

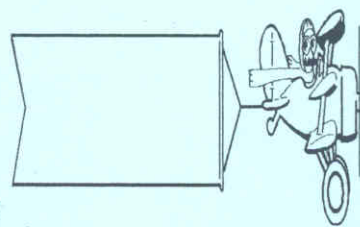
ד"ר יוסף שפירא "כאן חסיד רווה"



"מוסד שמואל נאמן  
למחקר מתקדם במדע  
ובטכנולוגיה"  
הטכניון מכון טכנולוגי לישראל

## בדיקת ההיבטים הכלכליים של פעילות החלל במדינת ישראל

מוגש ל:



סוכנות הישראלית לניצול החלל - סל"ה

אפריל 1997

הטכניון מכון טכנולוגי לישראל  
מוסד שמואל נאמן למחקר  
מתקדם במדע ובטכנולוגיה

ד"ר יוסף שפירא      כאן חסיד רווה בע"מ

# בדיקת ההיבטים הכלכליים של פעילות החלל במדינת ישראל

מוגש ל:

לסוכנות הישראלית לניצול החלל - סל"ה

מרץ 1997

## תוכן עינינים

6.....	<b>פרק 1 - תמצית מנהלים - סיכום, מסקנות והמלצות</b>
6.....	1.1 כללי
6.....	1.2 מתודולוגיה
8.....	1.3 מרכיבי פעילות החלל
8.....	1.3.1 מרכיבי פעילויות פיתוח, ייצור ומשימות
9.....	1.3.2 מוצרי מגור החלל
9.....	1.3.3 מחיר משימת חלל
10.....	1.4 סקירה הסטורית ודילמות המחקר
13.....	1.5 עיקרי ניתוח שווקי החלל העולמיים
13.....	1.5.1 שוק התקשורת הלווינית
14.....	1.5.2 שוק המשגרים
15.....	1.5.3 שוק הצילום מהחלל
16.....	1.6 עיקרי תוכניות החלל בעולם
18.....	1.7 בחינת כדאיות כלכלית - מודלים וישומם
20.....	1.8 - תפקידי הממשלה בפעילות החלל
22.....	1.9 עיקרי פעילות החלל בישראל
22.....	1.9.1 לוינות
22.....	1.9.2 משגרים
22.....	1.9.3 מערכות הנעה
23.....	1.9.4 מצלמות וטלסקופים
23.....	1.9.5 רכיבי חלל
23.....	1.9.6 תשתיות
25.....	1.10 סיכום מסקנות והמלצות
27.....	הגדרת מטרות סיוע המדינה לתעשיית החלל:
27.....	הצעה לסיוע הממשלה לתעשיית החלל
30.....	<b>פרק 2 - החיבטים הכלכליים של החלל</b>
30.....	2.1 המניעים לפעילות האדם בחלל
32.....	2.2 - התועלת הכלכלית הישירה בפעילות החלל
32.....	2.2.1 שיטות המחקר
33.....	2.2.2 מחקרים מאקר-כלכליים
35.....	2.2.3 מחקרים מיקרו-כלכליים
39.....	2.3 מחקר למדידת Spin-Offs מתוכנית החלל האירופית
39.....	2.3.1 כללי
39.....	2.3.2 הגדרת spin-off
39.....	2.3.3 המתודולוגיה
41.....	2.3.4 תוצאות המחקר וממצאיו
43.....	2.3.5 סיכום ומסקנות
44.....	<b>פרק 3 תפקידי הממשלה בפעילות החלל</b>

44	3.1 כללי
45	3.2 הצורך בתמיכה ממשלתית לתעשית החלל
47	3.3 השפעת הממשלה על התעשיה בקבלת החלטות
50	3.4 תהליך קבלת ההחלטות במגזר הציבורי
51	3.5 מודל להחלטה לגבי סיוע למגזר הפרטי
53	3.7 - סיכום
54	3.8 מימון פרויקטי חלל
54	3.8.1 סוגי המימון ומקורותיו
54	3.8.2 מימון בהון עצמי
55	3.8.3 מימון בחוב
56	3.8.4 הסיכונים במימון פרויקטי חלל
<b>58</b>	<b>פרק 4 - תוכניות ותקציבי החלל בעולם</b>
58	4.1 כללי
61	4.2 תקציבי החלל
61	4.2.1 ארה"ב
62	4.2.2 רוסיה
63	4.2.3 ESA - סוכנות החלל האירופית
67	4.2.4 צרפת
68	4.2.5 גרמניה
69	4.2.6 בריטניה
70	4.2.7 איטליה
71	4.2.8 סין
71	4.2.9 הודו
73	4.2.10 יפן
75	4.3 - סיכום
<b>77</b>	<b>פרק 5 - שוקי החלל העולמיים</b>
77	5.1 - כללי
79	5.2 - שוק התקשורת הלווינית
80	5.2.1 תקשורת לווינית קבועה
81	5.2.2 תקשורת לווינית ניידת
86	5.2.3 התחרות בשוק התקשורת הלווינית
89	5.3 שוק המשגרים
90	5.3.1 שוק שיגורים למסלול GEO
91	5.3.2 שוק השיגורים למסלול LEO
92	5.3.3 מצאי המשגרים בעולם
98	5.4 שוק הצילום מהחלל
101	5.5 שוק החישה מרחוק
102	5.6 מיקרולווינים

108.....	5.7 פיתוח וייצור בתנאי מיקרוגרביטציה
110.....	5.8 שוק המחקר המדעי
111.....	5.9 סיכום
<b>113.....</b>	<b>פרק 6 - פעילות החלל בישראל</b>
113.....	6.1 תע"א/מבת
116.....	6.2 תע"א/מבת - "עמוס"
118.....	6.3 תע"א/מלי"מ
119.....	6.4 תע"א/תמ"מ
121.....	6.5 רפא"ל
123.....	6.6 אלאופ
126.....	6.7 הטכניון - מכון אשר לחקר החלל
126.....	6.7.1 פרויקט טכסאט
128.....	6.7.2 התוכנית המוצעת ע"י ראש המכון המיועד
131.....	6.8 - מתקרים והכשרת חוקרים ומהנדסים
131.....	6.8.1 הטכניון - הפקולטה להנדסת אוירונאוטיקה וחלל
132.....	6.8.2 - רפואת חלל
133.....	6.9 סיכום
136.....	רשימת מקורות
137.....	רשימת טבלאות
137.....	רשימת דיאגרמות
138.....	רשימת איורים

עבודה זו הוכנה בחסות הטכניון מוסד שמואל נאמן.

ניחול המחקר - ד"ר יוסף שפירא ומר אבי רווה

ריכוז העבודה, ניתוח המחקרים, סיכום הראיונות וכתובת הדו"ח - מר דקל בבילה מחברת "כאן חסיד רווה בע"מ"

תודתינו נתונה למנהל סל"ה מר אבי הר אבן ולנציגי התעשייה הישראלית ששיתפו פעולה בהבנת החומר ומתן מידע מועיל.

