול שלו. מסלול שיגור בגובה נמוך הינו מהיר יותר, והלווין יכול לתקשר זמן קצר יותר עם תחנת הבסיס. לכן, אם רוצים תקשורת לוויינית שבכל רגע נתון תהיה בקשר עם נקודה מסוימת, צריך יותר לוויינים ככל שהמסלול שלהם נמוך יותר.

רוב הלוויינים משוגרים למסלול נמוך (LEO - Low Earth Orbit). סוגי מסלול נוספים הם מסלול בגובה בינוני (MEO - Medium Earth Orbit), מסלול גיאוסטציונרי/גיאוסניכרוני (GEO - Geostationary/Geosynchronous Earth Orbit), ומסלול אליפטי (Elliptical Orbit). מ-1998 עד 2006 שוגרו בעולם כ-750 לוויינים, בשנת 2006 שוגרו 66 לוויינים, ב-62 מתוכם, השיגור הצליח¹¹⁹.

היקף השוק העולמי - לפי הערכת SIA - הוא כ-3.0 מיליארד דולר¹²⁰ (2005) כאשר גם בענף זה המודל העסקי מתבסס על הממשלות כלקוח עיקרי. לפי ה-FAA¹²¹, היקף המכירות לגופים לא ממשלתיים הסתכם ב-1.2 מיליארד דולר.

בארץ, התעשייה האווירית מייצגת את הענף הזה. החברות המובילות את הענף בעולם הן: Boeing, Lockheed Martin, L-3 Communications, Raytheon, United Space Alliance (כולן מארה"ב), EADS Space (הולנד) ו-Arian Space (צרפת).

2.1.3 תחנות חלל ותחנות קרקע, תשתית מוסדית

תחנות קרקע מספקות מערכות פיקוד, בקרה, מעקב וטלמטריה ללוויינים, משגרים וכד'. הן מנוהלות על ידי גופים עסקיים וממשלתיים. תחנות החלל הן פרי הפיתוח המרשים ביותר בתחום החלל. שש עשרה מדינות (ארה"ב, רוסיה, קנדה, יפן, ברזיל והמדינות החברות בסוכנות החלל האירופית (ESA)) השקיעו משאבים מדעיים וטכנולוגיים רבים בתחום זה.

¹¹⁸ ג, ד. ואחרים (2007).

¹¹⁹ Halsband, A. (2007)

¹²⁰ Futron (2006)

¹²¹ Federal Aviation Administration (2006)



לא מצאנו הערכות מוסמכות על היקף הפעילות בתחום תחנות קרקע. האומדן הקרוב ביותר של ה-SIA כולל גם מרכיבי ציוד נוספים. היקף המכירות בתחום ציוד קרקע (שכולל בנוסף למרכיבי תחנות קרקע גם ציוד למשתמשים) הוא כ-25.2 מיליארד דולר¹²².

גם בתחום תחנות הקרקע, החברה שמייצגת את ישראל היא תע"א. בעולם, החברות המובילות בתחום הן: Boeing, Lockheed Martin, Northrop Grumman, Raytheon, EADS Space.

גופים פיננסיים וחברות השקעות, ביטוח ושיווק, אשר תומכות בפעילות החלל, מהווים תשתית מוסדית של תעשיית החלל. חשיבות קריטית ומיוחדת יש לחברות ביטוח העוסקות בתחום זה. ההכנסות מביטוח בתחום החלל הסתכמו ב-2005 ב-0.9 מיליארד דולר¹²³.

2.2 יישומים מסחריים קיימים

יישומי חלל רבים מבוססים על שימוש בלווייני תקשורת, שהינו ענף תעשיית החלל המוביל בהיקפי הפעילות שלו. לוווייני תקשורת יכולים לשמש כ"עמוד שדרה" (backbone) של רשתות תקשורת או להעביר נתונים ישירות ללקוח, שמשמש לצורך קליטתם במכשור נייד (Fixed Satellite Services, or FSS) או נייד (Mobile Satellite Services, or MSS). יישומים אחרים מבוססים על שימוש בלווייני חישה מרחוק וניווט.

ההערכות לגבי היקפי הפעילות בענפי החלל מתייחסות, בדרך כלל, לקבוצות המאחדות סוגים שונים של פעילויות, בעלות מכנה משותף כלשהו:

- **הכנסות משירותי FSS** (מערכות סינון (trunking) בטלפוניה, השכרת טרנספונדרים לשידור ולטלוויזיה בכבלים, VSAT (very small aperture terminal) וסוגים שונים של תקשורת נתונים, ושירותי חישה מרחוק) הסתכמו ב-2005, לפי הערכת ה-SIA, ב-9.8 מיליארד דולר¹²⁴.
- **הכנסות משירותי MSS** (טלפוניה ותקשורת נתונים ללקוחות המשתמשים לצורך הקליטה במכשירים ניידים) - הסתכמו, לפי הערכת ה-SIA, ב-1.7 מיליארד דולר¹²⁵.
- **הכנסות ענף טלוויזיה DHT (direct-to-home) או DBS** (הענף בעל היקף הפעילות הגבוה ביותר), לפי הערכת ה-SIA, הסתכמו בשנת 2005 ב-41.3 מיליארדי דולר¹²⁶.
- **ענף הרדיו הלווייני הכניס** כ-0.8 מיליארד דולר¹²⁷.

¹²² שם. כאן ובהמשך - היקפי המכירות לגופים לא ממשלתיים.

¹²³ Bates, J. (2006)

¹²⁴ Futron (2006)

¹²⁵ ibid

¹²⁶ ibid

¹²⁷ XM Satellite Radio ... (2006). SIRIUS Satellite Radio Reports ... (2006). Worldspace, Inc. (2006).



- **ניווט**: לפי הערכת BI Research, היקף השוק העולמי של טכנולוגיות ניווט מבוססות לוויין הוא 21.8 מיליארד דולר. מדובר בעיקר בטכנולוגיות, הקשורות ב-GPS (Global Positioning System).

החברה הישראלית המובילה בענף התקשורת הלוויינית היא חלל תקשורת (Spacecom). מתחריה בעולם הן Intelsat (ברמודה, ארה"ב. כיום חברה פרטית. הוקמה ב-1964 כקונסורציום בין-ממשלתי), Eutelsat (צרפת. הוקמה ב-1977 כארגון בין-ממשלתי), Inmarsat (בריטניה) ו-Comsat (ארה"ב, חברה פרטית בין-לאומית), Astra (לוקסמבורג).

בשווקי הנתונים (כולל טלפוניה, טלוויזיה, רדיו ווידיאו) פועלת החברה הישראלית גילת רשתות לוויין בע"מ ובעולם, חברות כגון Hughes Network Systems (ארה"ב- חברה בת של Hughes Communications), ViaSat (ארה"ב), ו- שתי חברות פרטיות: EMS SATCOM (קנדה), ו-iDirect Technologies (ארה"ב).

2.2.1 מערכות תקשורת טלפונים

העברת הנתונים של תקשורת הטלפונים (כולל פקס ומודם בקווי הטלפון הרגילים) דרך לוויינים לתשתית הטלפוניה היבשתית ואספקת שירותי טלפון למשתמשי קצה קבועים וניידים. לענף הזה משייכים גם שירותי טלפוניה המשמשים גורמים ממשלתיים. טלפוניה לוויינית החלה לפעול ב-1965. שני השימושים העיקריים שלה הם:

- מערכות סינוף - דרך הלוויינים מתבצעת, כבר במשך עשרות שנים, העברת שיחות טלפון למרחקים גדולים בצורה יעילה וזולה. רוב השיחות עוברות דרך כבלים (המאפשרים איכות גבוהה יותר), אבל אזורים ומדינות, שחסרה בהם תשתית כבלי טלפון, מסתמכות על חיבור לווייני.
- שירותים לטלפונים סלולאריים - העברת שיחות, הודעות, נתונים - לצרכים אזרחיים וצבאיים.

מודל עסקי: זהו ענף עסקי ממוסד היטב עם מעורבות של חברות תקשורת, מימון בינלאומי ומשתמשי קצה. דוגמה מפורטת למודל עסקי זה מובאת בפרק 3.3.

2.2.2 שוק הנתונים

ענף תקשורת הנתונים עוסק בהעברת נתונים דרך לוויינים למשתמשים קבועים וניידים. הענף כולל את כל היישומים המבוססים על מסירת נתונים תוך שימוש בפרוטוקול אינטרנט (IP) או בפרוטוקולים אחרים. ענף תקשורת הנתונים נפתח ב-1965 וכולל: רפואה מרחוק, למידה מרחוק, וועידות וידאו על רשתות תקשורת פרטיות, מעקב נכסים, הפצת סרטים דיגיטאלית, מכשירי GPS, ושימושים ממשלתיים בשירותי הנתונים.



השימושים העיקריים של הענף כיום הם :

- שירותי VSAT (very small aperture terminal) - העברת נתונים, העברת קול ווידאו בין מספר בלתי מוגבל של אתרים.
- העברת נתונים ישירות ללקוח (בדומה ל- טלוויזיה DTH). ספקי השירות המובילים הם WildBlue ומפעילי VSAT (כמו HughesNet וגילת).
- אספקה של גישה לאינטרנט באזורים מרוחקים.
- העברת הודעות (SMS), דואר אלקטרוני וכד' לטלפונים ניידים ולמכשירים אחרים.
- שימושים אזרחיים וצבאיים על-ידי מוסדות מדינה (NASA, למשל, מפעיל רשת Deep (DSN Space Network) כדי לקיים קשר דו-סטרי עם החלליות).

הגורם החשוב ביותר הקובע את הביקוש בענף זה הוא חוסר או קיום של חלופות כגון תקשורת דרך רשת כבלים תת-ימיים מסיבים אופטיים, פתרונות ISDN וכד'.

מודל עסקי: שווקי תקשורת נתונים מבוססים על ענפים עסקיים ממוסדים היטב בעלי אופי בינלאומי, או שהינם שווקי נגזרת המתפתחים מעסקים קיימים אלה. מודל עסקי טיפוסי לספקי שירותי תקשורת נתונים הוא קונים של ציוד לתחנות קרקע, שוכרים של שירותי טרנספונדרים ממפעילי הלוויינים, ומוכרים של חבילות תקשורת לצרכנים. בפרק 3.6 מתוארת בהרחבה חברת גילת תקשורת, שהינה אחת החברות המובילות בעולם של השוק הזה.

2.2.3 טלוויזיה ורדיו

שווקי הטלוויזיה והרדיו כוללים שימוש בלוויינים להעברת תוכניות שמע ווידאו באופן ישיר לצרכן, או דרך רשתות טלוויזיה בכבלים מקומיים. תתי הענפים העיקריים של שוק זה הם :

- טלוויזיה משדרת (שידור של תוכנות וידאו ואספקה של חדשות ואירועים בשידור חי מהשטח למרכזי רשתות הטלוויזיה),
- טלוויזיה בכבלים (שידור של תוכנות וידאו באמצעות כבלי תקשורת) - העברת תוכניות טלוויזיה לשלוחות של הגופים המשדרים או לתחנות כבלים (cable head-ends). שירותים אלה (שירותי FSS) ניתן לקבל דרך ליסינג של טראנספונדרים לווייניים.
- טלוויזיה ישירה הביתה (Direct-to-home DTH) (אספקה של שירותי וידאו באופן ישיר למקלטי הצרכנים). לוויינים המספקים שירות זה נקראים BSS (broadcast service atellites) או DBS (direct broadcast satellites). הלוויינים מעבירים את אותות השידור לאנטנות -



צלחות. חברת Yes מפעילה שירות זה בארץ; הספקיות המובילות בעולם הן DirecTV בארה"ב (עם למעלה מ-15 מיליון מנויים), ExpressVu (קנדה), BSkyB (אירופה), SKYPerfecTV (יפן).

- טלוויזיה סלולארית - העברת שידורים למכשירים ניידים ולכלי רכב. שירות זה, שהתפתח ביפן ובקוריאה, נקרא Satellite digital media broadcasting.

- תקשורת וידאו בצבא ארה"ב (שירות משולב GPS).

- שירות רדיו דיגיטלי (Digital audio radio service DARS) (העברת תוכניות רדיו ישירות למקלטי הצרכנים דרך לוויין).

לוויינים מתאימים מאוד לצורך שידור והפצת תוכנות וידאו, לכן קשה לצפות שיפסידו בתחרות עם רשתות הכבלים של סיבים אופטיים. קיים איזון בין שירותי טלוויזיה ישירות לבית באמצעות לוויין לבין הטלוויזיה בכבלים. שרותים אלה ניתנים לאזורים בעלי אוכלוסייה מעטה ובשווקים מתפתחים.

מודל עסקי: העסקים בשוק זה הינם עסקים קיימים ומבוססים. זה שוק מתרחב ומתפתח עם הצמיחה במערב, ועם הליברליזציה בשווקים המתפתחים והתקדמות טכנולוגיית הוידאו (ראו פרק 3.5).

2.2.4 חישה מרחוק

שירותי חישה מרחוק כוללים קליטה של הדמיות תוך שימוש בפלטפורמות מבוססות חלל, העברת הנתונים הגולמיים לתחנות קרקע, והפצתן של ההדמיות. בפרק (מספר הפרק) ניתן פירוט לגבי לווייני חישה מרחוק ממשלתיים למטאורולוגיה ולמודיעין. שירותי החלל בשוק זה מתחרים עם שירותים דומים הניתנים על-ידי מטוסים; לעתים קרובות הם פועלים בנישות נפרדות של שוק החישה מרחוק. הנושא נדון בהרחבה בפרקים 3.1 ו-3.2.

בישראל פועלת בענף זה חברת Imagesat. החברות המובילות בשוק העולמי בתחום הן: Geoeye (ארה"ב, נוסדה ב-2006, בעקבות הרכישה של Space Imaging על ידי Orbimage), Digital Globe, (ארה"ב, מיזוג של WorldView עם Ball Aerospace & Technologies Corp), Spot Image (צרפת, מחזיקי המניות העיקרים הם: סוכנות החלל הצרפתית CNES ו-EADS), Harris Corp. (ארה"ב).

מודל עסקי: המודל הבסיסי מניח מערכות מסובסדות על-ידי ממשלות עם ארגונים המוכרים מגוון הדמיות בעלות מאפיינים טכניים שונים ומחירים בהתאם. מודל אחר מבוסס על מערכות שבאופן מלא נמצאות במימון פרטי. מודלים עסקיים כוללים רכישה ממשלתית של נתונים למטרות ניהול משאבים, חקלאות, תכנון ערים, מודיעין צבאי ויישומים קשורים אחרים. היישומים יכולים לכלול הפצה של מוצרי חישה מרחוק גולמיים למשתמשים אינדיבידואליים דרך האינטרנט, כאשר המשתמש מעבד ומתפעל את הנתונים באמצעות חבילות תוכנה. קיימת גם אופציה של מכירת זמן שליטה בלוויין כפי שמציעה חברת Imagesat הישראלית.