## בדיקת ההיבטים הכלכליים של פעילות החלל בישראל

### פרק 1 - תמצית מנהלים - סיכום, מסקנות והמלצות

#### 1.1 כללי

עבודה זו מוגשת במענה למכרז הסוכנות הישראלית לניצול החלל ומטרתה הוגדרה בבקשה להצעת מחיר באופן הבא:

"לישראל ולשאר המדינות המתועשות בעולם פעילות מחקרית ותעשיתית רבה בנושאים הקשורים בחלל. מזה זמן רב נאלצים גורמי מימשל במיוחד בארה"ב, להצדיק את התקציבים המוקדשים לפעילות בחלל מנקודת מבט כלכלית. העבודה המבוקשת מיועדת לבדוק את ההיבטים הכלכליים של פעילות החלל בישראל במטרה, בין היתר, לסייע להחלטות סלי"ה בהכוונת פעילות החלל בישראל"

עקב הגבלת התקציב לעבודה זו, צומצמה העבודה לנושאי אמצעי שיגור פלטפורמות ומטעדים ולא כוסו נושאי ציוד צמוד קרקע, תקשורת וחישה מרחוק. למרות מגבלות אלו גלשנו לא פעם לתחומים אלו מהיותם חלק אינהרנטי בפעילות החלל.

עבודה זו התייחסה כמובן רק לפעילות האזרחית ולא לפעילות הבטחונית, למרות שגם כאן חייבת להיות התייחסות מסויימת כמו בכל המדינות המתועשות בהן תקציב הבטחון נתן את הבסיס הטכנולוגי, את התשתית ואת רמת התעסוקה המינימלית הנדרשת לקיים מערכת מדעית טכנולוגית כל כך יקרה.

הבסיס לבקשה לעבודה זו נוצר בועדה שבדקה את תשתיות החלל בישראל בראשותו של עוזיה גליל. ועדה זו ציינה במסקנותיה את החשיבות המדעית של פרויקטי החלל ומכיוון שלא בחנה את ההיבטים הכלכליים של תוכניות אלו הסתפקה בהצהרה להלן ששימשה אותנו בקביעת המתודולוגיה - " כמעט בכל מקום בו עוסקים בתחום מערכות חלל, מצאה הועדה אנשים המאמינים ביכולתם להפיק תועלת עיסוקית מהנכסים בתחום החלל והפעילות בו, אולם רובם טוענים שעל מנת לעשות זאת הם זקוקים עדיין לתמיכת ביניים לקיום וקידום תשתיות וטכנולוגיות על מנת להגיע למבנים עיסוקיים".

#### 1.2 מתודולוגיה

א. על מנת שניתן יהיה להציג מסמך שיהיה בו גם ניתוח מתאים וגם כיווני פעולה אפשריים, פישטנו את מטרות הבדיקה לשאלות להלן:

- 1) מהן המתודולוגיות בהן בוחנות "מדינות חלל" אחרות את הכדאיות הכלכלית למשק בפרויקטי חלל והאם ניתן לישם מודלים אלו למשק הישראלי.
- 2) איך תומכות "מדינות חלל" אחרות בתעשיית החלל שלהם והאם ניתן לישם רעיונות אלו למשק הישראלי.
- 3) האם נושא החלל הוא נושא עיסקי משמעותי שיש לו עתיד וכדאיות כלכלית ברמת הפירמה הבודדת.
- 4) האם תעשיית החלל בישראל הגיעה לבשלות עיסקית וחובתה לפעול בראייה עיסקית שיווקית כמו בכל פרויקט מבטיח אחר, או שמא דרוש לתעשייה זו סיוע ממשלתי נוסף עד לשלב בו תוכל לעמוד על רגליה.
- 5) מה היא רמת הסיוע ודרך הסיוע הממשלתית הנדרשת (אם נדרשת) מעבר למה שנותנת היום המדינה באמצעים הקיימים.
- 6) האם יש תחומים עדיפים: מבחינת הפוטנציאל הכלכלי שלהם, מבחינת הפריית פוטנציאל כלכלי בכל התחומים הקשורים.

#### ב. בהתאם לשאלות אלו נבנתה הבדיקה במתכונת להלן:

- 1) סקירה של מודלים כלכליים שפותחו בעולם לניתוח תרומת תעשיית החלל וניתוחם בהיבט הישראלי.
- 2) סקירת פעילות החלל בישראל. סקירה שהתבססה על סיורים שערכנו ברב החברות המעורבות, חומר כתוב שקיבלנו מחברות אלו וחומר נוסף שנאסף מסל"ה.
- 3) סקירת שווקי החלל בעולם. למרות שלא הוקצב תקציב לביצוע סקרי שוק, אספנו במידת האפשר חומר מתוך מאגרים ומידע גלוי על נישות שונות של ישומי חלל והצגתן מהווה רק קצה הקרחון של מידע שיש לאסוף בשלבים אחרים על מנת לבסס את הכדאיות הכלכלית של הנישות השונות.
- 4) סקירת תקציבי החלל של המדינות המתועשות והסיוע הניתן במדינות אלו לתעשיית החלל.
- 5) מתוך הפרקים הנ"ל יצרנו את המסקנות וההמלצות.

#### ג. שיטת איסוף החומר נחלקה, כאמור, למספר חלקים:

- 1) פגישות בתעשיות הישראליות המעורבות - תעשייה אווירית (מבת, תמ"מ, מל"מ), רפא"ל, אל אופ, אלישרא והטכניון - הפקולטה לאוירונאוטיקה וחלל והמכון לחקר החלל וכן ד"ר ערן שנקר.
- 2) איסוף חומר מספרית הטכניון, סל"ה, משרד הבטחון, אינטרנט ועוד.



## 1.3 מרכיבי פעילות החלל

לצורך תיחום הניתוח יפורטו להלן מרכיבי פעילויות פיתוח, ייצור ומשימות, יוצג ניתוח מגזר החלל לפי המוצרים הקיימים בו וכן מרכיבי עלות משימת חלל:

### **1.3.1 מרכיבי פעילויות פיתוח, ייצור ומשימות**

#### **א. מחקר מדעי**

- לימוד התנאים השוררים בחלל לצורך פיתוח משימות המצרכיות שהייה בחלל ולצורך פיתוח תעשיות הנוקקות לתנאי חלל.
- חקירת מערכת השמש וכוכבי הלכת ע"י משלחות של חלליות מחקר.
- אסטרונומיה- תצפיות טלסקופיות לחקירת היקום.

#### **ב. מטאורולוגיה**

- חקר האטמוספירה.
- חיזוי מזג האויר.

#### **ג. תצפיות על כדור הארץ**

- מחקרי כדור הארץ: תזוזת יבשות, שינויי טמפרטורות, תזוזת קרחונים, מחקרים גיאולוגיים וכו'.
- מחקרי וסקרי משאבים: יערות, צמחיה, תבואות, מים וכו'.
- סקרים טופוגרפיים ופרטי תכסית: מיפוי שטחים, מיפוי ערים ודרכים.
- ניטור פעילות: מיפוי תנועה אווירית, ימית ויבשתית, מיפוי ומעקב אחר שריפות.

#### **ד. ניווט**

- שרות המסופק חינם ע"י ממשלת ארה"ב (GPS) ורוסיה (Glonass). השרות עשוי להפוך למסחרי באם ארה"ב תשנה את מדיניותה.

#### **ה. איתור והצלה**

#### **ו. תקשורת**

- הענף הגדול והרווחי ביותר בתחום החלל.

#### **ז. פיתוח טכנולוגיות ומוצרים לצורך מכירת הטכנולוגיה**

### ח. פיתוח טכנולוגיות, מוצרים ומשימות חלל לצורך יצירת פוטנציאל

- בתחום הצבאי - פעילות זו אינה עומדת במבחן כלכלי, מאחוריה חבויים יעדים אחרים: יצירת פוטנציאל זמין לשימושים צבאיים, יוקרה לאומית וכ'.
- בתחום האזרחי - קיים פוטנציאל כלכלי.

### 1.3.2 מוצרי מגזר החלל

לצורך מיפוי והבנת המונחים, מוצגים להלן המוצרים הקשורים לתעשיית החלל:

- א. **הלווין** (נקרא גם BUS) ותחת כותרתו נכללים המכלולים עבור הלווין והאינטגרציה.
- ב. **המטעד** אשר משתנה בהתאם ליישום הלווין.
- ג. **המשגר**.
- ד. **ניהול פעולות הלווין**.
- ה. **ניהול פעולות המטעד** - מכירת שרותים.
- ו. **מתן שרותים** (עיבוד, שיווק, הפצה, רשת קרקעית).

עבודה זו תיגע במוצרים א'-ד' שהם יחודיים לתחום החלל. במרבית היישומים יתור המוצרים נגזרים מתחומי פעילות אחרים.

### 1.3.3 מחיר משימת חלל

מחיר משימת חלל מורכב מחמישה רכיבים:

- מחיר הלווין (BUS).
- מחיר המטעד.
- מחיר השיגור.
- מחיר הביטוח.
- מחיר התפעול.

## 1.4 סקירה הסטורית ודילמת המחקר

ישראל עשתה את צעדיה הראשונים בתחום מדעי החלל וטכנולוגיות החלל לפני יותר מעשור, והגיעה ליכולת פתוח ושיגור לווינים קטנים לפני כ-5 שנים. בבואנו להציע מסגרת לאסטרטגיה של מדינת ישראל מול תעשית החלל שלה, כדאי לבחון את היעדים הלאומיים ולגזור את כיווני הפעילות המומלצים, היעדים והקפי המשאבים הרב שנתיים המתאימים ליכולתה של מדינת ישראל והשגת יעדיה בתחום מדעי החלל, טכנולוגיית החלל, וחדירה לשוקים הנילוויים.

כמו בנושאי תקציב הבטחון כך גם בנושאי החלל עולה מדי פעם השאלה האם יכולה מדינת ישראל, במצבה הנוכחי, להרשות לעצמה להשקיע ממשאביה המוגבלים בכניסה והתבססות בתחום טכנולוגי מדעי זה.

מדעי החלל, הטכנולוגיות הנילוות והיישומים המתבססים עליהם מהווים כיום חלק מן הנוף הטכנולוגי בכל המדינות המפותחות ומשמשים דוחף טכנולוגיות (Technology driver) רב חשיבות עבור התעשיות עתירות הטכנולוגיה שלהן. הרבה תעשיות מתוחכמות במדינות אלו משולבות בפעילות מחקר, פיתוח וייצור בתחום הלווינות, וטכנולוגיות החלל בכלל.

מדינת ישראל רואה את עצמה כמדינה שחוסנה הכלכלי בהווה ובעתיד תלוי באיכות, ברמה ובתחרותיות של התעשיות המתקדמות ועתירות הטכנולוגיה שלה.

כנגד מי מתחרות ותתחרנה תעשיות ישראליות אלו? התחרות, הן במוצרים והן בפרוייקטים המתקדמים, היא מול אותן תעשיות המתקדמות ביותר, במדינות המפותחות, תעשיות שבחלקן הגדול הידע והמומחיות שרכשו מתוך שילובן בפרוייקטים חלליים, מהוים חלק חשוב מחוסנן המדעי-טכנולוגי.

עד עתה, היה חלק גדול מן התעשייה הישראלית עתירת הטכנולוגיה (high tech) משולב בפיתוח מערכות הנשק המתקדמות, שהיו נחוצות להישדרות מדינת ישראל מול אויביה. פעילות זו, היא ששימשה דוחף טכנולוגיות מצויין, אשר הצעיד וקידם תעשיות אלה לשורה הראשונה בעולם, וזאת אף ללא השתלבות ממשית בתחום טכנולוגיות החלל בשנות השבעים.

עם הופעת אפשרות השלום באופק והתחזית של הקטנת היקף הפיתוח הבטחוני והתקציבים המופנים לכך, עלתה חשיבות תחום טכנולוגיות החלל כדוחף

טכנולוגיות חילופי, אשר ימשיך ויתרום לקידום היכולת המדעית טכנולוגית של התעשייה המתוחכמת הישראלית, בדומה לתעשיות המקבילות בעולם.

כיום, שוק תעשיות החלל בעולם עומד על יותר מ-30 מיליארד דולר בשנה, וצפוי לעבור את ה-50 מיליארד עד סוף העשור הנוכחי. מהו נתח סביר לפעילות התעשיות הישראליות בשוק הזה? זוהי אחת השאלות עליהן קשה לתת תשובה חד משמעית. ברור ששוק בהיקף כזה מבטא פוטנציאל גדול גם לתעשיית החלל הישראלית.

המאפיינים של השוק הזה אינם מאפשרים חדירה או השתתפות משמעותית בו, ללא קיום תשתית ומומחיות מתאימה וספציפית בתעשיות ומכוני המחקר. בכל המדינות המפותחות, תשתית ומרכזי מומחיות תעשיתיים ולאומיים אלה הוקמו בזכות תוכניות חלל לאומיות שהותנעו למטרה זו בדיוק. השתתפות בפעילות העולמית בטכנולוגיות החלל והיישומים הנלווים בשנות ה-2000 משתלבת בחזית תחום הספקטרום הטכנולוגי מדעי: טכנולוגיות תקשורת, עיבוד נתונים מתקדם, טכנולוגיות מחשבים, מערכות מתוחכמות בעלות אמינות גבוהה, אינטליגנציה מלאכותית, חישה מרחוק (הן בהיבט הטכנולוגי והן בהיבט היישומי, שחשיבותם הולכת וגדלה), אלקטרו-אופטיקה, המרת אנרגיה הנעה ועוד. כל אלה הינם בין התחומים הטכנולוגיים מדעיים שבעזרתם המדינות המפותחות יגיעו, ומגיעות לשלב ההתפתחות העבר-תעשיתית (post-industrial), הנמצא בפתח.

הצורך להיות חלק משוק החלל העולמי הובן היטב במספר הולך וגדל של מדינות, אשר נקטו בצעדים מעשיים להשתלבות בפעילות וקידום תחומים אלה אצלם ושילוב תעשיותיהן בהם. בעקבות המדינות החלוציות בתחום זה (בריה"מ, ארה"ב, צרפת, בריטניה) הלכו בשלב ראשון כל מדינות המערב על ידי התנעת תוכניות חלל לאומיות, והתאגדות בינלאומיות (ESA - סוכנות החלל האירופאית) לצורך שילובן במבצעים טכנולוגיים ומדעיים חלליים, שהיו מעבר ליכולתן של המדינות הבודדות, ועל ידי כך להקים ולהנות מפיתוח תשתית משותפת אדירה, ממנה הן יכולות להנות. מדינות אלו (הולנד, דנמרק, שוודיה, איטליה, גרמניה, ספרד, בלגיה וכו') עשו זאת לצורך הבטחת החיוניות המדעית טכנולוגית של תעשיותיהן המתקדמות, שמירה על מעמדן ותחרותיותן ובעקבות כך, הבטחת הבסיס הכלכלי טכנולוגי שלהן.