2.3 יישומים מסחריים מתפתחים

2.3.1 תחבורה בחלל

ענף התחבורה בחלל כולל שירות תחבורת נוסעים הנע מסביב לכדור הארץ לצרכי פנאי, עסקים וכד'. הענף לא כולל צרכים ממשלתיים כגון טיסות צוותי אסטרונאוטים לתחנות חלל ותחבורת חלל לצוותים צבאיים. הענף "נפתח" בשנים 2001-2002 כאשר שני תיירים טסו ברכב חלל רוסי "סויוז" ושלמו עבור טיסה זו 20 מיליון דולר כל אחד (אם כי לפנייהם טסו לחלל ב"סויוז" עיתונאי יפני ומדען בריטי). בענף תיירות החלל פועלות חברות פרטיות: Space Access, Virgin Galactic, Transorbital, X Rocket, Space Adventures.

מודל עסקי: תחבורה בחלל תהווה גם צורה חדשה של תחבורה וגם יעד חדש בענף התיירות. חבילות אפשריות שתספקנה על-ידי סוכני מכירות תהיינה שונות בתוכן, במחיר, במשך הזמן, כמו גם בסוגים שונים של התנסות בטיסת חלל. פרק 3.4 עוסק בהרחבה בנושא התיירות בחלל.

2.3.2 מודול מסחרי של תחנת חלל

למודול מסחרי של תחנת חלל (מתקן אורביטלי הדומה לשלוחה של תחנת חלל או פלטפורמת צוות עצמאית) יכולים להיות שימושים רבים, כגון מחקר ופיתוח, למשל בתחומי המיקרו-גרופיטציה והרוקחות, או גם שימוש כיעד לתיירות חלל.

מודל עסקי: המודל מבוסס על שימוש במודול מסחרי. שווקים אפשריים של מודולים מסוג SpaceHab המוצמד לתחנת חלל, הם בתחומי מחקר כוח כבידה, עשיית סרטים בחלל וכד'.

2.3.3 קידום מוצרים בסביבת חלל

קידום ופרסום של מוצרים בסביבת החלל מתחלקים לשלושה תחומים: פרסום מוצרים, פרסום לוגו, ומכירת מוצרים שהיו בחלל. מספר חברות שהשקיעו בפרסום בחלל הן: פיצה האט, פפסי, פייס ספייס פן ורדיו-שק. השוק נפתח עם פרסום המוצרים באמצעות תחנת החלל "מיר". בחודש אוקטובר השנה, העמותה ללווינות זעירה בישראל (INSA), יצאה במיזם מהפכני לרכישת שטחי פרסום על גבי לוויין ב-eBay. מכרז זה, אשר מציע לראשונה, שטח לפרסום לוגו מסחרי על לוויין, יסייע לעמותה במימון השיגור של הננו-לוויין הישראלי הראשון INSA-NOMAD ובמימון בניית תחנת קרקע לקליטה ותפעול לווייני חובבים וננו-לוויינים מכל העולם. המתחרה העיקרי לשוק זה הוא הפרסום ה"קונבנציונאלי".



מודל עסקי: פרסום בסביבת החלל הוא ענף מסחרי קיים אך קטן. קהל היעד שלו הן חברות המעוניינות בפרסום. המודל העסקי יכול להיות דומה למודל של מכירת פרסום על גבי כלי רכב. הוא יכול גם לכלול שימוש בצוות שאומן למטרת קידום הפרסום.

2.3.4 מו"פ בחלל

ענף המו"פ בחלל כולל שימוש בסביבת החלל לבחינת ציוד חדש, רכיבים ומודולים שנועדו לשימוש בתעופה או במשימות חלל. זה יכול להתבצע באמצעות הקמת מתקן מו"פ קבוע בתחנת חלל, או באמצעות השקת לוויין ייעודי לביצוע ניסויים טכנולוגיים. התחרות תהיה מול מתקני מו"פ שמדמים תנאי חלל הממוקמים על פני כדור הארץ, המתאימים לרוב צורכי המחקר. לא צפוי כאן שוק גדול. חלקם של הפרויקטים הטכנולוגיים, שדורשים שימוש במתקני מו"פ בחלל, לא יהיה גדול כנראה.

מודל עסקי: יצרני ציוד חלל או/ו קבלני משנה יעדיפו במקרים מסוימים לבצע את המו"פ בחלל במקום במתקני קרקע, כדוגמת שימוש תא ואקום תרמי, שיכול להיות חשוב למו"פ של פרטי ציוד גדולים או מורכבים המיועדים לעבוד בהעדר כוח כבידה או בסביבות ואקום.

2.3.5 שירותי תיקון בחלל

שירותי תיקון ותחזוקה של ציוד הנמצא בחלל יכולים להתבצע על-ידי צוות שהוכשר לכך או באמצעות רובוטים. השירות המתחרה הוא שיגור לווייני גיבוי שהוכנו מראש למקרה של תקלה. שוק שירותי תיקון בחלל יהיה בינלאומי, כך שה"מוסכניקים" בחלל יוכלו לשרת את הכלים והפלטפורמות בחלל.

מודל עסקי: כלי חלל יקבלו שירות במסלול, מצוות אנושי או מרובוט הנשלט מרחוק, אשר ימנעו נזקים מהפסקת תפקודו, ישפרו/ירחיבו את יכולות הציוד הנמצא בחלל ויאריכו את זמן השירות שלו. נכסי חלל יכולים להיות מתוקנים בחלל או להיות מוחזרים לארץ לשחזור והשקה מחדש. הסדר כזה יגרום להפחתה בהפסדים של מפעילים וחברות ביטוח עקב תקלות. ציוד חלל משוחזר יכול להימכר במכירה פומבית לאספנים בשל ערכו ההיסטורי.

2.3.6 שירותים למקרה של תקלה

מדובר באספקת תחליף תפעולי, שיהיה זמין לאופרטורים של לוויינים במקרה של כישלון לוויין בחלל, ויבצע באמצעות שימוש בלוויינים שיש ביכולתם לקחת על עצמם היקפי עבודה נוספים. שירות זה מפחית את אובדן ההכנסות למפעילי לוויינים. תחרות בפלח שוק זה כוללת שיגור לווייני גיבוי שהוכנו מראש למקרה של תקלה, או שירותי תיקון תקלות ותחזוקה של לוויינים בחלל.

מודל עסקי: עסק המספק שירותים למקרה של תקלה, ויכול לשגר לוויין אחד או יותר, כאשר הכוונה היא להחכיר תכולה וביצועים למפעילים שחוו כישלון. העסק יכול להיות ממומן דרך חיסכון



בהוצאות ביטוח. מודל עסקי מציאותי יותר הוא החכרת משדרים נוספים על לוויינים הנמצאים במסלול למפעילים שחוו כישלון.

2.3.7 אנרגית שמש בחלל

לוויינים, שמייצרים אנרגיה סולארית, יכולים לספק אותה לכלי חלל ומתקנים אחרים הנמצאים בחלל. בכל העולם מתבצע כיום מחקר רב בנושא אספקת אנרגיית השמש, המיוצרת על-ידי לוויינים לכדור הארץ; אספקת אנרגיית שמש לכלי חלל תהיה כנראה פשוטה יותר מבחינה טכנולוגית.

מודל עסקי: יצרני לוויינים מפתחים דור חדש של כלי חלל המופעלים על בסיס אנרגיה סולארית המועברת מלוויינים המייצרים אותה. קיימות שתי גישות חלופיות: הקטנת גודל הפנלים הסולאריים בלוויינים המקבילים (חיסכון יגיע מהקטנת עלויות הייצור ומעלויות שיגור נמוכות יותר הודות למשקל נמוך) או העלאת תפוקת הלוויין, למשל באמצעות העמסת יותר משדרים על לוויין, אשר עשויה לגרום לכך שהמפעילים יוכלו להשיק פחות לוויינים כדי למלא את הדרישה לשירותי לוויין, דבר שינמיך את עלויות הייצור וההשקה. "החיסכון" יחולק בין החברה המייצרת את האנרגיה, ובין יצרני הלוויינים והמפעילים.

2.3.8 אספקת דלק בחלל

ניתן להשתמש במחסני דלק ובמערכות להעברתו כדי לתדלק פלטפורמות בחלל. תשתית זו עשויה לכלול מחסנים וכלי הובלת דלק מהמחסנים לפלטפורמות. אפשר להניח שתשתיות כאלו ינוהלו תחילה על-ידי גופים ממשלתיים, עם אפשרויות של ניהול מסחרי שתופענה בשלב מאוחר יותר.

מודל עסקי: בשלב הראשון, מערכת אספקת הדלק בחלל יכולה להיות מופעלת וממומנת על-ידי ממשלות, כשלמפעילי לוויינים ופלטפורמות יכול להיות חוזה לשימוש בשירותים אלה. יצרני הלוויינים יצטרכו להשקיע בתכנון הדורות העתידיים של הלוויינים על מנת להשתמש במערכת האספקה של הדלק בחלל.

2.4 יישומים ממשלתיים

2.4.1 טיסות לחלל

תחנות החלל הן פרי הפיתוח המרשים ביותר בתחום החלל. שש עשרה מדינות (ארה"ב, רוסיה, קנדה, יפן, ברזיל והמדינות החברות בסוכנות החלל האירופית ESA) השקיעו משאבים מדעיים וטכנולוגיים רבים בתחום זה. טיסות לתחנות חלל לצורך משימות לוגיסטיות ומדעיות או לצורך החלפת הצוותים בתחנות - הם יישומים מובהקים של ממשלות. בנוסף לתחנות חלל, טיסות אסטרונאוטים ורכבי חלל פלנטאריים ואורביטליים משמשים לצרכי חקר החלל ולגילוי תופעות ביקום.



מודל תפעולי: תמיכה בטיסות לתחנות החלל מבוססת על צרכי הפעלת התחנות. תפעול מסחרי של תחנות החלל ותוכניות המחקר שלהן עשויים להיות רווחיים (פרק 2.3.2). המודל יכול גם טיסות אחרות לחלל לצרכי מדע - מגזר ממשלתי, המבוסס על אספקה למחקר מדעי.

2.4.2 תקשורת צבאית ואזרחית

מדינות רבות מפעילות מערכות תקשורת מבוססות לוויינים ופלטפורמות טלמטריה שמשמשות יישומים צבאיים ואזרחיים.

מודל תפעולי: מבוסס על הדרישה ממערכת צבאית. ממשלות יכולות להפעיל לווייני תקשורת צבאיים, או להעביר חלק מהתקשורת ממערכות צבאיות למערכות מסחריות, כאשר הממשלה היא הלקוח המשלם.

2.4.3 חישה מרחוק

פלטפורמות חישה מרחוק, צבאיות ומדעיות, מיועדות למשימות אזרחיות (הדמיית כדור הארץ והאטמוספירה) וצבאיות (איסוף מודיעין), תוך שימוש בחיישנים הממוקדים בפני השטח ובאטמוספירת כדור הארץ.

מודל תפעולי: אספקת השירותים מבוססת על צרכים צבאיים של מדינות, ובסקטור האזרחי בעיקר על תוכניות ממשלתיות ואוניברסיטאיות הקשורות לניהול משאבי הארץ, מטאורולוגיה ומחקר מדעי הקשור לאטמוספירת הארץ ופני השטח. נרחיב את הדיון בנושא זה בפרק 3.1.

2.4.4 ניווט

פלטפורמות ניווט אורביטליות מיועדות לספק נתוני זמן ומיקום למטרות ניווט (מוצרים בעלי ערך מוסף נידונו בפרק 2.1.2 המוקדש לשוק הנתונים המסחרי). מערכת הניווט הלווייני GPS החלה את דרכה כבר בשנות ה-50 של המאה הקודמת, אבל במשך שנים רבות הייתה מסובכת לתפעול ומאוד לא מדויקת. בתחילת שנות ה-80 המערכת הפכה למדויקת ברמה סבירה, ומספר שנים לאחר מכן החלו יישומים מסחריים שלה. השימוש במערכת GPS (קבלת נתונים על המיקום) אינו עולה כסף למשתמש, ואפליקציות שונות, המבוססות על GPS (בטלפונים סלולאריים, במכוניות וכד'), נמכרות בהיקפים הולכים וגדלים. ב-2005 פותח תחום חדש לחלוטין גאו-אינפורמטיקה – הכולל קישור, ניתוח ועיבוד מידע אוטומטי מתצלומי לוויין ונתוני GPS, אשר מאפשרים מתן מגוון של שירותי מידע, ניווט, ותקשורת חדשניים. לדוגמה, חקלאות מתוחכמת המבוססת על ניתוח מצב היבולים על פי חתימתם הספקטארלית בצילומי לוויין, והפנייה אוטומטית של משאבים מתאימים (כגון השקיה במידת הצורך).



מודל תפעולי: סוכנויות ממשל בארה"ב וגם במקומות אחרים מספקים אינפורמציה חופשית על הזמן והמיקום. נתונים אלה מאפשרים למגוון עסקים מסחריים לשרת משתמשים ניידיים בארץ, בים ובאוויר.

2.4.5 יישומים עתידיים

יישומים עתידיים של מערכות חלל ממשלתיות כוללים:

- **חילוץ בחלל** - משימות חילוץ בחלל מיועדות לסיוע מהיר בחילוץ ועזרה לאנשים בחלל הנמצאים במצוקה. מודל תפעולי: הבטיחות של אנשים בחלל הינה באחריות הממשלות. עם הזמן יכול להתפתח מודל עסקי דומה לזה של שירותי אמבולנס פרטי.
- **גילוי והשמדת אסטרואידים** - פלטפורמות בחלל יכולות לשמש לצרכי זיהוי, מעקב, שינוי כיוון התנועה או לצרכי השמדת עצמים בחלל המאיימים להרוס את הביוספירה של כדור הארץ. מודל תפעולי: כל גילוי או השמדה של אסטרואידים יהיו כתוצאה ממאמץ ממשלתי או בין-ממשלתי. המימוש של מערכות אלה יתבסס על סדרי העדיפויות והתקציבים של המדינות.
- **אכיפת חוק** - לוויינים וציוד חלל אחר יכולים לאפשר פיקוח ומעקב אחרי פעילות פושעת על פני הארץ או בחלל. ניתן למקם בחלל גם צוותי אכיפת חוק. מודל תפעולי: גופי אכיפת חוק מקומיים, לאומיים ובינלאומיים יהיו המפעילים והמרוויחים ממערכות כאלה. לא צפוי שאלמנט מסחרי יהיה מעורב, למרות שניתן לחשוב על כך שחברות ביטוח יספקו חלק מהמימון.
- **שליטה בתנועה בחלל** - פלטפורמות חלל יכולות לפעול לצורך זיהוי, מעקב ושליטה בתנועה בחלל. מודל תפעולי: זו תהיה פעילות ממשלתית בדומה לשליטה בתנועת האווירית בענף התעופה.
- **מערכות נשק** - פלטפורמות מבוססות חלל יכולות לשמש לנטרול פעילויות עוינות על פני הקרקע ובאטמוספירת כדור הארץ, כמו גם בחלל. צוותים צבאיים המוצבים בחלל יכולים להיות מיועדים למשימות מתקפה צבאית והגנה. מודל תפעולי: מגזר זה יכול להיות מופעל על-ידי צבאות, ומימושו תלוי בצרכי הביטחון הלאומי, עדיפויות תקציביות וחוקים בינלאומיים. קיים חשש שגם קבוצות טרוריסטים יכולות להשתמש בכלי נשק כאלה בעתיד.