בכל המדינות, אשר נכנסו לתחום החלל, התבססו הצעדים הראשונים של התעשיות והקמת התשתית הטכנית מדעית המתאימה, על מימון לאומי במסגרת תוכנית חלל לאומית, ורק לאחר מכן נוצלו הידע והתשתית לפרוייקטים מסחריים טהורים. דורות הלוויינים הראשונים פותחו ומומנו במסגרת פעילות סוכנויות החלל השונות במדינות אלה. הדורות הראשונים של לווייני תקשורת בצרפת פותחו במסגרת תוכניות ה-CNES (סוכנות החלל הצרפתית). כל הכנסה של טכנולוגיה

חדשה בליווינים אלה עוברת ראשית שלב של פיתוח, ניסויים, בחינת ביצועים ובשלות במימון לאומי (לדוגמא פרויקט "דוד" שעבור הלווין הראשון נדרש מימון ממשלתי). רק לאחר שלב זה יכולה התעשייה להיכנס לפרוייקטים עסקיים מסחריים המבוססים עליהם (ללא סיכוני יתר בחן היא עלולה לא לעמוד). על כן, קיום תוכנית לאומית, במדינות שהחליטו להשתלב בתחום עשייה זה, נחשבת כהכרחית ליצירת התשתית בשלב הראשון ולקידום הטכנולוגיות המתקדמות, בטרם ניצולן העיסקי בשלב מתקדם ובשל יותר.

בעשור האחרון, מלבד מדינות כהודו, יפן וסין העממית, אשר השקיעו מסיבית בתחום הזה והפכו למעצמות בתחום טכנולוגיות החלל, אנו עדים להתנעת תוכניות חלל לאומיות וכניסה לטכנולוגיות ויישומים חלליים של מדינות נוספות, ביניהן : קנדה, ברזיל, ארגנטינה, דרום אפריקה, קוריאה, סין הלאומנית ועוד.

בחינת הצורך של מעורבות הממשלה בקידום תעשיית החלל שלה יעשה גם על רקע המצב המתואר לעיל. השאלה העיקרית הנשאלת היא האם שוק החלל מהווה פוטנציאל עיסקי למדינה כמו ישראל, לתעשייה בסדר הגודל של התעשייה הישראלית, בחיקף המשאבים שיכולה מדינת ישראל להרשות לעצמה ומול התחרות של מיטב התעשיות המתקדמות בעולם.

## 1.5 עיקרי ניתוח שוקי החלל העולמיים

### 1.5.1 שוק התקשורת הלווינית

הוא שוק החלל הגדול, המסחרי, המגוון והמפותח ביותר מבין שוקי החלל השונים. הכניסה לשוק זה מותנה ביכולת לגייס השקעה ראשונית גבוהה וביכולת לקבל רישוי והקצאת תדרים מרשויות במדינות השונות.

כמו בעבר גם בשנים הקרובות צפוי כי עיקר הפעילות בתחום לווני התקשורת תתבצע באמצעות אירגונים בינ"ל כגון Intelsat ו-Eutelsat. התפתחות הטכנולוגיה וזמינות שירותי השיגור גרמה לכך שגודל לווני התקשורת עלה בהתמדה לאורך השנים ונגזרת מכך היא כמות המשיבים שעל הלוויין. כך למרות שמספר שיגורי הלוויינים לא גדל באופן משמעותי לאורך השנים צפויה כמות המשיבים שבמסלול GEO לגדול באופן משמעותי עד לתחילת העשור הבא.

גורם, אשר צפוי לפגוע בצמיחת תעשיית לווני התקשורת לשימושי עורקי טלפוניה, נתונים וטלוויזיה, היא תחרות מצד רשתות הסיבים האופטיים, אשר מונחות בקצב הולך וגובר ובהשקעות ענק, בכל רחבי העולם ומסוגלות להחליף את הלוויין ביעילות בשרותים אלה.

מגמה נצפית נוספת בתחום שוק לווני התקשורת היא גידול בכמות הלוויינים והמשיבים, אשר נרכשים ע"י מדינות קטנות שמבקשות לקבל שירותי תקשורת מקומיים שיהיו בשליטתן הבלעדית ולא בשליטת ארגון בינ"ל כלשהוא.

תחום תקשורת נוסף, אשר נמצא כיום בתהליך הצמיחה המהיר ביותר, הוא אספקת שירותי תקשורת אישית ניידת וקבועה באמצעות לוונינים. תחום זה התפתח כתחום מסחרי לחלוטין מתחילתו ביוזמת Iridium ו-Globalstar וכיום מתחרות על פלח שוק זה חברות נוספות ומצויות בשלב זה או אחר של יצירת קונסטלציות של לווני LEO ו-GEO למתן שירותי תקשורת מתחרים/משלימים לתקשורת הסלולרית הארצית. תחום התקשורת הלווינית רחבת הסרט להעברת מידע לצרכנים מגוונים בנפחים ובמהירויות גבוהות נמצא בתחילת דרכו ומתחרים בו פרויקטים של GEO ושל LEO כגון Teledesic ו-Astrolink ההיקף הכולל של ההשקעה בפרויקטים המוצעים כיום מסתכמת בכ-25 מיליארד \$.

תחום נוסף, אשר צפוי לעבור התפתחות גדולה בשנים הקרובות, הוא תקשורת פרצים לוונית. השוק בתחום זה התפתח רק באופן חלקי. מוצעות כיום כמה תוכניות Little Leos (היחידה שהחלה שרות היא Orbcomm). גורם אשר מעכב את התפתחות שוק זה הוא אי הקצאת תדרים ע"י ה-FCC.

היקף שוק לווני התקשורת הבינ"ל (מכירת לווני תקשורת - לא שרותים או מגזר קרקעי) מוערך בעשרות מיליארדי \$. הפעילות העיקריות בשוק הן יצרניות הלווינים האמריקאיות, אשר מחזיקות כ-72% מהשוק, ויתרון נובע מכרית בטחון בדמות צבר הזמנות ללווינים צבאיים ונאסא, אשר איפשרה להן להתחרות בשוק בצורה שהקשתה על המתחרים האירופאים לעמוד בתנאים שהציעו.

הפעילות הישראלית בנושא לווני תקשורת קיימת כיום רק בדמות תוכנית "עמוס" אשר מהווה נקודת עבודה שבה יש לתע"א/מבת יתרון מקומי, בנושא לווני תקשורת קטנים למתן שרות למדינות בודדות. חברות ישראליות יכולות להשתלב בעתיד באחת מתוכניות ה-Big Leos וה-Little Leos בהצעת לווני ומכלולים אולם לא ביזום של תוכנית כזו.

## 1.5.2 שוק המשגרים

הוא שוק מצומצם יותר וחברות בו מספר מועט של מדינות ובינן ישראל, אשר פיתחו יכולת שיגור עצמאית. שוק זה עובר בשנים האחרונות שינויים רבים במבנה ובטכנולוגיה. השינויים המבניים נגרמים עקב חדירתם לשוק של משגרים אמניים וזולים מתוצרת מדינות רוסיה, אוקראינה וסין. לאחר שארה"ב הסכימה לאפשר מספר מוגבל של שיגורים באמצעות משגרים אלה מיהרו החברות האמריקאיות המובילות בתחום המשגרים להתקשר בהסכמי שיתוף פעולה עם החברות הרוסיות, האוקראיניות והסיניות.

המעצמות אשר פיתחו את המשגרים בהתבסס על טכנולוגית טילים בליסטיים מגינות על תעשיות המשגרים שלהן באמצעות האמנה למניעת הפצת טכנולוגית טילים ומדיניות מפלה לטובה של התעשייה המקומית.

השינויים הטכנולוגיים מתבטאים בפיתוחם של משגרים חדשים. מרבית תוכניות הפיתוח הן למשגרים גדולים ומובילים בהן האמריקאיים, האירופאים והיפנים. גם בתחום המשגרים הקטנים חלה התעוררות ובשנים האחרונות פותחו מספר משגרים קטנים. בתחום המשגרים הקטנים מצויים גם משגר סיני ומשגר "שביט" הישראלי אשר מוגבל למסלול LEO של לווני קטנים. התפתחות שוק המשגרים הקטנים תלויה מאוד ביכולת להקטין את מחיר השיגור ובהתפתחות תוכניות התקשורת האישית והתקשורת רחבת הסרט של קונסטלציות לווני ה-LEO.

היקף השוק לשיגורים למסלולי GEO בשנים 1994 - 2004 נאמד בכ-15 מיליארד \$ ושוק השיגורים למסלול LEO, בשנים אלו, צפוי להיות כ-5 מיליארד \$.

### 1.5.3 שוק הצילום מהחלל

שוק זה הולך והופך למסחרי ותחרותי עם שיפור הרזולוציה המותרת ללווינים אזרחיים ועם פיתוח תוכנות המאפשרות את פענוח המידע בצורה ידידותית, אולם עומד בפני תחרות קשה מצד שוק הצילום האווירי אשר מספק תצלומים ברזולוציה גבוהה יותר ובזמינות גדולה יותר.

תחזיות לגבי הפעילות בשוק זה צופות צמיחה של מכירת שרותים מ-12 מיליארד \$ ב-95 לכ-18 מיליארד \$ בשנת 2004. צפי שיגורי הלווינים עד לשנת 2000 ומספר של הפרויקטים החדשים בתחום מעיד גם הוא גידול השוק.

שוק תצלומי הלווין הפנכרומטיים ישמש למיפוי, תכנון אורבני ומודיעין ("חצי צבאי"). שוק תצלומי הלווין המולטיספקטרי עדיין אינו מתפתח כשוק מסחרי אזרחי. אפליקציות עתידיות של צילומים אלו יהיו ככל הנראה בחקלאות, באקולוגיה ובניהול נכסי טבע.



## 1.6 עיקרי תוכניות החלל בעולם

לאחר תקופה של ירידה בתוכניות החלל בעולם עד לשנת 93 שנבעה בעיקר מהמיתון הכלכלי העולמי חוזרים תקציבי החלל לצמוח. גורם חשוב המאפיין את תוכניות החלל בעולם בשנים האחרונות הוא הגידול במספר שיתופי הפעולה הבינ"ל הנובעת בעיקר מהעלות האדירה של פרויקטי החלל שאף מדינה אינה רוצה לשאת לבדה.

המדינה המובילה בהשקעותיה בתוכנית החלל האזרחית היא ארה"ב עם השקעה של למעלה מ-13 מיליארד \$ (ההשקעה הכוללת, כולל צבאית, מסתכמת בלמעלה מ-30 מיליארד \$ לשנה). החשיבות שמיחסת ארה"ב להשקעה בחלל מוצאת ביטויה גם בפרמטרים ההשוואתיים היחסיים כגון תקציב החלל כשעור מהתל"ג (0.25%) ושעור המו"פ בחלל מסך ההשקעה במו"פ (כ-24%). ארה"ב פועלת מטבע הדברים בכל תחומי פעילות החלל ומובילה בהם את יתר העולם. התוכניות העיקריות לשנים הקרובות הן תחנת החלל הבינלאומית, פיתוח משגרים ומזעור (Next Millenium).

**רוסיה**, הורידה את פעילותה ברמת התקציבים למרות שעדיין מבחינת כמות השיגורים היא האומה הפעילה ביותר בחלל. תקציבי החלל המצטמצמים ברוסיה יוקדשו בשנים הקרובות לפיתוח נושא הלווינות - חישה מרחוק ותקשורת, ניווט, תחנת החלל הבינלאומית ומיר 2.

ESA, סוכנות החלל האירופית, שומרת לאורך השנים על היקף תקציבה. עיקר פעילותה בשנים קרובות תתמקד בסיום פיתוח אריאן 5, תחנת החלל הבינ"ל, תוכנית קולומבוס, spacelab ובהיקפים קטנים יותר בתחום המיקרוגרביטציה, החישה מרחוק ומדעי החלל.

ההשקעות העצמיות של מדינות אירופה בתוכניות חלל שלא באמצעות ESA גדלו בשנים האחרונות (יוצאת מן הכלל היא איטליה שניוונה כמעט לחלוטין את תקציב החלל העצמאי שלה). צרפת, כמדינה, תופסת את המקום השני עפ"י המדדים ההשוואתיים של תקציב החלל כשעור מהתל"ג (כ-0.15%) ושעור המו"פ בחלל מתוך כלל המו"פ (כ-15%) ומובילה בכך על יתר מדינות אירופה שהגדולות בהן (גרמניה, איטליה ובריטניה) מוציאות פחות מ-0.1% מהתל"ג על חלל ופחות מ-10% מההוצאה על מו"פ.

פרט לצרפת כל המדינות החברות ב-ESA מוציאות את עיקר תקציב החלל שלהן באמצעות ESA. עיקר הפעילות העצמאית של מדינות אירופה בחלל מתמקדות בנושא הלווינות. חריגה מכלל זה היא גרמניה שמשקיעה סכום ניכר בתחנת החלל.

סין שתקציב החלל האזרחי שלה מוערך בכ-0.5 מיליארד \$ תמשיך בשנים הקרובות בפיתוח מגוון המשגרים שלה ותעסוק בעיקר בתחום לויני התקשורת ובתחום הניווט גם באמצעות שת"פים בינ"ל. לאחרונה נכנסה סין לשת"פ בתחום חישה מרחוק עם ברזיל בהשקעה של כ-75 מיליון \$.

יפן, אשר הכפילה את תקציב החלל שלה בשנים האחרונות מרמה של כ-1.1 מיליארד \$ ב-1990 לרמה של כ-2.2 מיליארד \$ ב-1996, תעסוק בשנים הקרובות בעיקר בפרויקטים אשר יהיו להם בעתיד השלכות מסחריות וישומים כלכליים בתחום המשגרים - פיתוח משגר ה-H2, פיתוח לויני תקשורת, חישה מרחוק, מיקרוגרביטציה, מודול הניסויים בתחנת החלל הבינ"ל ומטוס חלל.