3. דוגמאות למודלים עסקיים

בפרק זה מובאות מספר דוגמאות למודלים העסקיים השונים שהוצגו בפרק 2.

3.1 חישה מרחוק, Landsat - ארה"ב

שירותי חישה מרחוק החלו בתחום הצבאי, והיום הם חסרי תחליף במטאורולוגיה, חקלאות, ניטור אסונות טבע, הגנת הסביבה ושירותי הצלה וכו'. לווייני חישה מרחוק מצוידים בחיישנים המאפשרים לסרוק חלקים מכדור הארץ, ולשלוח את התוצרים בחזרה לכדור הארץ תוך שימוש במגוון של טכנולוגיות. הפופולאריים ביותר הם לווייני הצילום, אשר מצוידים במצלמה אלקטרו-אופטית, ושולחים תצלומים (או הדמיות - images) של כדור הארץ. במהלך השנים פותחו מצלמות מתוחכמות יותר המאפשרות דיוק וכושר הפרדה גדול יותר. טכנולוגיה חדשנית יותר היא טכנולוגיית צילום ה-SAR (Synthetic Aperture Radar), שבמסגרתה מצוידים לוויינים במכשיר מכ"ם המשדר אותות וקולט את האנרגיה שחוזרת מהקרקע. טכנולוגיה זו אינה תלויה במצב התאורה, או בשינויי מזג אוויר (עננות מהווה עדיין מגבלה ללוויינים בעלי מצלמות אלקטרו-אופטיות רגילות), והינה בעלת יתרונות נוספים. קיימים חיישנים ייעודיים נוספים לאותות דיגיטליים, לקרינה, מקורות חום וכד'.

ללווייני חישה מרחוק קיימים שימושים מגוונים, ביניהם:

- **איסוף מודיעין צבאי** – בעיקר איסוף מידע חזותי (לווייני צילום ו-SAR), אך יש גם לווייני האזנה אשר מסוגלים לקלוט אותות אלקטרוניים ואותות של מערכות תקשורת.
- **התרעה** – סנסורים ייעודיים מאפשרים זיהוי שיגור של טילים או ניסויים גרעיניים, ומסוגלים לעקוב אחרי מסלול טיל ולחשב את נקודת הפגיעה.
- **צילום אזרחי** – מיפוי, מעקב אחר נדל"ן, מעקב אחר גידולים חקלאיים, גילוי מחצבים ועוד.
- **מעקב וחיזוי מזג אוויר**.

לפי כושר ההפרדה של החיישנים, מתחלקות מערכות צילום (הדמיה) למערכות בעלות רזולוציה נמוכה (120 מטרים או יותר), רזולוציה בינונית (בין 10 ל-119 מטרים) ורזולוציה גבוהה (פחות מ-10 מטרים). כושר ההפרדה נקבע על פי גודלו של מרכיב התמונה הקטן ביותר (פיקסל) שהמערכת "תופסת". השימושים במערכות השונות הם מגוונים. בכל אחת מהקבוצות היו מניעים שונים להקמת המערכות, ולכל אחת מהקבוצות יש היסטוריה משלה ומודלים תפעוליים ועסקיים שונים.

מערכות בעלות רזולוציה נמוכה משמשות בעיקר לצרכי חיזוי מזג אוויר. עלויות הבנייה והשיגור גבוהות מאוד, ונשאות בידי הממשלות. למרות שמידע על מזג האוויר הוא מוצר ציבורי, אשר צריך



להיות מסופק לציבור ללא תשלום או בתשלום מינימאלי, הפכו תצלומים והמידע המעובד מהלוויינים לבסיס של ענף מסחרי עם מחזור מכירות של כרבע ביליון דולר¹²⁸.

מערכות עם רזולוציה גבוהה משמשות קודם לצורך איסוף מודיעין צבאי, אבל למידע שהן מספקות יש ביקוש גם בשוק הפרטי.

בענפי גילוי מחצבים, חקלאות וענפים נוספים משתמשים בעיקר במערכות בעלות רזולוציה בינונית. שוק השירותים של מערכות אלה לא נוצר על-ידי הצבא, אם כי בשני העשורים האחרונים הצבא הפך בו לקוח חשוב. המערכות נולדו כתוצאה מהגבלות ממשלתיות שהוטלו על חברות פרטיות לגבי רזולוציית התצלומים, במטרה למנוע נזק ביטחוני. התוכנית החשובה והוותיקה ביותר בתחום זה היא תוכנית Landsat שהופעלה על-ידי סוכנויות הממשל האמריקאי. התצלומים שהתוכנית מספקת משמשים ליישומים רבים ומגוונים ביערות, חקלאות, שירותי תגובה לאסונות טבע, גילוי מחצבים וכד'. בעבר נעשו ניסיונות להפריט את Landsat. חברות General Electric ו-Hughes הקימו חברה משותפת EOSAT, אשר זכתה במכרז לשיווק ואספקת תצלומים ממערכות Landsat-4,5. כדי לכסות את ההוצאות על ההפרטה, העלתה EOSAT את מחיר התצלום מ-\$300 ליותר מ-\$5,000. דבר שגרם לכך שלקוחות רבים (בעיקר מוסדות אקדמאים וסוכנויות אזרחיות) לא יכלו לעמוד במחירים החדשים. הקונגרס החליט ש-EOSAT תמשיך אומנם לעבוד עם מערכות Landsat-4,5,6, אבל המערכת הבאה, Landsat-7, תחזור לממשלה תופעל על-ידי NASA ומשרד הביטחון, והתצלומים יימכרו במחיר המבוסס על כיסוי הוצאות בכ-\$600. ב-1999 התחילה לפעול, מערכת Landsat-7, חברת Space Imaging, שרכשה את EOSAT, התאימה את המחירים לתנאי השוק חדשים, איבדה רווחים, והחזירה את הזיכיון לממשלה. ההפרטה נכשלה.

שירותי חישה מרחוק, המבוצעים באמצעות מטוסים, מופעלים על-ידי חברות מהמגזר הפרטי. חישה מרחוק מהחלל נשארה ברובה במגזר הציבורי. רוב הניסיונות "למסחר" או להפריט את הענף נכשלו מפני שלא קיים בסיס של לקוחות רחב מספיק על מנת לממן את העלויות הקבועות העצומות הקשורות בפיתוח, בנייה, שיגור והפעלת מערכות חישה מהחלל.

3.2 מיקרו לוויינים מאוניברסיטת סארי

אחת מהחברות המובילות בתחום המיקרו-לוויינים היא חברת Surrey Satellite Technology Ltd (SSTL). סיפור החברה הוא סיפור הצלחה מעניין במיוחד. חברה פרטית זו נולדה באוניברסיטת Surrey ב-1985, והיא פועלת בשיתוף פעולה עם מרכז החלל של האוניברסיטה ועם המרכז הלאומי הבריטי לחלל (British National Space Centre). SSTL הוקמה במטרה למסחר את תוצאות המחקרים ההנדסיים והניסיון שהצטבר בנושא לוויינים קטנים במרכז להנדסת חלל באוניברסיטה.

¹²⁸ Green, K. (2006).



החברה החלה את דרכה בבניית לוויינים לחובבי רדיו, וכיום היא החברה המובילה בפיתוח, ייצור ושיגור של לוויינים קטנים וזולים, בבניית תחנות קרקע ללוויינים אלה ובהפעלתם בחלל. מחזור המכירות של החברה ב-2006 היה כ-21 מיליון פאונד. 85 אחוז ממניות החברה הן בבעלותה של אוניברסיטת סארי, ובעבר רווחיה עברו לאוניברסיטה, אבל החל משנת 2000, כשהיה ברור שהמיזם הפך לחברה שהיא שחקנית מכובדת בתעשיית החלל, הסכימה האוניברסיטה להשקיע את הרווחים בחברה. החברה מעסיקה 230 עובדים ובנתה עד היום 27 לוויינים. כיום, פעילות החברה מתבצעת בשלושה אתרים בדרום אנגליה, כפעילות המו"פ מתבצעת במרכז למחקרי חלל של אוניברסיטת סארי¹²⁹, שם הצטבר ידע וניסיון רב, ושם ממשכים להכשיר סטודנטים בתחום חדשני זה. החברה צברה ניסיון בשיגור הלוויינים שלה באמצעות משגרים שונים: של ברית המועצות לשעבר (זנית, קוסמוס וכו'), של ארה"ב (אתינה) ושל אירופה (אריאן).

המודל העסקי של החברה הוא ייחודי, כמו גם הנישה שבה היא פעילה - לוויינים קטנים (100 – 500 ק"ג). המודל העסקי שלה מבוסס על הרעיון של אספקת גישה לחלל במחירים נוחים. החברה בונה לכל לקוח לוויין באחת מהפלטפורמות הסטנדרטיות של החברה, תוך הוספה או הסרת רכיבים ומערכות, החברה בונה לכל לקוח לוויין לפי דרישותיו ולפי תקציבו. החברה גם מוכרת מכלולים ומערכות המשולבות בלוויינים הנבנים על-ידי חברות אחרות.

הלקוחות הם בדרך כלל גופים אקדמיים, על פי רוב, במדינות מתפתחות הרוצות לרכוש ידע ויכולות בתחום החלל. החברה מפעילה שני מסלולי התקשרות: "מסירת מפתח" והעברת ידע. בין לקוחות החברה מצויות גם סוכנות החלל האירופאית, חיל האוויר של ארה"ב, משרד ההגנה של צרפת, המעבדות הלאומיות של ארה"ב בלוס-אלמוס, משרד המדע הסיני ועוד. SSTL היא החברה הלא אמריקאית היחידה שסיפקה לוויין ל-NASA.

עקרון חשוב של המודל העסקי של החברה הינו- "שלמות השירות". החברה מספקת ללקוחותיה לוויינים, תחנות קרקע, הדרכה למהנדסים, ונותנת ללקוח אפשרות לפתח תוכנית חלל אינדיבידואלית במסגרת תקציב נתון.

מיקרו-לוויינים מאפשרים לבצע משימות בתחומי התקשורת, המדע, ההגנה וכו'. לאחרונה נכנסה החברה לתחום של שירותי חישה מרחוק עם הקמת המערך למעקב אחר אסונות טבע (Disaster Monitoring Constellation). מערכת ה-DMC כוללת חמישה לווייני חישה מרחוק, ומופעלת על-ידי חברת בת שהוקמה לצורך זה - DMC International Imaging. המערכת מסייעת בארגון פעולות הצלה, ובצילומים אחרים של פני כדור הארץ נעשה שימוש ליישומים אזרחיים מגוונים המופעלים על-ידי גופים ממשלתיים מכל העולם. מרכיב נוסף של המודל העסקי הינו מכירת "עודפי יכולת הצילום" (Spare available imaging capacity) לפי חוזים. מערכת ה-DMC מספקת צילומים של שטחים נרחבים בהרבה מאלה שנותנות מערכות אחרות כגון Landsat, עם רזולוציה די דומה.

¹²⁹ במסגרת המו"פ פתחו בשנים האחרונות מיני לוויין (300 ק"ג) שמבוקר בשלושה צירים וננו לוויין של 6.5 ק"ג.

קהילת המשתמשים בתצלומי כדור הארץ התרגלה לעבוד עם תצלומים של Landsat, לכן חשוב היה ל-DMC לספק תצלומים באותו פורמט שמאפשר שימוש בתוכנות שכבר מוכרות למשתמשים. התצלומים מועברים לאינטרנט מהלוויין דרך תחנת קרקע במהירות אספקת תצלומים הגבוהה בהרבה מזו שנותנת Landsat וכיסוי שטחים רחב יותר, דבר המעניק לה יתרון תחרותי, במיוחד במקרי חירום והצלה. ההתפתחויות בתחום מזעור הרכיבים והמערכות השונות לחלל, מאפשרות לשגר לוויינים במשקל של עד 100 ק"ג ויוצרות תפיסה חדשה בתחום השימוש בחלל לצרכים צבאיים טקטיים¹³⁰ Operational Responsive Space.

3.3 Iridium, ארה"ב, מחליפה את המודל העסקי

בניגוד לתחזיות פסימיות, שלפיהן הוגדר פרויקט חברת Iridium כאחד מהכישלונות הטכנולוגיים הגדולים, חברת Iridium מצאה לאחרונה מודל עסקי מתאים. חברת Iridium Satellite, המתמחה באספקת שירותי תקשורת לוויינים, שפשטה רגל ב-2000 חוזרת לחיים. במשך שנה, מיוני 2006 עד יוני 2007, גדל מספר הלקוחות שלה ב-27.7 אחוז ומחזור המכירות שלה ב-24.4 אחוז¹³¹.

Iridium נוסדה ב-1998, והקימה יחד עם Motorola וגופים נוספים רשת לוויינים. ב-2000 החברה פשטה רגל בשל בעיות מימון, ונרכשה על-ידי קונסורציום תמורת 25 מיליון דולר, סכום מצחיק עבור מערכת לוויינים שהקמתה עלתה 5 מיליארד דולר.

בתחילת דרכה החברה עסקה באספקת שירותי טלפוניה לוויינית לצרכני הקצה. הטלפון שהציעה החברה היה גדול מדי, השירות יקר מדי, ותנאי השירות לא מספקים. דוגמה לכך: הלקוח יכול היה להשתמש בטלפונים רק כאשר היה בקו ראייה ישיר אל הלוויין, דבר שהביא לכך שהקשר היה מתנתק בקרבת עצים, בנינים גבוהים, או בתוך בתים שבהם לא הייתה מותקנת אנטנה מיוחדת.

ב-2001 החלה החברה לפרסם את עצמה כספק שירותי טלקומוניקציה באזורים מרוחקים שבהם לא פעלו טלפונים קוויים וסלולאריים, כדוגמת אזורים מדבריים, אזורים ארקטיים, מקומות לא מיושבים, אתרי אסונות טבע ואזורים מרוחקים בעלי תנאי אקלים קיצוניים.

לדברי יו"ר הדירקטוריון ומנכ"ל החברה מאט דש, המודל העסקי הראשוני, המבוסס על פניה ישירה לצרכנים, לא היה נכון. משנת 2001, החברה חתמה על הסכמים עם 150 שותפים, אשר עוזרים לה למצוא לקוחות חדשים בתעשיות כגון כריית מחצבים, גיאולוגיה וענפי ייצור, דבר שהוביל את החברה ליצירת מערכת לקוחות מפותחת.

אחד הלקוחות של Iridium היא חברת AirDAT, אשר עוסקת במכירת מידע מטאורולוגי. החברה משתמשת בשירותי Iridium לצורך איסוף נתוני אקלים בזמן אמת באמצעות סנסורים המותקנים על

¹³⁰ תפיסה שנמצאת בחיתוליה ואין לה הגדרה אחת ברורה

¹³¹ Веїс, T. (2007).



מטוסים. חשוב היה למצוא שיטה להעברת נתונים שלא תשבש את מערכות התקשורת של המטוסים, ומערכת החיישנים המקושרים עם הלוויינים של Iridium ענתה על הדרישה.

לדברי מאקס אנג'ל, אנליסט מחברה Frost & Sullivan, הניסיונות להחדיר שירותי טלפוניה לוויינית ישירות לבתי הצרכנים היו שטות מוחלטת, והחלפת המודל העסקי הבריאה את Iridium. "כאשר הבעלים החדשים רכשו את החברה, הם ידעו שנכסיה עלו מיליארדים. הם חשבו, מה אפשר לעשות עם זה, הצליחו למצוא שותפים רבים, ופיתחו מודל עסקי שעובד. אכן, שירותי Iridium מטבעם מיועדים לשוק קטן, אך בהתחלה זה לא עניין אף אחד, דבר שהוביל לבעיות רציניות. בסופו של דבר, הוחלט לפנות לשוק מתאים"¹³².

כיום מערכת הלוויינים של Iridium כוללת 66 לוויינים במסלולים נמוכים ותשעה לוויינים רזרביים. קיימות תוכניות להחלפת הלוויינים בשנים 2013-2016.

3.4 תיירות חלל

בשנים האחרונות, הפכו טיסות לחלל של אנשים פרטיים לאפשריות, אולם דרושה עבודה רבה נוספת על מנת לארגן ולתחזק מיזם שכזה. Virgin Galactic, חברה שהוקמה על-ידי סר ריצ'רד ברנסון למטרת הטסת נוסעים לחלל, מתכוונת להציע בעתיד ה"קרוב" לא רק טיסות חלל תת-מסלוליות (sub-orbital), אלא גם טיסות מנקודה לנקודה סביב כדור הארץ, למלונות בחלל וטיולים לירח. למרות שהמודל העסקי לתחבורת חלל ציבורית עדיין לא הוכח, חלק מהמחלקות של חברת Virgin Galactic כבר מאיישות את הבניין ב-Mojave שבמדינת קליפורניה, תחת ניהולו של המעצב האווירונאוטי ברט רוטאן. בשנת 2004, רוטאן והצוות שלו בנו והטיסו את SpaceShipOne לסדרה של שלוש טיסות תת-מסלוליות וזכו בפרס של 10 מיליון דולר מטעם Ansari X Prize. כעת הם עסוקים בלהוציא לפועל את ההזמנות של חברת Virgin Galactic לרכבי חלל להטסת אנשים. ברנסון נכנס לשותפות עם רוטאן וייסד חברה שאמורה לכלול צי של חלליות לטיסות תת-מסלוליות וכלי טייס לצרכי שיגור.

לדברי אלכס טאי, סגן הנשיא של חברת Virgin Galactic¹³³, התוכנית העסקית המתוכננת מתבססת על הנחה ש-50,000 אנשים יבקרו בחלל במהלך תקופה של עשר שנים. תמורת כרטיס בעלות של \$200,000, הנוסע לחלל אמור לקבל חבילה מלאה הכוללת שלושה ימים של טיסה ומלון, אימונים לקראת הטיסה והסעה לנמל החלל ובחזרה. חברת Virgin Galactic מצפה להזולה של מחירי הגישה לחלל שתחול בשל שיפורים טכנולוגיים. ברנסון מתכנן לנצל את הכסף שהרוויח מטיסות קודמות לחלל על מנת להרחיב ולפתח את תיירות החלל. בהסתמך על ההתקדמות בפעילותה של חברת Virgin Galactic יש לצפות להופעת יצרניות נוספות של סוגים שונים של רכבי חלל עתידיים.

¹³² Bejc, T. (2007).

¹³³ David, L. (2006). *Virgin...*



בניו מקסיקו, מתנהל כרגע התכנון של נמל החלל Spaceport America המיועד לשרת את תחבורת החלל הציבורית כבר בשנים 2009-2010. לדברי המתכננים של נמל החלל בניו מקסיקו, הלהיטות שלהם לבנות את הנמל האזורי בדרום מערב ארה"ב, נובעת בחלקה מהרצון לתמוך בשווקים העיקריים שנולדו בתחומים עסקיים שונים כגון:

- תיירות החלל שהחלה לצמוח, כולל פעולות של ה-Virgin Galactic
- חוזים של נאס"א עבור תחנת החלל הבין-לאומית בנוגע לשירותי אספקה לצוות ושירותי מטען.
- תחרויות מרוץ בגובה נמוך, כדוגמת אלו שממומנים על-ידי הליגה למרוצי טילים.
- הביקוש הצומח לרכבי שיגור זולים לשימוש חוזר.

לפי תחזיות מוקדמות, האימפקט הכלכלי השנתי שיווצר על-ידי נמל החלל האזורי בשנת 2020 יכול להביא להכנסה של כ-750 מליון דולר ול-3,500 מקומות עבודה, כולל כל הפעילויות בייצור ובשירותים עבור תחבורת החלל, וכסף שיבוזבז על-ידי תיירים ומבקרים. לפי מודל עסקי ריאלי, נמלי החלל דומים יותר לאינקובאטורים עסקיים מאשר למתקני תחבורה. עיקרון הפיתוח שלהם הוא שיש להתחיל בקטן, להתרחב לפי הצורך ולמנף את המתקנים הנוכחיים, לפני שנבנים מתקנים חדשים.

אריק אנדרסון, נשיא Space Adventures, החברה המובילה בנושא "חוויות החלל", ציין שמדינות מסביב לעולם רק מתחילות להבין את האפשרויות המסחריות העצומות של תיירות החלל¹³⁴, ושפוטנציאל השוק לטיסות תת-מסלוליות מוערך ב-1 ביליון דולר לשנה. לדבריו, טיסות תת-מסלוליות יציעו למיליוני אנשים את האפשרות לחוות מסע לחלל.

זכיון של חברת Virgin Galactic בישראל התחיל למכור כרטיסים לטיסה מסחרית לחלל¹³⁵ במחיר של \$200,000, ב-121 מדינות נמכרו כבר כ-200 כרטיסים. הטיסה מתוכננת ל-2009 או 2010, אמורה להימשך כשעתיים בגובה של כ-100 קילומטרים מכדור הארץ, ולכלול חוויה של חוסר משקל למשך שש דקות. עד היום (נכון לתחילת נובמבר 2007), חמישה תיירים טסו לחלל.

כאמור, Virgin Galactic פועלת בתחום הטיסות התת-מסלוליות, ויצרה מודל עסקי לתיירות חלל ציבורית. יש רשימות של נוסעים ממתנינים ולהוטים לטיסות התת-מסלוליות. תיירות חלל מסלולית (orbital space tourism) מהווה תחום קשה יותר לביצוע - משני היבטים: קושי טכני בשל מסלולים גבוהים יותר, וקושי מסחרי בשל מספר מועט יותר של נוסעים פוטנציאליים שיוכלו לעמוד בדרישות המחיר של טיסות אלו – כ-10 מליון דולר לטיסה. אם נאס"א תרכוש את שירותי התחבורה המסלולית המסחרית (COITS) Commercial Orbital Transportation Services, זה יעודד את תיירות החלל המסלולית.

¹³⁴ David, L. (2006). *Spaceports...*

¹³⁵ <http://www.jpost.com/servlet/Satellite?cid=1192380734213&pagename=JPost%2FJPArticle%2FShowFull>



נאס"א מתכוונת לחתום על הסכמים עם המגזר הפרטי כדי לפתח את רכבי השיגור ואת המערכות הנחוצות לאספקת מטענים והובלת צוותים אל וממתקנים בחלל, כאשר תחנת החלל הבין-לאומית מייצגת את הדרישות האופייניות למתקנים כאלה. ההנחה היא שהמגזר הפרטי יפתח ויפעיל רכבי חלל בצורה יעילה וחסכונית יותר. הרכישה של COTS מהווה את אחת הדרכים בכיוון זה. למשל, חברה עסקית יכולה לבנות מתקן שיענה על הצרכים של נאס"א, להעלות אסטרונאוטים לתחנת חלל זו, וכאשר נאס"א לא משתמשת במתקן, להשתמש בו לצורכי תיירות חלל מסלולית.

3.5 שירותי DMB בדרום קוריאה

הקצב המהיר של החדשנות בתחום טכנולוגיית המידע מאיץ את הופעתם של מוצרים ושירותים רב-גוניים בענף זה. טכנולוגיית המידע, כטכנולוגיה של תקשורת המבוססת על פלטפורמות דיגיטאליות ורשתות, יוצרת יישומים חדשים, והפכה לטכנולוגיה קריטית להתפתחותם של ענפים קשורים. הנטייה למיזוג ענפים הניבה מודלים חדשים, כדוגמת מיזוג בין שירותי תקשורת ושידור, מיזוג בין טלפוניה ורשתות מחשבים, בין מוצרי חשמל ביתיים למחשבים, ומיזוג של תוכן דיגיטאלי.

שירותי **שידורי מולטימדיה דיגיטלית** לוויינית, Digital multimedia broadcasting (DMB), התוצר של "נישואין" בין ענף התקשורת לענף השידור, מערב גם מסחר אלקטרוני, ומביא להופעתה של סוג חדש של שרשרת ערך בין ענפים. קיימים שני סוגי DMB - קרקעי ולווייני. המודלים העסקיים של ה-DMB הקרקעי והלווייני נבדלים במידת המעורבות של הלוויינים בתדר פס השירות, וכן בתשלום עבור ההרשמה לשירות ובאופן התפתחות השירות. שירות DMB קרקעי, נתמך בעיקר על-ידי תעשיית השידור, ומספק קול באיכות גבוהה ותכני וידיאו. תעשיית התקשורת משמשת כספק ראשי של שירות ה-DMB הלווייני. שירות זה כולל העברת אודיו, נתונים, וידיאו ותוכן מולטימדיה אחר דרך לוויינים למכשירי קליטה ניידים או נישאים. השירות מציע את היתרונות של אספקת שידורי תוכן במחיר נמוך ובכיסוי נרחב בזכות השימוש בלוויינים.

רעיון ה-DMB בדרום קוריאה מקיף יותר בהשוואה ל-Digital audio broadcasting DAB, יש שירות אודיו בלבד בארה"ב ובאירופה, המבוסס על שידורי רדיו דיגיטאליים¹³⁶. המודל העסקי של שירותי DMB לווייני בדרום קוריאה מבוסס על העברת תוכן מולטימדיה (המורכב בעיקרו מתוכניות טלביזיה) דרך לוויינים ורשתות אלחוטיות למכשירים ניידים הנישאים ביד. לפי התוכניות, שירות ה-DMB הלווייני הקוריאני יספק בהמשך שירותים דיגיטאליים משולבים המקשרים בין רשתות שונות.

¹³⁶ בתחום שירותי טלביזיה ניידת קיימים מספר מודלים שונים. DMB ו-DVB-H הם מבין הפופולאריים ביותר. בשנת 2006, Debitel and MDF התחילו לספק שירותי DMB קרקעי בגרמניה. בינתיים (Mobile MI FRIENDS, Interactive Favorite TV, Radio, Information, Entertainment, New Digital Services), פרויקט משותף של תשע חברות אירופאיות בתחום התקשורת הניידת, החלו לבצע ניסוי לשירותי T-DMB בגרמניה.



שירותים מסחריים של DMB לוויני החלו לפעול בדרום קוריאה דרך TU, חברת בת של SK TELECOM (שהינה שחקן ראשי בשוק התקשורת המקומי). השירות ניתן על-ידי שימוש בלוויינים הנמצאים בבעלות משותפת עם חברת MBCO היפנית. שירותי DMB לוויני בדרום קוריאה ויפן דומים בכך שהם חולקים את אותה מערכת שידור לוויינית. ההבדל העיקרי בין שני המודלים הוא במתקני הקליטה. ביפן, DMB לוויני משווק בעיקר כשירות המספק תוכן בידורי למקלטים הנמצאים בכלי רכב, ואילו מתקני המטרה העיקריים עבור שירותי ה-DMB הלווייני בקוריאה הם מכשירים נישאים מרובי פונקציות היכולים לשמש בו זמנית גם כטלפונים ניידים.

3.6 גילת רשתות לוויין, ישראל

גילת רשתות לוויין בע"מ (Gilat Satellite Networks Ltd) היא החברה השנייה בגודלה בארץ (אחרי התעשייה האווירית) בתחום החלל. עם היקף מכירות של 209 מיליון דולר (בתחום החלל; מכירותיה מחוץ לתחום זה זניחות) החברה נמצאת במקום ה-34 בדירוג העולמי¹³⁷ לשנת 2005 (מכירותיה ב-2006 עלו ל-248.7 מיליון דולר¹³⁸). החברה מעסיקה 950 עובדים בארץ וברחבי העולם¹³⁹, ומניותיה נסחרות ב-NASDAQ החל מ-1993.

חברת גילת עוסקת בפיתוח, ייצור ושיווק של תחנות לוויין זעירות לתקשורת – VSAT (very small aperture terminal). מוצריה נותנים פתרונות תקשורת, אינטרנט והעברת נתונים באמצעות לוויינים. החברה בונה בטכנולוגיית VSAT פלטפורמות להעברת קול, נתונים ווידאו, מאפשרת הקמת תחנות טלפוניה לוויינית באזורים מרוחקים, ומספקת לחברות טכנולוגיות IP מתקדמות. גילת הקימה מספר רשתות VSAT - מהגדולות בעולם, ובין לקוחותיה נמצאות חברות תקשורת ברחבי העולם, ביניהם שירות הדואר של ארה"ב (US Postal Service), ובתי אב רבים.