## 1.7 בחינת כדאיות כלכלית - מודלים וישומם.

המחקרים המאקרו כלכליים אינם נותנים תמונה חד משמעית לגבי התשואה שמפיקה פעילות החלל לכלכלה. הבעיות שבאומדן התרומה של המו"פ החללי לתוצר הלאומי גדולה עקב הקושי להפריד את השפעת גורם זה מיתר הגורמים המשפיעים על התוצר ועקב שיטות המחקר הקיימות, אשר אינן מקנות אמינות גבוהה לאומדן מספר רב של פרמטרים באמצעות סדרות נתונים קצרות יחסית.

שיטת המחקר של מכון Midwest Research Institute מציגה תוצאות חד משמעויות וחוביות, לפיהן תשואת המו"פ החללי לכלכלה היא פי 9-7 מההשקעה, אולם מניחה עקב כך הנחות מתמירות לגבי יעילות המו"פ אשר נסתרות ע"י המחקר של Bureau of labor statistics, אשר מראה במפורש שיעילות המו"פ הפרטי גבוהה מיעילות המו"פ הציבורי. המחקר של CHASE Econometric Associates שבו נתקבלו תוצאות חיוביות בפעם הראשונה ותוצאות שליליות בפעם השניה לוקה במספר בעיות, אשר לדעת החוקרים מעמידות את כל תוצאותיו בספק, והעיקרית שבהן היא אופן בחירת המשוואה אשר נותנת את התוצאות הטובות ביותר.

מרבית המחקרים שסקרנו לעיל מוצאים קשר חיובי בין מו"פ חללי לצמיחת המשק וגידול בתוצר הלאומי (לא אותר מחקר אשר גילה קשר שלילי) אולם קשה לבצע השלכה של תוצאות המחקרים, שבוצעו כולם בארה"ב ובוחנים את תרומת NASA, על המשק הישראלי מכמה סיבות:

- מסה קריטית - קיים הבדל ענק בין היקף הפעילות של NASA להיקף פעילות החלל בישראל ולדעתנו קיים כאן אפקט של מסה קריטית שבלעדיה לא תתקיים ההשפעה על המשק בה מבחינים בארה"ב. לא היתה התייחסות במחקרים לנושא זה.
- ההיבט הצבאי - קיים קשר הדוק בין מו"פ חלל צבאי למו"פ חלל אזרחי דרך NASA למרות שהמחקרים לא התייחסו לנקודה זו קיימת ניתן, לדעתנו, לזקוף חלק מהתרומה לתוצר הלאומי לזכות המו"פ החלל הצבאי.
- הטיית מזמין העבודה - ביצוע המחקרים הוזמן ע"י NASA ובהיותה גורם אינטרסנט בתוצאותיהם לצורך הצדקת קיומה, יש להטיל ספק מסוים באמינות התוצאות.

בחינת תוצאות המחקרים המיקרוכלכליים היא בעייתית יותר. במחקרים אלו התוצאות שהושגו מוגבלות מאוד עקב ההנחות שבבסיסן וקשה יותר להסיק מהם מסקנות על כלל תוכנית החלל, אשר יהיו ישימות לתעשית החלל הישראלית ולתוכנית החלל.

מעל לכל יש לזכור כי המחקרים שבוצעו אינם נוגעים בהשפעות הטכנולוגיות ה"גדולות" שצמחו מתוך תוכניות החלל והן התקשורת הלוויינית והחישה מרחוק. טכנולוגיות אלו השפיעו באופן יסודי על התפתחות הכלכלה העולמית ונוגעים כמעט בכל תחומי החיים.

מהבחינה הפרטנית והמעמיקה יותר של ה-spin offs של פעילות החלל כפי שנחקרה ע"י BETA (Bureau d'Economic Theorique et Appliquee) עבור ESA עולות מספר תוצאות בעלות משמעות לעבודה זו.

עיקר המסקנות ממחקר זה הן:

- 📖 **ההשפעה של פעילות החלל על מגזרים אחרים היא קטנה.**
- 📖 **ההשפעה החיצונית של פעילות החלל היא בעיקר על נושאים קרובים.**
- 📖 **עיקר ה-spin-off באים לידי ביטוי אצל מפתחי המערכות והציוד.**

## 1.8 - תפקידי הממשלה בפעילות החלל

הממשלה ממלאת ארבעה תפקידים עיקריים בפעילות החלל ובתהליך הפיכתה למסחרית ורווחית:

- א. יצירת הזדמנויות השקעה.
- ב. הפחתת רמת הסיכון העומדת בפני הפירמות בעת כניסה לפרויקט חלל.
- ג. העלאת התשואה שיניבו פרויקטי חלל.
- ד. יצירת מודעות להזדמנויות ולטכנולוגיה.

במידה והממשלה רואה בפעילות החלל יעד לאומי עליה לפעול באמצעים העומדים לרשותה: תקציבים, מיסוי, חקיקה וכד', לביצוע התפקידים שנמנו לעיל כדי ליצור פעילות חלל צומחת, אשר תשפיע על יתר תחומי הכלכלה, הרווחה הציבורית, ורמת החיים. כמוכן שכל האמור לעיל נכון לגבי פעילות חלל למטרות אזרחיות. פעילות חלל למטרות צבא וביטחון לאומי תזכה למעורבות ממשלתית מסוג שונה אשר אינה בתחום עיסוקה של עבודה זו.

בראינות שקיימנו לצורך עבודה זו עם מנהלי תחום החלל בחברות השונות בישראל עלו צרכים שונים ודרישות שונות לסיוע ממשלתי בכלל ושל משרד המדע בפרט. את דרישות הסיוע ניתן לחלק לארבע תחומים:

א. סיוע מימוני - כאשר נוצרת הזדמנות עיסקית לפרויקט חלל כדוגמת פרויקט "ארוס" של מבת ואלאופ או פרויקט "דוד" נוצר קושי בגיוס הון להנעתם. החברות סבורות כי על המדינה למלא חלל זה באמצעות מתן ערבויות מדינה (בדומה לערבויות "עמוס") או מתן מענקים והלוואות יעודיים מעבר לתמיכה הרגילה דרך המדען הראשי וכד'.

ב. סיוע שיווקי - שוק החלל אינו שוק חופשי במובן הרגיל עקב מעורבות רבה של ממשלות דרך סוכנויות חלל והגנות על תעשייה מקומית משיקולים שאינם כלכליים בדרך כלל. עובדה זו מחייבת מעורבות של הממשלה בסיוע לחברות בשיווק באמצעות מעורבות מיניסטרילית או דיפלומטית. (לדוגמא כתוצאה מפעילות סל"ה חתמה רפא"ל הסכם שת"פ עם "ארוספסיאל" ותעשייה אוירית עם MMS).