לגילת יש שלוש יחידות עסקיות:

- Gilat Network Systems ("GNS"), המספקת מערכות תקשורת ושירות מקצועי ללקוחות. היחידה היא הספקית המובילה של ציוד לתחנות קרקע. פיתוח הציוד מתבצע בעיקר בארץ ואילו הייצור בחו"ל.
- Spacenet Inc., חברת בת בצפון אמריקה, המספקת שירותים לצרכנים (שירות StarBand), לעסקים ולמשלות (שירות Connexstar).

¹³⁷ Rains, L. (2006).

¹³⁸ Dun and Bradstreet (2007).

¹³⁹ ibid



- Spacenet Rural Communications (SRC), המציעה פתרונות טלפוניה כפרית וגישה לאינטרנט לאזורים מרוחקים באמריקה הלטינית. בנישה זו פועלות שתי חברות-בת: GILAT COLOMBIA S.A., GILAT TO HOME PERU S.A.

מערכות VSAT מורכבות מהאלמנטים הבאים:

- מפעילי הלוויינים, אשר מספקים שירותי טרנספונדרים, המותקנים בלוויינים הנמצאים במסלול גאוסטציונארי מעל קו המשווה. הלוויין מקבל אותות מידע מ-VSAT או מתחנת קרקע מרכזית, מעבד אותם ומחזיר את האותות לקרקע בתדר שונה. מפעילי הלוויינים מוכרים את השירות הזה לגילת ולחברות VSAT אחרות.
- יצרני ציוד, אשר מספקים ציוד לרשת. כל רשת מורכבת מתחנת קרקע מרכזית ומאתרים מרוחקים מרובים (עשרות עד אלפים), המקושרים באמצעות לוויין. כאמור, GNS היא הספקית המובילה של ציוד לתחנות קרקע.
- ספקי שירותי תקשורת – קונים ציוד לתחנות קרקע ומתקינים אותו, שוכרים שירותים ממפעילי הלוויינים, ומוכרים חבילות תקשורת לצרכנים. Spacenet ו-SRC הן ספקיות שירותי תקשורת מובילות בארה"ב ובדרום אמריקה.
- צרכנים – עסקים ומשקי בית.

גילת פועלת בשווקים המתפתחים בקצב גבוה. לפי הדו"ח השנתי של החברה לשנת-2006¹⁴⁰, היקף השוק העולמי של ציוד VSAT עמד על כ-0.8 מיליארד דולר בשנת 2004, גידול של כ-29 אחוז לעומת השנה קודמת), והמכירות בשוק שירותי ה-VSAT הסתכמו באותה שנה בכ-3.9 מיליארד דולר (גידול של 13 אחוז).

המודל העסקי של גילת מבוסס על היתרונות התחרותיים שלה:

- גודל החברה- גילת סיפקה יותר מ-600,000 תחנות לוויין זעירות לתקשורת. בשוק המוסדי (עסקים בלבד, בלי בתי אב) גילת היא החברה השנייה בעולם עם נתח שוק של 21 אחוז ב-2005¹⁴¹.
- מו"פ מתקדם- החברה נמצאת כבר עשרים שנה בחזית של פיתוח טכנולוגיות VSAT, ומחזיקה ב-60 פטנטים.

¹⁴⁰ Gilat... (2007)

¹⁴¹ ibid



- נוכחות גלובלית ורשת תמיכה מפותחת - לקוחות החברה נמצאים ב-85 מדינות בששת היבשות. לחברה יש 16 סניפים העוסקים במכירות ובתמיכה טכנית. 38 אחוז מהכנסות החברה מקורן מארה"ב (2006)¹⁴², 32 אחוז - מאמריקה הלטינית, 15 אחוז - מאסיה, ו-15 אחוז הנותרים - מאפריקה ומאירופה.
- מבנה ארגוני- שלושת היחידות העסקיות משלימות זו את זו ומאפשרות הצעת שירות אינטגרלי ללקוחות.
- ריבוי מקורות הכנסה- ההכנסות מגיעות במידה שווה מייצור ומשירותים. לחברה מגוון לקוחות והיא אינה תלויה במידה רבה בלקוח יחיד כלשהו, שכן אין לה לקוח ששיעורו במכירות עולה על 10 אחוז.

4. מודלים לשותפות ציבורית – פרטית

4.1 שיקולים כלליים

בתחילתו של עידן החלל, פרויקטים בתחום החלל מומנו באופן ציבורי בלבד. המדינות שהיו מעורבות ב"מרוץ לחלל" נתנו קדימות ליעדים לאומיים ואסטרטגיים ותקצבו את הפרויקטים על בסיס שנתי. תהליך זה יצר "לולאה ראשונית" של פעילויות בחלל. עם התפתחות טכנולוגיות החלל, נצבר יותר נסיון בפרויקטים בחלל ע"י המגזר הפרטי והחלה להיווצר מציאות חדשה בתעשיית החלל המשלבת בין מעורבות מוסדית ופרטית. פעילות חלל מסחרית החלה באופן רציני בשנות ה-80 של המאה הקודמת. פעילויות בחלל של גורמים מהמגזר הציבורי סיפקו לתעשיית החלל אפשרויות להעביר טכנולוגיות מיישומים ציבוריים (אזרחי/צבאי) ליישומים מסחריים. הירידה שחלה בתקציבי החלל, לאחר סיום המלחמה הקרה, אילצה את החברות הפרטיות למצוא יישומים מסחריים לידע שרכשו מהעבודה בחוזים ממשלתיים ולפצות על הירידה בעסקים במגזר הציבורי על-ידי הגדלת המכירות במגזר הפרטי. "המסחור" בחלל הוביל לבנייה מחדש ולגיבושה של תעשיית החלל, ולפיתוח מודלים עסקיים בתחום החלל על-ידי החברות הפעילות בתחום. תעשיית החלל מהווה מקרה מיוחד של חיבור בין שלושה מגזרים - המגזר הפרטי, המגזר הציבורי, ובתוכם גם המגזר של האקדמיה, כשלכל אחד מהם יש תפקיד מרכזי בתעשייה זו.

הגישה המסורתית למימון של פרויקטי חלל מבוססת על טבעו של הפרויקט, המשימות, היעדים והתוצרים שלו, ועל הרווחים הקשורים בו (טבלה מס' 1). ברור שקיימים פרויקטים רבים שקשה להגדיר בבירור את מקור המימון התואם את ייעודם, הם נופלים בין שתי קטגוריות המימון (ציבורי מול פרטי), ולכן נוצר צורך בגישה חדישה לגבי התנאים ומקורות המימון האופטימאליים. לדוגמה, מערכות גלובאליות של לוויני ניווט (Global navigation satellite systems, GNSS) פותחו בתחילה עבור שימוש צבאי טהור. אולם, במהלך הזמן, יישומים מסחריים ברורים ויתרונות השימוש ב-GNSS

¹⁴² ibid

זוהו והפכו את מה שהיה בעיקרו טכנולוגיה צבאית למקור לרווחים פרטיים וציבוריים. כיום, בשל התפקיד המתפתח של ה-GNSS, ברור שמנגנון המימון האידיאלי עבור מערכות מהדור החדש אינו 100 אחוז ציבורי או 100 אחוז פרטי.

המשך הקידום של הפעילות בחלל דורש שיתוף פעולה בין הממשלות, העוסקות פחות במימון הפרויקטים ומתרכזות בעידוד נושאי תשתית ובנושאי הרגולציה, לבין המגזר הפרטי, שמוכן לממן את הפרויקטים. דחיפה ממשלתית ויוזמה פרטית - נחוצים לפיתוח תעשיית החלל. קיים מגוון של מודלים ספציפיים של שותפויות ממשלה-תעשייה לצרכי שיתוף פעולה מסוג win-win, כולל חלוקה בעלויות

טבלה 1: מיון מסורתי של פרויקטי חלל לפי מקור מימון עיקרי.

טבע הפרויקט	מקור מימון עיקרי	תועלות
מדע, מחקר, טכנולוגיה, צבאי	ציבורי	הגדלת הידע, שיטות יצור חדשות, ביטחון לאומי
"צורך גלובאלי", פרויקטים לרווחת האנושות (לדוגמה, מחקר על שינויי אקלים)	ציבורי	תועלות חברתיות וסביבתיות
יישומי חלל עבור צרכנים (לדוגמה, טלקומוניקציה)	פרטי	ערך כלכלי

המו"פ, שותפויות טכנולוגיות ופיתוח משותף של תשתיות. ארבעה מודלים קיימים על הרצף של אפשרויות לשותפות ציבורית-פרטית:

- מודל **ציבורי מלא** (כולל שיתוף פעולה בין ממשלות)
- מודל **שיתוף פעולה בין-לאומי** (מאפשר הן לגופים ציבוריים והן לגופים פרטים להשקיע, כאשר ניהול, מימון וחלוקת הרווחים מתבססים על תרומתו של כל שותף)
- מודל **שותפות פרטית-ציבורית** (מערב מימון מסורתי של התשתית מצד הממשלה יחד עם הון סיכון מהמגזר הפרטי, ונתמך על-ידי הסדרים חוקיים בין-לאומיים הנדרשים להבטיח את זכויותיהם של כל המעורבים)
- מודל של **מיזם פרטי** (נמצא מצידו השני של הרצף, כולל אי-תלות בממשלה ויזמות חדשנית, ויכול להכיל מגוון של שחקנים גלובאליים בהסדרי בעלות משותפים. אולם שותפות זו יכולה להיפגע ממחסור בהון ומהיעדר בתמיכה מוסדית שמעורבות ממשלתית יכולה לספק).



מודל שותפות ציבורית פרטית (Public-Private Partnership, PPP), שנראה החשוב ביותר, פותח במהלך שנות ה-90 של המאה הקודמת. ה-PPP תוכנן כשיטת מימון שתהווה "גשר" המקשר את שני מקורות המימון המסורתיים (ציבורי מול פרטי). ה-PPP רלבנטי במיוחד לתוכניות חלל בעלות רמה טכנולוגית ו/או סיכוני שוק גבוהים. בשל רמת סיכון גבוהה זו, משקיעים פרטיים נרתעים מלממן תוכניות אלו. מצד שני, המגזר הפרטי מיומן בגילוי מוקדם של אפשרויות מסחריות. לכן, רעיון הליבה של מודל ה-PPP הוא לשכנע את המגזר הציבורי לממן פרויקטים בשלב מוקדם, בעוד שהמגזר הפרטי מעורב באופן פעיל בתהליכי התכנון. במהלך השלב התפעולי, חברות פרטיות יתפעלו את הפרויקטים באופן שיחזיר את ההשקעות הציבוריות ההתחלתיות (דרך תמלוגים, למשל).

להלן מספר דוגמאות לשותפויות ציבוריות-פרטיות שלא בתחום החלל. בהיסטוריה של ארה"ב- פיתוח מערכת הרכבות הטרנס-קונטיננטלית, תעשיית התעופה האזרחית, תעשיית הטלפוניה, תחנת המחקר באנטרקטיקה. פיתוח מסילת הרכבת הטרנס קונטיננטלית במאה ה-19, קודם על-ידי מדיניות ממשלתית שלפיה הוענקו קרקעות כתמריץ למשיכת השקעות פרטיות לצורך מימון פרויקט הבנייה המסיבית. תעשיית התעופה המסחרית צמחה בתחילת המאה ה-20, בין היתר מפני שהממשלה הפכה את החוזים להובלת דואר אווירי לזמינים עבור ספקים פרטיים. שירותי הטלפוניה הוקמו באמצעות חברות טלפון פרטיות שתפקדו כמונופולים רגולטורים עד לשנות ה-80.

הסוגיה שחוזרת ועולה בכל הדוגמאות שהובאו לעיל, היא קישור בין סיוע ממשלתי ליוזמות של המגזר הפרטי ושותפות בנטילת סיכונים באופן שימנף וגם יגביל את התפקיד של המימון הציבורי בעידוד הצמיחה הכלכלית. דפוס כזה יכול להוות לקח שימושי, כששוקלים הסדרים ציבוריים-פרטיים לעידוד פיתוח מסחרי בחלל. למרות שמימון או תמריצים ציבוריים יכולים להיות בעלי השפעה מדרבנת בטווח הקצר, עם הזמן, הפעילות המסחרית צריכה להתקיים בכוחות עצמה, ללא תלות בממשלה כמקור המימון או כלקוח עיקרי.

אחת משאלות המפתח של עידן החלל המודרני היא כיצד למזג בין המאמצים של הממשלה ושל התעשייה. המסקנה העולה מהדיונים בשאלה זו בספרות הכלכלית היא, שהמאמצים של המגזר הציבורי ושל המגזר הפרטי צריכים להיות משולבים באופן שכלכלת החלל תהיה פתוחה באופן מקסימאלי לכניסה, יציאה, שיתוף פעולה ובמיוחד לחדשנות מצד הממשלה ומצד התעשייה גם יחד. על מנת להצדיק כניסה ליוזמות חלל שטרם הוכחו בשטח, גופים ציבוריים ופרטיים צריכים להיות בעלי יכולת לפרוש מהמעורבות במידה והתוצאות אינן מספקות, או לאחר שהמעורבות השיגה את המטרה המתוכננת. יציאה כזו מלווה במחיר. השקעות ניכרות ומאמצים יהיו הכרחיים לצמיחה כלכלית משמעותית, והסוגיה היא כיצד לחלק את הסיכונים באופן הטוב ביותר, כך שהיוזמות יהפכו להיות מספיק אטרקטיביות על מנת להתמיד בהן.

הבהרת הנושא החוקי של זכויות הקניין והרגולאציה - אלה תחומים שבהם הפעילות הממשלתית המתמשכת חשובה באופן קריטי. בחלל, כמו גם על פני כדור הארץ, הביטחון שגם הרכוש האינטלקטואלי וגם הרכוש הפיזי יהיו מוגנים הינו גורם בסיסי בהחלטות של החברות - האם וכמה



להשקיע משאבים בסיכונים מסחריים. הטבע המדויק של "הרכוש" יכול להשתנות בהתאם להקשר העסקי. שימוש במסלולים בחלל מוגדר על-ידי איגוד הטלקומוניקציה הבין-לאומי ITU. הבעלים של לווין מסוים אינו גם "הבעלים" של המסלול (orbital slot), במובן שהוא רכש את הזיכיון לנצח. המסלול "שייך" לו כל עוד הלוויין ממשיך להשתמש בו באופן פעיל. אפשר לקיים בחלל הסדרים דומים המאפשרים שימוש מסחרי מתמשך במקומות ומשאבים, ללא בעלות קבועה ומחלטת על הנכס. לאחרונה, הוקדשה תשומת לב ניכרת למושג "נכס ללא ריבונות" (Property without sovereignty), כאמצעי לאפשר פיתוח תעשייתי של שטחים בירח, מבלי להפר איסורים של ריבונות ממשלתית על גופים שמימיים.

4.2 יוזמות לשיתוף פעולה פרטי-ציבורי של נאס"א

מרכזי השותפות במחקר של נאס"א (NASA Research Partnership Centers- RPCs) מייצגים רשת נרחבת של 12 שותפים מהתעשייה, מהממשלה ומהאקדמיה למען חקר החלל, וגם למען משימות אחרות של נאס"א, ולשיפור החיים על פני כדור הארץ. רשת זו כוללת עסקים קטנים, כמו גם רבות מהחברות הגדולות ביותר בעולם למחקר ופיתוח. ה-RPCs פועלים במימון משותף של נאס"א, של התעשייה, ושל סוכנויות ממשל ואוניברסיטאות, ויוצרים טכנולוגיות dual use לנאס"א ולחברה. ה-RPCs ממוקמים באוניברסיטאות או במלכ"רים, כשכל אחד מהם מתמקד בתחום ספציפי, כגון: טכנולוגיות חלליות, תקשורת לווין, כוח חלל, ביוטכנולוגיה, וחומרים מתקדמים. הם מציעים מומחיות מחקר בחלל, שיתוף פעולה עם התעשייה, גישה לתשתיות נאס"א, והזדמנויות לפיתוח עסקים ומוצרים חדשים. חוקרים מכל התחומים תורמים להבטחת בריאותם ובטיחותם של אלה שיטוסו בעתיד לירח ולמאדים. התעשייה מצידה תורמת טכנולוגיות חדשות בעלות נמוכה יותר ליישומים בארץ ובחלל. לדוגמה: התעשייה פתחה בעבודה עם Hyper spectral ו-Star tracker RPCs imaging system בנושא זיהוי רעלנים במזון; חברות רוקחות מבצעות מחקרים עם ה-RPCs לפיתוח תרופות חדשות לטיפול בבעיות בריאות בחלל ובארץ.

השותפויות תרמו לנאס"א בארבע דרכים עיקריות:

1. מעורבות פעילה בחברות מסורתיות ולא מסורתיות, המובילה למיצוי מקסימאלי של השימוש המסחרי בחלל.
2. לעיתים קרובות, הטכנולוגיות המסחריות שפותחו בתוכנית יושמו באופן ישיר במשימות של נאס"א. אסטרטגיית dual use הינה בעלת פוטנציאל להרחיב באופן ניכר את היכולות של נאס"א.
3. מתקנים וציוד, שפותחו על-ידי המרכזים לשותפות במחקר, זמינים לצורך סיוע במחקרים שנאס"א מבצעת. באמצעות השימוש בהם, ניתן להשלים יותר בקלות מחקרים של נאס"א.



4. באמצעות הסיוע לתעשייה בהבנת השימוש בחלל, והסיוע לתעשייה בקידום הכלים והטכנולוגיות עבור נאס"א ועבור מערכות חלל מסחריות, מפתחים את השוק של שימושי חלל מסחריים והיכולות לעמוד בדרישות של צרכי שוק החלל העתידי הגדל.

מספר הפרויקטים שבוצעו לא רק זיזו את הפיתוח של יישומים טכנולוגיים מסחריים והחדרה של הטכנולוגיות לנאס"א, אלא יצרו גם רשת נרחבת של קשרים אישיים ועסקיים על מנת לקדם את צמיחת היזמות בחלל¹⁴³. במסגרת העבודה שנעשתה על מנת לקדם את צמיחת היזמות בחלל, ייסדה נאס"א מספר יוזמות הראויות לציון במיוחד:

Centennial challenges prize program – התוכנית נוסדה על מנת ליצור תחרות נושאת פרסים שתתמוך ביעדי מחקר החלל ותוכניות נאס"א. התוכנית מעניקה פרסים על בסיס הישגים (ולא לפי הצעות), ומחפשת פתרונות חדשים בעלות נמוכה למכשולים הנדסיים בחלל האזרחי ובאווירונאוטיקה התורמים לקידום חדשנות בתעשייה, באקדמיה ובציבור¹⁴⁴. אחד הפרסים הוענק לתוכנית העוסקת בפיתוח טכנולוגיות הרלבנטיות להעברת אנרגיה ממתקנים ליצור אנרגיה סולארית בחלל למקומות בירח או בקרבה לירח, ובהמשך אולי גם לכדור הארץ. פרס אחר הוענק לתוכנית העוסקת ביכולת להפיק חמצן בירח גם כחומר תומך חיים וגם כחומר הנעה במקרה של שימוש בסוגי דלק נוזליים הדורשים חמצן, ופרס אחר יועד להתקדמות במציאת דרכי גישה יעילות יותר לירח.

תוכנית נוספת הינה ה-Commercial Orbital Transportation Services (COTS) של נאס"א, המציעה לחברות את האפשרות לספק שירותי מטען וצוות לתחנת החלל הבין לאומית (International Space Station - ISS)¹⁴⁵. נאס"א מספקת מימון משמעותי, אך התמיכה הזמינה מהממשלה היא בסדר גודל המצריך השקעות פרטיות גדולות על מנת לפתח יכולות תעבורתיות. במקום תשלום עבור העברת מטען בטיסה על כלי תחבורה המופעלים על-ידי הממשלה, נאס"א תוציא 500 מיליון דולר (פחות מעלות טיסת חללית אחת) עד לשנת 2010 למימון שרותי תחבורה מסלוליים מספקים מסחריים. שלא כמו בכל פרויקט אחר של נאס"א, החללית שתפותח תהיה בבעלות של החברות והן ישתתפו גם בחלק ניכר של המימון, היא אמורה לשרת את סוכנויות ממשלת ארה"ב וגם לקוחות מסחריים. תוכנית זו מאתגרת יותר מבחינה טכנולוגית מהתחבורה המסחרית בחלל הקיימת כיום, מכיוון שהיא דורשת כניסה מסלולית מדויקת, מקום מפגש, ועגינה אפשרית על חללית אחרת. ספקי טיסת החלל הפרטית מתחרים על ארבעה תחומי שירות: העברה וסילוק של מטען לחץ אויר חיצוני, העברה וסילוק של מטען וויסות לחץ אויר פנימי, העברה, החזרה ותיקון של מטען וויסות לחץ אויר פנימי, והובלת צוות.

עידוד הצמיחה של תעשיית החלל על-ידי נאס"א ניכר גם בשיתוף פעולה ציבורי-פרטי במחקר ובפיתוח של טכנולוגיה רובוטית. רובוטיקה יכולה למלא תפקיד מפתח בהפחתת עלויות ומאפשרת פעילות

¹⁴³ NASA Space Partnership Development.
<http://www.isr.umd.edu/~baras/news/2004/AboutRPC2004.pdf>

¹⁴⁴ NASA Centennial Challenges website

¹⁴⁵ NASA Commercial Orbital Transportation Services (COTS) acquisition information website



מסחרית במקום שמעורבותם של בני אדם בלתי אפשרית או כשניתן להרוויח באופן משמעותי מתמיכה של רובוטים בעלי מיומנות גבוהה בפעילויות בחלל¹⁴⁶. תוכניות להכנסת הטכנולוגיה הרובוטית של נאס"א כוללות: שותפויות עם התעשייה בהפיכת משימות שונות על פני כדור הארץ לאוטומטיות בתחומים כגון: חקלאות, טיפול בחומרים, תיקון קווי גז, מיכון חפירה, פעילות באסונות וכדומה. היישומים בחלל כוללים: תפקידי מפתח בבנייה ותחזוקה של מתקנים, רכבי שטח, תמיכה רפואית, מחקר תעשייתי וביוכימי מסוכן וכדומה. היישומים בחלל כוללים גם תפקידי מפתח בפעילויות של ניצול משאבים במצב הטבעי, הנעה של כלי רכב על פני השטח, מתקני תמיכה רפואיים, מחקר ביו-רפואי ומחקר תעשייתי מסוכנים, ורובוטים מיוחדים לתיקון מערכות רובוטיות שאינן מתפקדות. תרומה נוספת של השקעת נאס"א ביישומים תעשייתיים פוטנציאליים הינה במחקר המערב שליטה מרחוק באמצעות ציוד רובוטי מיוחד למערכות רפואיות ולמערכות חיוניות אחרות¹⁴⁷.

4.3 דוגמאות לשיתופי פעולה ציבוריים-פרטיים בינלאומיים

שיתוף פעולה והדדיות בין המגזר הציבורי לפרטי, כמו גם בין גופים בינלאומיים שונים ממגזרים אלה, הכרחי, על מנת ששותפויות בין-לאומיות הכוללות גופים ציבוריים ופרטיים יצליחו. דוגמה למודל של שיתוף פעולה בין-לאומי, שבו גופים ממשלתיים פועלים בשיתוף פעולה עם יזמים פרטיים הוא המאגד הלווייני לתקשורת בין-לאומית The international communications satellite - Inmarsat consortium. זה מודל של שותפות ציבורית-פרטית שבו קיימת מעורבות אירופאית משמעותית. ככל שהתוכנית התקדמה, נוצרו הזדמנויות למשיכת יזמים לשיתוף פעולה ולרכישת בעלות, על בסיס השלמת אבני דרך, לשביעות רצונם של הגורמים המעורבים. גישת שיתוף הפעולה הבינלאומי הייתה מוצלחת במיוחד בשנים האחרונות, וגרמה לעלייתן של יוזמות דומות כדוגמת Intelsat ו-Eutelsat. בנוגע ל-Inmarsat ויוזמות דומות, ראוי לציון שמודל זה מאפשר, הן לגופים מהמגזר הציבורי והן לגופים מהמגזר הפרטי, לפעול כבעלי מניות בעלי סיכון משותף, כאשר מידת המעורבות ואופיה משתנה במידה רבה בין בעלי המניות. העיקרון המאחד הוא שגודל הרווחים והתועלות הצפויות קובעים את המשאבים שצד מסוים בוחר להשקיע. המטרה הכללית של הפרויקט היא מסחרית, אך בו זמנית נוצרת גם תרומה לחברה. במובן זה, המסחר בענף החלל, באופן כללי, נראה ראוי להשקעות ציבוריות ופרטיות, מכיוון שהפיתוח הכלכלי משמש, הן לעידוד הצמיחה של עסקים פרטיים, והן לתועלות בתחומי האחריות הממשלתית ולהגדלת ההכנסות ממיסים, התורמים לכלל החברה. הפעילות האירופאית מציעה מגוון של דוגמאות לסיוע ציבורי למאמצים המסחריים של המגזר הפרטי. נזכיר את תוכנית העידוד האירופאי לחדשנות יזמית¹⁴⁸ (European Encouragement of

¹⁴⁶ Marzwell, N. (2005)

¹⁴⁷ Morin, L. (2005)

¹⁴⁸ European Space Agency Industry Portal



(Entrepreneurial Innovation) שהינה קריטית להתרחבות מסחרית בכל ענפי המשק, כולל תעשיית החלל¹⁴⁹.

תחנת החלל הבין לאומית (The International Space station - ISS) מהווה את שיתוף הפעולה הרחב ביותר שנוצר בין ממשלות בתחום החלל¹⁵⁰. הדגש שהתוכנית שמה על יישומי תעשייה, כמו גם על פעילות מדעית ומחקרית, הופכים אותה למודל תפעולי הראוי לבדיקה מקרוב. מצד אחד, יש הטוענים שהמודל נסמך יותר מידי על הממשלה, בניגוד לקבלת החלטות ומימון תעשייתיים, ואינו כולל מספיק מעורבות תעשייתית בשלב ההגדרה והעיצוב הראשוני, ובכך איננו מעודד את התעשייה לעסוק בצורה מלאה בפרויקט לאחר שהושלם. מצד שני, יש הטוענים שהממשלה רק מילאה תפקיד הכרחי בבניית התשתית, דבר שהיה מעבר ליכולת התעשייה לפתח בעצמה, ואיפשר פעילות מסחרית. בכל אופן, ה- ISS מילאה תפקיד בסיסי חשוב, בכך שהייתה מעורבת ביצירת תשתית חלל בעלת פוטנציאל תעשייתי, המאפשרת פעילות מסחרית. תחנת החלל מספקת זירה למספר גישות לשיתופי פעולה בין המגזר הציבורי לפרטי בפיתוח כלכלת החלל. פעילות מסחרית עתידית תתבסס על תשתית ממומנת באופן ציבורי או בסיוע ציבורי, ועל התעשייה להיות מעורבת בה באופן פעיל. הבסיס לשותפות כזאת צריך להתנהל במהלך שלבי התכנון הראשוניים, לפני ההשקעות הציבוריות העיקריות.

סוכנות החלל האירופית (ESA) The European Space Agency היא ארגון בינלאומי, ובו נציגים מ-17 מדינות, ששם לו למטרה לעצב את התפתחות יכולות החלל האירופאיות ולהבטיח שההשקעות בחלל ימשיכו להניב יתרונות לאזרחי אירופה ולעולם. באמצעות המשאבים האינטלקטואליים והכלכליים של חבריה, הסוכנות יכולה לקחת על עצמה תוכניות ופעילויות שהינן מעבר ליכולת של כל מדינה אירופאית בפני עצמה. תפקידה של ESA הוא להכין את תוכנית החלל האירופית ולדאוג למימושה. תוכניות ESA כוללות למידה על כדור הארץ, סביבת החלל שלו, מערכת אנרגית השמש והיקום, וכן פיתוח טכנולוגיות ושירותים מבוססי לוויין, וקידום התעשיות האירופאיות בנושא זה. ESA מקיימת קשר הדוק, משנת 2004, המעוגן בהסכם חוקי עם ה- European commission (EC), לשני הארגונים מטרה משותפת, לחזק את אירופה ולפעול לטובת אזרחיה. הצורך לחזק את היכולות של אירופה בחלל גובר ככל שאירופה נסמכת יותר על לוויינים לתקשורת, ניווט, מעקב על הסביבה, פיתוח טכנולוגיות חדשניות והגדלת ידע מדעי. מעבר לפיתוח יוזמות משותפות בין שני הארגונים, EC ממלאת תפקיד חשוב בהגברת המודעות הפוליטית לחלל ובהבטחת מסגרת התומכת בפעילויות חלל. פעילויות משותפות ל-ESA ול-EC כוללות את מערכת הניווט הלווייני הגלובלי האירופי-Galileo, כמו גם את שירותי הסביבה והאבטחה הנקראים GMES. במאי 2007, 29 מדינות אירופאיות הסכימו על מדיניות חלל אירופית חדשה המאחדת את הגישה של ESA עם זו של כל אחת מהמדינות החברות באיחוד האירופי. מדיניות חלל אירופאית זו קובעת חזון ואסטרטגיה בסיסיים לסקטור החלל

¹⁴⁹ ibid

¹⁵⁰ NASA International Space Station website

ומטפלת בנושאים כגון אבטחה, ביטחון הגישה לחלל ומחקר בנושאי חלל. במסמך זה ESA, EU, והמדינות החברות מתחייבים להגביר את התיאום בין תוכניותיהם ופעילויותיהם ולתאם ביניהם את המשימות שלהם בחלל¹⁵¹.