ג. סיוע ב"הכשרות חלל" - בשוק החלל המסחרי יש חשיבות רבה להוכחת ביצוע בחלל של מוצר חדש לפני שירכש. העלות הגבוהה של מתן "הכשרות חלל" למכלולים הביאה למצב שמרבית הטכנולוגיות והמכלולים החדשים

בחלל נוסו באמצעות פרויקטים במימון ממשלתי ורק אח"כ הפכו מסחריים. מרבית המכלולים והמערכות שפיתחה התעשייה הישראלית עברו כבר הכשרת חלל בפרויקט "אופק" ואחרים, אולם נדרשת מעורבות המדינה לקיום ערוצים של הכשרת חלל גם בעתיד לנוכח תהליכי הפיתוח המתקיימים כיום. עזרה כזו של המדינה יוכלה להיות בשני אופנים. היקר שבניהם יהיה שיגור לוויין הדגמת טכנולוגיות מדי תקופת זמן והאופן השני והזול יותר הוא השתתפות בפרויקטים בינ"ל בהם תורמת ישראל מערכות ובתמורה הן מנוסות בחלל (לדוגמא, הסכם שנחתם לאחרונה עם NASA לניסוי מד אוזון שפותח בטכניון בלוינים אמריקאים).

ד. **סיוע בקיום "מוקדי ידע"** - בתעשיות בהן ביקרנו זוהו ע"י המנהלים גרעיני כ"א בהיקף של כ-150 איש שמהווים מוקדי ידע. אי קיום פעילות חלל יחייב העסקתם בתחומים אחרים ואובדן הידע. החברות רואות חשיבות לאומית בסיוע של המדינה באמצעות זרימה שוטפת של פרויקטים לאחזקת מוקדי הידע הללו.

דרישות התעשייה מייצגות תשתית שהוקמה בעבר, בעיקר במימון ולצרכים לאומיים. יצירת תשתית חדשה בתחומים אחרים או בפריצות דרך חדשות, מחייבת מחקר תשתיתי שתכליתו הבאת חדשנות לשלב הוכחת ישימות. שלב זה דורש חממה בין תחומית, קשורה לאקדמיה בקשר הדוק. המכון לחקר החלל בטכניון משמש אכסניה טכעית למחקר התשתיתי, ועל המדינה לטפחו ע"י מימון והכוונה אסטרטגית.

## 1.9 עיקרי פעילות החלל בישראל

תעשית החלל בישראל אינה יציבה כיום. צמיחת התעשייה הושגה בעיקר מתוך התעשייה הבטחונית ובאמצעות תוכניות שמומנו מתקציב משרד הבטחון ובראשן פרויקט "אופק". התעשייה פותחה בעיקר משיקולים לאומיים ומכילה את מירב מרכיבי העצמאות. אולם לא בהכרח קיימת חפיפה בין יכולות התעשייה לפוטנציאל המסחרי-עיסקי בשוק האזרחי העולמי.

באופן פשטני ניתן לסכם את הישגי ויכולות תעשית החלל הישראלית באמצעות רשימת נכסים הקיימים בתעשית החלל הישראלית:

---



---

### 1.9.1 לוינות

א. "עמוס" - לוויין GEO בינוני (1000 ק"ג) לתקשורת. קבלן ראשי תע"א/מבת, קבלני משנה אירופיים וישראלים.

ב. "אופק" - 3 לוויני LEO קטנים (200 ק"ג) לחישה מרחוק. קבלן ראשי תע"א/מבת, קבלני משנה ישראלים.

ג. "טכסאט" - מיקרולוויין LEO (50 ק"ג) להדגמת יכולת. שיגורו הראשון נכשל, שיגור נוסף ביוני 97. קבלן ראשי טכניון מערכות ורכיבים יוצרו ע"י התעשייה הישראלית.

---



---

### 1.9.2 משגרים

"שביט" - משגר תלת שלבי קטן ללוויני LEO עד 1000 ק"ג. קבלן ראשי תע"א/מלמ קבלני משנה (מנועים) רפא"ל ותע"ש.

---



---

### 1.9.3 מערכות הנעה

א. מנוע שלב ג' למשגר "שביט" מתוצרת רפא"ל.

ב. מנועי דלק מוצק למשגר "שביט" מתוצרת תע"ש.

ג. מנועי הידרזין וגז קר ללווינים מתוצרת רפא"ל.

ד. בפיתוח - מנוע חשמלי בשת"פ בין ממ"ג לרפא"ל ומנוע כימי ע"י רפא"ל.

---



---

#### 1.9.4 מצלמות וטלסקופים

א. מצלמה צבאית - ביצועים מסווגים. מתוצרת אלאופ. פעילה בחלל כשנתיים.

ב. Tauvex - טלסקופ טלויזיוני מדעי בינ"ל המפותח ע"י אלאופ.

ג. ERMS - מצלמה קטנה, בעלת זווית רחבה ברזולוציה של 16.5 מ' מגובה 400 ק"מ. נבנתה במפרט חלל אולם לא שוגרה.

ד. מצלמה מולטיספקטורלית בפיתוח - ברזולוציה של 5 מ' (כ-Spinoff של Tauvex) ומצלמה פנכרומטית ברזולוציה של 1 מ' לשימושים אזרחיים. ע"י אלאופ.

---



---

#### 1.9.5 רכיבי חלל

א. רכיבים אינרציאליים - סביבונים, מגנטומטרים, גלגלי תגובה ותנע. חלקם נוסו בחלל. פותחו ע"י תע"א/תממ.

ב. מד אופק - סטטי, בעל יחס ביצועים/משקל ו- ביצועים/מחיר בין הטובים בעולם מתוצרת אלאופ.

---



---

#### 1.9.6 תשתיות

א. מעבדות תנאי חלל - לביצוע ניסוי ואקום תרמי, הרעדות אקוסטיקה וסימולצית תנאי חלל.

ב. תחנות קרקע - לקליטת ובקרת לוויינים.

רשימת הנכסים המוצגת לעיל מציגה תמונה של עצמאות מסוימת שיש לתעשית החלל ואי תלות בתעשיות חלל במדינות אחרות. התעשייה בישראל מצטיינת, באופן מסורתי, בחדשנות בעיקר מערכתית אך לא בגודל. מסקירת תעשית החלל ניתן לזהות פוטנציאל חדירה לתחום תחכום המשימות והמכלולים ולתחום הלוויינים הקטנים.

ניתן לזהות מספר יתרונות ברורים, אם כי לא גדולים, של תעשית החלל הישראלית. יתרונות אלו נוצרו כתוצאה מפיתוח תחת אלוצים שונים: אילוצי תקציב, אילוצי זמן ואילוצי משגר (נפח ומשקל). מנסיון עבר בתחומים אחרים (פיתוחים של מערכות נשק) היתרון הישראלי לא ימשך לאורך זמן באם מתחרים עתירי משאבים יגלו את הפוטנציאל ויסגרו את הפער במהירות.



### התחומים העיקריים בהם יש לישראל יתרון מסוים הם:

- לווניים קטנים וזולים למשימות חישה מרחוק וצילום ברזולוציה גבוהה עפ"י דוגמת "אופק".
- מטעד אלקטרואופטי קל משקל וזול ברזולוציה גבוהה.
- לווני תקשורת בינוניים (כ-1000 ק"ג) לשידורים לציבור ושרותים אחרים.
- מד אופק סטטי חדשני בעל דיוק גבוה וצריכת הספק נמוכה.