גלילאו מיועדת להיות מערכת הניווט הגלובאלית הלווייני של אירופה, אשר מספקת שירותי מיקום גלובאלי ברמת דיוק גבוהה בשליטה אזרחית. המערכת הינה יוזמה משותפת של ה-EC ושל ESA. EC אחראית לצד הפוליטי, ו-ESA אחראית להגדרה, פיתוח וקביעת המסלולים וגם לחלוקת החלל למקטעים והאלמנטים הקרקעיים הקשורים אליהם. המערכת תוכל להיות בשימוש יחד עם מערכות ה-GPS ו-GLONASS, האחראיות לניווט לווייני גלובאלי באמצעותן יוכל המשתמש לקבל את מיקומו, על ידי אותו מקלט מכל הלוויינים בכל שילוב. באמצעות הקצאת תדירויות כפולות, גלילאו תספק מיקום בזמן אמת עד לדיוק של 1 מטר, דבר שכיום חסר תקדים למערכת ציבורית זמינה. המערכת תבטיח את זמינות השירות במצבים שונים ותודיע למשתמשים תוך שניות על כשל של לוויין, דבר שיהפוך את המערכת למתאימה ליישומים בהם אבטחה היא קריטית, כמו הכוונת רכבות, הכוונת מכוניות ונחיתת מטוסים. בשלב הראשון, יופעלו ארבעה לוויינים, שזה המינימום הבסיסי הנדרש לניווט לווייני, שישוגרו עד סוף 2008/2009, ולאחר מכן יותקנו שאר הלוויינים על מנת להשיג את יכולת התפעול המלאה: רשת של שלושים לוויינים, אשר תישלט באמצעות שלושה מרכזי שליטה: בגרמניה ובאיטליה, ובהמשך גם בספרד. אפיון עתידי נוסף של גלילאו יהיה אספקת שירותי חיפוש והצלה גלובאליים שיאפשרו ללוויינים לקבל אות מצוקה מהמשתמש ולהעבירו למרכז תיאום והצלה שיזום את פעולת החילוץ וההצלה. המערכת תספק למשתמש גם משוב על כך שהעזרה בדרך.

גלילאו מתוכננת לפעול ב-2013 (כרגע רק לוויין לא פעיל אחד נמצא במסלולו). גלילאו מקווה לבדל עצמה מה-GPS באמצעות מתן אות מדויק יותר (מתחת לרמת המטר) ואות יציב יותר.

תוכנית גלילאו היא אתגר נכבד עבור הקהילה המדעית, למרות שהוא מכוון בעיקר לשירותים מעשיים כמו הכוונת מכוניות, תמיכה בנחיתה בטוחה של מטוסים, או עזרה בהנחיית עיוורים. מדענים רבים מתעניינים בניצול לצרכי מדע של יכולות הניווט המבוססות על שימוש במערכות לוויין גלובאליות מדויקות ואמינות (GNSS) כמו מערכת גלילאו על מנת לשפר את המחקר שלהם בתחומים רבים, כגון מדעי הארץ (מדידת כדור הארץ, גיאולוגיה וגיאופיסיקה), מטאורולוגיה קוואנטים (למשל: שעונים אטומיים, קשרים בין-לווייניים, מערכת התזמון של גלילאו) ונושא היחסיות (למשל: סימטרית זמן חלל, מסגרות התייחסות יחסיות, אסטרונומיה ו-GNSS). ונהפוך הוא, ניסיון המדענים יכול לעזור בשיפור מערכת הגלילאו עצמה. זהו מצב של "win-win", מאחר שכלי יותר מדויק יכול לתת נתונים מדויקים יותר ובכך לשפר את המדידות הנחוצות למדענים לצורך מחקרם. תוכנית גלילאו עירבה השקעות גדולות מצד התעשייה באמצעות זיכיונות, ומצד הממשלה (סוכנות החלל האירופאית והאיחוד האירופאי¹⁵²), ושיקפה את נקודת המבט הכללית שהתוכנית תניב גם

¹⁵¹ http://www.esa.int/SPECIALS/About_ESA/index.html

¹⁵² European Space Agency Galileo website



תועלות לרווחת הציבור (תעבורה בטוחה) וגם רווחים למגזר הפרטי (מכירה של שירותים מיוחדים בעלי ערך מוסף). תוכנית גלילאו התעכבה מכיוון ששרי האוצר האירופאים עצרו את המימון של לווייני האיחוד האירופי. במקורה התוכנית נועדה להיות שותפות פרטית-ציבורית, כאשר התעשייה משלמת עבור מרבית מעלויות הבניה בתמורה להזדמנות להרוויח כסף מהמערכת. מאוחר יותר התברר שלתעשייה אין ביטחון בכך שיהיה מספיק רווח המצדיק הוצאה התחלתית גבוהה כל כך. ה-GPS (Global positioning system) האמריקני (הנמצא בשימוש על ידי מרבית המקלטים) פועל על אות אזורי חופשי ונותן רמת דיוק טובה. המגזר הפרטי האירופי היה חשדן לגבי האם לקוחות רבים ישקיעו כסף בקניית שירותי גלילאו גם אם רמת הדיוק שלו תהיה גבוהה פי שלושה מזו של ה-GPS. יש מספר לקוחות עסקיים שיקדמו בברכה את מכשיר הגלילאו ויהיו מוכנים לשלם עבורו, אך עבור הרוב זה יהיה משהו שנחמד שיהיה ברשותך ולא דבר חיוני, ולכן חשבו בתעשיית החלל האירופית שאין הצדקה מסחרית מספקת להשקעה פרטית גדולה בבניית גלילאו. ממשלות אירופה הצפונית-בריטניה, הולנד וגרמניה טענו שפרויקט גלילאו צריך להיות ממומן מכספי משלם המיסים, אך הכסף צריך לעבור דרך ה-ESA¹⁵³, וועידה של השרים הבריטים קראה להקפיא את התוכנית עד שלא יעשה ניתוח משכנע של עלות-תועלת¹⁵⁴. כשלוך יוזמת ה-PPP פרושה שפרויקט גלילאו צריך להיות ממומן באופן מלא מתקציבי האיחוד האירופי. נקודת המבט הרשמית של האיחוד האירופי היא שגלילאו נחוץ על מנת להבטיח לוויין עצמאי המבוסס על מיקום אירופאי. אין לאיש ספק לגבי היתרונות הטכניים והתפקודיים שלו¹⁵⁵. בתחילת דצמבר, שרי התחבורה של מדינות האיחוד האירופי הגיעו להסכמה להשקיע 3.4 ביליון יורו בפרויקט גלילאו, וגלילאו כעת ממומן באופן מלא ויכול לצאת לדרך.

תוכנית משמעותית אחרת המערבת שיתוף פעולה ציבורי-פרטי באירופה היא Arian Ariane שפותחה על-ידי סוכנות החלל האירופאית ומופעלת בצורה מסחרית על-ידי Arianespace. Arianespace מובילה בשירותי השקה/שיגור מסחריים, ומחזיקה יותר מ-50 אחוזים מהשוק העולמי ללוויינים ל-Geostationary transfer orbit (GTO). מאז הוקמה/נוסדה? ב-1980 חתמה Arianespace חוזה ל-285 מטעני לוויין. Arianespace ייסדה קשרי עבודה קרובים עם הספקים, הארגונים וסוכני התקשורת המובילים בעולם. בעלי המניות שלה מייצגים ישויות מדעיות, טכניות, כלכליות ופוליטיות מעשר מדינות אירופאיות שונות¹⁵⁶.

GMES (Global Monitoring for Environment and Security) היא יוזמה אירופאית ליישום שירותי מידע העוסקים בסביבה ובביטחון. GMES מבוססת על נתוני תצפית המתקבלים מלווייני תצפית על הקרקע. את הנתונים מתאמים, מנתחים ומכינים למשתמשי הקצה. המערכת מיועדת לספק שירותים לאזורי אירופה כדי לעזור לשפר את איכות חייהם בנושאי סביבה וביטחון. המערכת

¹⁵³ http://www.theregister.co.uk/2007/11/12/galileo_shoeing_uk_pols/

¹⁵⁴ <http://www.msnbc.msn.com/id/21869106/>

¹⁵⁵ <http://www.telematicsjournal.com/content/blogdetails/450>

¹⁵⁶ Arianespace, http://www.arianespace.com/site/about/about_index.html

מיועדת להתפתח בהדרגה, היא תתחיל בפיילוט שמטרתו בדיקת זמינות מערכת ראשונה של שירותי GMES הפועלים עד 2008, ואחריהם יבוא פיתוח טווח רחב של שירותים בהתאם לצרכי המשתמשים. שנים של מחקר בתחומי המדע והטכנולוגיה יחד עם תצפית והבנה של התהליכים ותופעות סביבתיות הובילו בשנת 1998 לרעיון להפעיל את GMES. באמצעות שילוב מדידות ברמת הקרקע ומהחלל ניתן להציע שירותים בתחומים כגון: אוקיינוגרפיה, מיפוי מדויק של היבשה, מיפוי מהיר בזמני חרום להגנת האזרחים או ניטור איכות אוויר. היישום של GMES מתאפשר באמצעות הפעילויות וההשקעה של האיחוד האירופי ושל המדינות החברות ב-ESA. תרומות פרטיות וציבוריות נתמכות על-ידי ה-EC ו-ESA¹⁵⁷.

תוכנית ההעברה הטכנולוגית של ESA (Technology Transfer Program - TTP) תרמה מאז הקמתה ב-1990 להצלחתן של חברות הזנק רבות. לתוכנית צוות, מתודולוגיה, גישה לרשתות ולמקורות מימון, ותמיכה פוליטית רחבה ברחבי אירופה. עד היום, יותר מ-150 טכנולוגיות שפותחו בתחום החלל הפכו להצלחות במגזרים שאינם חלליים כגון: רפואה, טקסטיל, מכונות תעשיית הגז וכדומה. תהליך יצירתן של חברות הזנק מ-ESA/TTP החל לפני כארבע שנים. מאז נוצרו כעשרים חברות כאלו באירופה הודות לתמיכה ע"י חממות שסיפק ה-TTP. דוגמה מפורסמת היא של Anson Medical שמומנה על-ידי Tony Anson, חוקר בתחום הביוטכנולוגיה באוניברסיטת Brunel בבריטניה, שחיפש יישומים לחומר הנקרא Shape Memory Alloy (SMA) המשמש למגוון יישומים בחלל. החוקר חיפש יישומים נוספים בתחומי הרפואה והתעשייה, וקידם אותם דרך ה-ESA/TTP. פעילותו זכתה להתעניינות רבה, הוא עזב את האוניברסיטה כדי להקים חברת הזנק, שזכתה להצלחה רבה. כיום, קיימת מודעות לאפשרויות הקיימות לשימוש בטכנולוגיות ומערכות שפותחו עבור פרויקטי חלל, במגזרים אחרים, הודות לכ-450 טכנולוגיות חלל הזמינות להעברה בתחומי הניווט הגלובאלי והתקשורת הלוויינית, והודות לאסטרטגיה המשותפת ל-ESA-EC לפיתוח יותר תוכניות מכוונות שווקים. כתוצאה מכך, נוצרו עבור יזמים יותר הזדמנויות לחדש וליצור חברות משלהם ונישה שבה לוקח זמן רב להגיע לשוק שבו קיימת תחרות קשה עם פתרונות בטכנולוגיות ארציות. כתוצאה מכך קיים קושי להשיג הון, ולכן, על מנת להתקדם מעבר לתמיכת ה-TTP ותהליך החממה הווירטואלי, ESA ו-EC תומכות ביצירת מרכזי חממה עסקיים ממשיים (Physical business incubation centers) המחברים ברשת מאורגנת (ESINET), ומטרתם להמריץ יוזמות באירופה וקנדה. חממות אלו מספקות ליזמים חברות הזנק חדשניות, העברה טכנולוגית, חברות חדשות בשלביהן הראשוניים, שירותים וידע כיצד ניתן להשיג פרויקטים הקשורים לטכנולוגית חלל ולעזור להם להתפתח לעסקים. ESNET מסוגלת לקשר בין חממות קיימות לאומיות ואזוריות של חברי מדינות ה-ESA במדינות ה-EU, ובמדינות המועמדות לחברות ב-EU. עד עתה ESNET מורכבת מ-25

¹⁵⁷ Global Monitoring for Environment and Security (GMES)
<http://www.gmes.info/index.php?id=home>



חממות ב-14 מדינות, דבר ההופך אותה לרשת הראשונה מסוגה המקשרת עסקים הקשורים לחלל ומרכזי טכנולוגיה ברחבי אירופה. מטרות ה-ESINET:

- קידום יצירתן של חברות חדשות בכך שתאפשר החלפת ידע עם חממות אחרות לגבי הפרקטיקות וההתנסויות הטובות ביותר, בעיקר כשהן מערבות מעבר של טכנולוגיות חלל ושימוש במערכות חלל.
- סיוע בהעברת טכנולוגיה בין מגזרי חלל לסקטורים אחרים. ESINET תסייע בהוצאת טכנולוגיות חלל מ-ESA וארגוני חלל אירופאים אחרים.
- עזרה לחברות הזנק בהשגת גישה למימון, ייעוץ בזכויות קניין רוחני, רשתות, שיווק ועניינים חוקתיים, ומתן שירותי ייעוץ על מנת לעזור ליזמים לבנות עסקים תחרותיים.
- יצירת שותפויות ורשתות בין-לאומיות אסטרטגיות, למשל בכך שתאפשר לחברות הזנק בעלות שותפות בין-לאומית, הזדמנות להשתתף בהצעות של ה-EU ו-ESA.
- בניית שער לשווקים בינלאומיים: ESINET תספק לחברות הזנק שותפויות/היכרויות מסחריים הנחוצים להרחבת הפעילויות שלהם באירופה.
- ESINET תהפוך את חממות החלל וחברות ההזנק לבעלי נראות ברמה אירופאית למשקיעים ותשפר את הדיאלוג בין יזמים, ESA ו-EC¹⁵⁸.

סוכנות החלל האירופאית ESA הקימה במקביל ל-ESINET יוזמה ציבורית/פרטית הקשורה לקידום שימוש מסחרי בתחנת החלל הבין לאומית. בשנת 2002 נחתם הסכם לשיתוף פעולה בין סוכנות החלל האירופאית ומספר חברות אווירונאוטיקה גדולות (כולל AAS-I - Space Italy - Alcatel Alenia, שמטרתו ביצוע פעולות שיסיעו לקידום השימושים בתחנת החלל. ההסכם כלל זיהוי וקידום מגלה נתיבים מסחרי (Commercial pathfinders) על לוח תחנת החלל באמצעות אספקת הזדמנויות טיסה ללא תשלום ושירותים טכניים מוזלים. רשת תיווך מסחרית נוסדה לקידום ולשיווק של הזדמנויות מסחריות של תחנת החלל הבינלאומית. הרשת תמכור, בסופו של דבר, את השימוש בשירותים האירופאים, תשתיות ומשאבים שעל תחנת החלל, תוך מתן דגש על ביוטכנולוגיה, בריאות, מזון ותזונה.

מחקרים ויישומים תעשייתיים בתחום הרובוטיקה בולטים בפעילותה של החברה הקנדית McDonald Detwiler Associates (MDA) וחברות קשורות כדוגמת Optech, שטכנולוגית מכ"ם הלייזר שלה מאפשרת לרובוטים לבצע תמרון בחלל. במקרים רבים, יוזמות מצד התעשייה התרחשו תוך כדי שיתוף פעולה עם הממשלה הקנדית והאקדמיה.

¹⁵⁸ Naulais, B. et al. (2003)

כל הדוגמאות שהובאו לעיל מצביעות על המאמץ המשמעותי למצוא את התמהיל האופטימאלי בין הממשלה לתעשייה בחקר החלל ומסחרו.

5. סיכום

בתחילת עידן החלל, שחקנים ציבוריים מילאו תפקיד מוביל, מכיוון שהמדינות היו הלקוח היחיד של מוצרי ושירותי החלל. מדינות שהיו מעורבות ב"מרוץ לחלל" נתנו קדימות ליעדים לאומיים ואסטרטגיים ותיקצבו את הפרויקטים על בסיס שנתי. בשל האתגרים הטכנולוגיים המדהימים המעורבים בפיתוח של יישומי החלל, לא ציפו מהשחקנים הפרטיים להיכנס לעסקי החלל. עם ההתפתחויות של טכנולוגיות החלל והנסיון שנצבר במסגרת של פרויקטים בחלל, מעורבות המגזר הפרטי גדלה ופעילויות מסחריות בחלל החלו להתפתח בקצב מהיר. הירידה בתקציבי החלל הממשלתיים לאחר סיום המלחמה הקרה, אילצה את החברות הפרטיות שהיו פעילות בתחום החלל למצוא יישומים מסחריים לידע שרכשו מהעבודה בחו"ם ממשלתיים, כדי לפצות על הירידה בעסקים במגזר הציבורי על-ידי הגדלת המכירות במגזר הפרטי. "המסחר" בחלל הפך ליותר אטרקטיבי עם ההפרטה והליברליזציה של שווקי החלל, דבר שהוביל לגיבושה של תעשיית החלל, ולפיתוח מודלים עסקיים בתחום החלל על-ידי החברות של תעשייה זו.

לכל אחד מענפי תעשיית החלל יש היסטוריה משלו ומודל תפעולי ועסקי שונה. תעשיית החלל היא תעשייה דינאמית, נוצרות בה טכנולוגיות חדשות, המאפשרות יישומים חדשים. תנאי השוק משתנים בהתמדה, ובהתאם משתנים גם המודלים העסקיים. תעשיית החלל היא תעשייה צעירה שממשיכה להתפתח ולהשתנות והגורמים המעורבים - ממשלות וחברות - ממשיכים לחפש מודלים תפעוליים ועסקיים אופטימאליים. בדו"ח זה דנו בהרחבה בשתי דוגמאות לכך, הראשונה הינה תוכנית Landsat הפועלת בתחום שירותי הצילום הלווייני. התוכנית החלה כתוכנית ממשלתית, לאחר מכן הופרטה בחלקה, ובשלב מאוחר יותר חזרה שוב למפעילים ממשלתיים. הדוגמה השנייה שהוצגה היא של חברת Iridium, המתמחה באספקת שירותי תקשורת לוויינית. רשת הלוויינים שלה "הוכרזה" כאחד מהכישלונות הטכנולוגיים הגדולים, החברה פשטה רגל, וכעבור כמה שנים יורשיה "תיקנו" את המודל העסקי - פנו לקהל לקוחות אחר - והחברה חזרה לחיים.

לא בכל ענף של תעשיית החלל המיסחור מצליח, כי לא לכל שירות קיים בסיס לקוחות רחב מספיק על מנת לממן את העלויות הקבועות העצומות שקשורות בפיתוח, בבנייה, בשיגור ובהפעלה של מערכות חלל. אחת מסוגיות המפתח של עידן החלל המודרני היא כיצד למזג בין המאמצים של הממשלה ושל התעשייה. השקעות ניכרות ומאמצים הכרחיים לצמיחה כלכלית משמעותית, והמטרה הינה לחלק את הסיכונים, המעורבים בפרויקטי חלל, באופן הטוב ביותר כך, שהיוזמות יהיו אטרקטיביות למגזר הפרטי.

קיים מגוון של מודלים ספציפיים של שותפויות ממשלה-תעשייה לצרכי שיתוף פעולה, כולל חלוקה בעלויות מ"פ, שותפויות טכנולוגיות ופיתוח משותף של תשתיות. קיימים ארבעה מודלים על הרצף של האפשרויות לשותפויות ציבורית-פרטית. המודל הציבורי המלא כולל שיתוף פעולה בין ממשלות,



בעוד שמודל שיתוף פעולה בין-לאומי מאפשר הן לגופים ציבוריים והן לגופים פרטים להשקיע, כאשר ניהול, מימון וחלוקת הרווחים מתבססים על תרומתו של כל שותף. מודל שותפות פרטית-ציבורית מערב מימון מסורתי של התשתית מצד הממשלה, יחד עם הון סיכון מהמגזר הפרטי, ונתמך על-ידי הסדרים חוקיים בין-לאומיים הנדרשים על מנת להבטיח את זכויותיהם של כל המעורבים. מצידו השני של הרצף, עומד מודל המיזם הפרטי, הכולל אי-תלות בממשלה ויזמות חדשנית, ויכול להכיל מגוון של שחקנים גלובאליים בהסדרי בעלות משותפים.

מודל שנעשה יותר ויותר רלוונטי הוא של "שותפות ציבורית פרטית". מודל זה תוכנן כשיטת מימון שתהווה "גשר" המקשר את שני מקורות המימון המסורתיים, הציבורי והפרטי. מנגנון זה רלבנטי במיוחד לתוכניות חלל בעלות רמה טכנולוגית ו/או סיכוני שוק גבוהים. בשל רמת סיכון גבוהה זו, משקיעים פרטיים נרתעים מלממן תוכניות אלו. מצד שני, המגזר הפרטי מיומן בגילוי מוקדם של אפשרויות מסחריות. לעיתים קרובות, הידע הטכנולוגי הנדרש כדי לממש פרויקטים אלה, זמין במגזר הציבורי, שפחות מעוניין במימושו של ידע זה. לכן, רעיון הליבה של מודל השותפות הוא בכך שהמגזר הציבורי יממן פרויקטים בשלב מוקדם, בעוד שהמגזר הפרטי יהיה מעורב באופן פעיל בתהליכי התכנון, בהמשך, במהלך השלב התפעולי, יהיו אלה חברות פרטיות שיקחו על עצמן את התחזוקה והתפעול וכך יחזירו את ההשקעות הציבוריות ההתחלתיות.

מאמצים למצוא את התמהיל האופטימאלי בין הממשלה לתעשייה בחקר החלל ומסחורו, פיתוח מודלים תפעוליים ועסקיים חדשים, יחד ובמקביל לפעילות בפיתוח טכנולוגיות חדשות ובמציאת פתרונות לבעיות טכניות בתחום חקר החלל, מבטיחים את המשך הצמיחה של תעשיית החלל.

- גא, ד., זלמנוביץ', ב., כצמן, א., סגל, ו., פייקובסקי, ד., אבן-זוהר, י. (2007). *דו"ח נתונים על תעשיית החלל בארץ ובעולם*. מוסד שמואל נאמן, טכניון, חיפה.
- Bates, J. (2006). Satellite Insurance: Market Stabilizes After Tough Stretch. *Via Satellite*. <http://www.satellitetoday.com/cgi/pub/via/via06010606.html>
- David, L. (2006). *Spaceports: Building up the Space Travel Industry*. http://www.space.com/business/technology/060517tech_spaceport.html
- David, L. (2006). *Virgin Galactic: Anatomy of a Business Model*. http://www.space.com/news/061110_tai_galactic.html
- Dun and Bradstreet (2007). *Dun's 100 Israel's Largest Enterprises, 2007*. http://duns100.dunb.co.il/asp/news2007_17t.asp
- Eckert, P. and Maria Lavitola, M. (2006). *Promoting Space Commerce through Public-Private Risk Sharing*. SpaceOps 2006 Conference materials.
- Federal Aviation Administration (2006). *Commercial Space Transportation: 2005 Year In Review*. http://ast.faa.gov/files/pdf/2005_YIR_FAA_AST_0206.pdf
- Futron (2003). *Analysis of Space Concepts Enabled by New Transportation*. ASCENT Study Final Report.
- Futron (2006). Satellite Industry Association's *State of the Satellite Industry Report*. <http://www.sia.org/PDF/2006SIASateofSatelliteIndustryPres.pdf>
- Halsband, A. (2007). *Israel's Space Industry: it's History, Present and Future Forecast*. Israel Aerospace Industries, February 2007.
- Green, K. (2006). *Landsat in Context: The Land Remote Sensing Business Model*. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing Vol. 72, No.10, October 2006.
- Gilat Satellite Networks Ltd. (2007). Annual Report Pursuant to Section 13 or 15(d) of the Securities Exchange Act of 1934, for the fiscal year ended December 31, 2006
- Marzwell, N. (2005) *Near-Term Markets...The Goal: Global Profit-Making Opportunities*. Second Lunar Commerce Executive Roundtable. http://www.lunarcommercetroundtable.com/lcr2_presentations.html
- Morin, L. (2005). *Remarks on robotics*. Second lunar commerce executive roundtable, Huston, TX, 26-27 October 2005, http://www.lunarcommercetroundtable.com/lcr2_presentations.html [cited 5 March 2005].
- Naulais, B., Eldering, N. & Brisson, P. (2003). *From Technology Transfer To Start-up Creation –The European Space Incubator Network*. Technology Transfer Programme, ESA Directorate for Industrial Matters and Technology Programmes, ESTEC, Noordwijk, The Netherlands. http://www.esa.int/esapub/bulletin/bullet113/chapter6_bul113.pdf



Rains, L. (2006). Top 50 Space Industry Manufacturing and Services. *Space News*, July, 31, 2006

Schieb, P and Andrieu, M (2003). *OECD Futures Project. The Commercialisation of Space and the Development of Space Infrastructure: The Role of Public and Private Actors.*

SIRIUS Satellite Radio Reports Record Subscriber Growth and Revenue for Fourth

Quarter and Full-Year 2005 (2006). [Press Release]. <http://www.shareholder.com/sirius/ReleaseDetail.cfm?ReleaseID=187963&cat=Earnings&newsroom>

Worldspace, Inc. (2006). *Annual Report Pursuant to Section 13 or 15(D) of the Securities Exchange Act of 1934 for the Fiscal Year Ended December 31, 2005.* Commission file number 000-51466. <http://library.corporate-ir.net/library/18/189/189783/items/193358/200510K.pdf>

XM Satellite Radio Holdings Inc. Announces Fourth Quarter and Full Year 2005 Results; XM To Exceed Nine Million Subscribers and Reach Cash Flow Break-Even By Year-End 2006 (2006). [Press Release]. http://www.xmradio.com/newsroom/screen/pr_2006_02_16.html

Бейс, Т. (2007). *Космический провал со счастливым концом.* Computerworld #30/2007. [nikat.org/www.osp.ru/cw/2007/30/4314176/](http://www.osp.ru/cw/2007/30/4314176/)

European Space Agency Industry Portal:

http://www.esa.int/home-ind/ESA-Article-fullArticle_par-02_1084173603692.html

European Space Agency Galileo website: <http://www.esa.int/esaNA/galileo.html>

NASA Centennial Challenges website:

http://exploration.nasa.gov/centennialchallenge/cc_index.html

NASA Commercial Orbital Transportation Services (COTS) acquisition information website: <http://procurement.jsc.nasa.gov/cots/>

NASA International Space Station website: <http://spaceflight.nasa.gov/station/>

ד"ר דפנה גץ, עמיתת מחקר בכירה, מוסד שמואל נאמן. בעלת תואר שלישי במדעים. נושאי מחקר עיקריים: הערכת מו"פ, ניהול מו"פ, מדיניות מו"פ, קידום טכנולוגיות חדשות, קשר בין אקדמיה, תעשייה וממשלה.
daphne@sni.technion.ac.il

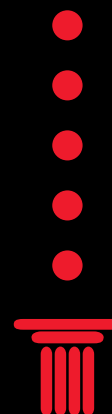
ארקדי כצמן, חוקר, מוסד שמואל נאמן. בעל תואר שני בכלכלה. נושאי פעילות עיקריים: הערכת תוכניות מו"פ והיבטים כלכליים אחרים של מו"פ, תעשיית החלל ומדיניות בתחום זה, כלכלת ישראל (השתתפות בהכנת הדו"ח "ישראל 2028").
arkady@sni.technion.ac.il

בלה זלמנוביץ, מידענית, מוסד שמואל נאמן. בעלת תואר שני במידענות. נושאי פעילות עיקריים: - כוח אדם מדעי וטכנולוגי והשפעת החלל על כלכלת ישראל.
bella@sni.technion.ac.il

דגנית פייקובסקי, עמיתת-מחקר בבית הספר לממשל ולמדיניות באוניברסיטת תל אביב, משלימה בימים אלה עבודת מחקר לתואר שלישי במדיניות חלל.
deganit.paik@gmail.com

ורד סגל, חוקרת, מוסד שמואל נאמן. בעלת תואר שני במדעי ההתנהגות, נושאי פעילות עיקריים: הערכה של תוכניות מו"פ, ומדיניות חדשנות וננו טכנולוגיה.
vered@sni.technion.ac.il

יאיר אבן זוהר, מידען, מוסד שמואל נאמן. בעל תואר שני במידענות, עוסק במחקרי ביכליומטריה ובמאגרי מידע.
yair@sni.technion.ac.il



הטכניון - מכון טכנולוגי לישראל
מוסד שמואל נאמן למחקר מתקדם במדע וטכנולוגיה
טל. 04-8292329, פקס. 04-8231889
קרית הטכניון, חיפה 32000
www.neaman.org.il