נושאים נוספים המצויים בפיתוח ויתכן ויתבררו כבעלי פוטנציאל בעתיד הם בעיקר מנועי לווניים מתוצרת רפא"ל וממ"ג.


יתר תחומי הפעילות של תעשית החלל לא זוהו על ידנו כיתרון יחסי של התעשייה הישראלית על פני התעשייה העולמית אולם אין משמעות הדבר כי אינם תחרותיים או בעלי פוטנציאל מסחרי. דוגמה למוצרים בהם לא קיים לישראל יתרון על פני שאר העולם אולם יש לישראל יכולת לתחרות בעולם הם משגר הלוויניים "שביט" והרכיבים האינרציאליים של תממ.


## **1.10 סיכום מסקנות והמלצות**


כאמור לעיל, מדינת ישראל עשתה את צעדיה הראשונים בתחום מדעי החלל וטכנולוגית החלל לפני יותר מעשור שנים. כמו ברב המדינות המתועשות, היוו הצרכים והתקציבים הבטחוניים את הבסיס לתשתית שהוקמה וכמו בכל המדינות המתועשות הגיע גם כאן התעשייה לאותו השלב בו התקציב הבטחוני אינו מספיק לשמר את הקיים ועדיין לא נעשו הפעילויות השיווקיות שיאפשרו את המעבר לשוק האזרחי.


ברב המפעלים בהם ביקרנו התקבל הרושם שפעילות החלל הגיעה לרמה מסויימת והיא נמצאת בירידה הן מכיוון שקטנו תקציבי הבטחון, הן משום שהזמן הנדרש להתמקם בשוק העולמי רב מדי והן משום שהנהלות המפעלים לא היקצו לנושא את המשאבים הראויים. המשמעות היא פיזור צוותים והקפאת פעילויות.

בבואנו להציע אסטרטגיה למדינת ישראל בתחום החלל אנו מציעים להתייחס לנקודות הבאות:

 בישראל תעשיית חלל שהגיע להישגים מרשימים הן במערכות הלוויינים, הן באמצעי השיגור והן במערכות הנישאות על הלוויין. שימור ההישגים דורש מקורות מימון.

 רב המחקרים שנעשו בעולם למציאת המכפיל הכלכלי של ההשקעה בתעשיית החלל מצביעים על שיעורי תשואה גבוהים. בין אם ברמת המאקרו ובין אם ברמת המיקרו, הניבו ההשקעות במחקר ופיתוח תועלות ישירות ועקיפות למשק הלאומי ולמפעל הבודד.

 השימושים האזרחיים בלוויינים נמצאים בראשית הדרך. הן שוק התקשורת היותר מתקדם והן ישומים בתחום אחר, כל אלו עדיין לא החלו בפעילות משמעותית. יוצא מכך שהפוטנציאל הטמון בשימושי לוויינים הוא פוטנציאל עיסקי אינסופי.

 התועלות העקיפות להשקעות החלל (SPINOFF) מצביעות גם כן על מכפיל גבוה אף כי בעיקר בתוכנית החלל עצמה. תועלות אלו נמדדו הן בחדשנות טכנולוגית, הן בשיפור תהליכי יצור והן בהעלאת רמת העובדים.

בכל המדינות בהן מתקיימת פעילות חלל מהווה הממשלה גורם מרכזי ובעל השפעה. השיקולים של הממשלה לסיוע כזה שונים מאלו של המיגזר העיסקי ונובעים מהאמור לעיל.

ניתוח השחקנים הראשיים הפועלים בשוק העולמי מצביע על כך שמדובר בחברות הגדולות בכל מדינה והתאגדויות של חברות ומדינות למימוש פרויקטים ענקיים.

**במה שונה שיווק מוצרים בתחום החלל משיווק של מוצרי הייטק אחרים? לכאורה ניתן היה לצפות מהתעשייה הישראלית הרלוונטית לפעול בשווקים העולמיים כמו שהן פועלות בתחומים בטחוניים ללא סיוע ממשלתי. כאן אולי המקום לציין שגם בראשית דרכה של התעשייה הבטחונית במכירות בעולם וגם כיום קיימת מעורבות ממשלתית המתבטאת בין השאר ב:**

- הסכמי שת"פ בין משרד הבטחון למדינות השונות.
- הסכמי קניות גומלין.
- פעילות נספחים צבאיים במדינות השונות.
- העלאת דרג הטיפול בעיסקות גדולות לרמת ראש ממשלה ושרים.
- הסכמי קבלנות משנה מוכתבים ע"י משרד הבטחון.
- הקלות במתן היתרים בטחוניים.
- שילוב האספקטים המדיניים / פוליטיים בשיקולי יצוא בטחוני.
- ועוד..

אם נתמצת את היחודיות של שוק החלל בעולם ניתן לסכמו כלהלן:

**שוק החלל הוא שוק פוטנציאלי גדול ביותר המסתמן היום ומהווה הזדמנות עיסקית גדולה. תנאי הסף לכניסה למועדון היצרניות בתחום הם קומבינציה של יכולת טכנית מוכחת, מעורבות פוליטית, סכומי כסף גדולים ויכולת להתחבר עם גופים בינלאומיים.**

מניתוח החומר ניתן להבין שישראל הגיע לרמת טכנולוגית גבוהה, שהחברות הישראליות אינן יכולות לפעול בשוק זה לבד ללא שיתוף פעולה עם חברות וגופים בעולם ואף אחת אינה יכולה להשקיע את סכומי הכסף הנדרשים כדי להיות בחזית העיסקית עם יכולת לממש הזדמנויות.

סף ההשקעה הדרוש כדי להגיע לצמיחה כלכלית ולשיעורי תשואה גבוהים - הוא גבוה מאוד. מלימוד שיטות הסיוע לתעשיית החלל במדינות העולם ומהכרותנו את השוק הישראלי אנו מציעים להלן רשימת פעילויות שאם יבוצעו יסייעו במידה רבה לתעשיית החלל בישראל ואינן דורשות משאבים גדולים מידי, לבטח לא בהשוואה לתמורה.

### **הגדרת מטרת סיוע המדינה לתעשית החלל:**

- א. יצירת הזדמנויות בשוקים הבינלאומיים.
- ב. סיוע ביצירת ומימון שיתופי פעולה בפרויקטים חלליים, לצורך "הוכחת חלל" של מוצרים ולצורך הכשרת מהנדסים וחוקרים.
- ג. הפחתת רמת הסיכון העיסקי והפוליטי.
- ד. העלאת רמת הכדאיות הכלכלית של כל פרויקט.
- ה. סיוע בשימור מוקדי הידע.
- ו. סיוע בפיתוח טכנולוגיות תשתית שיש להן יישום עיסקי בטווח ארוך או כאלו שאין להן יישום עיסקי ישיר.

אנו מציעים להלן מספר דרכים לסיוע הממשלתי הנדרש. חלק מההצעות יהיה צורך לגבש בצורה מפורטת, חלקן ישימות ללא השקעה כספית, חלקן ידרוש יוזמה ושיתופי פעולה עם המיגזר הפיננסי. הצעות אלו נלקחו מתוך הנסיון של מדינות אחרות ומתוך נסיונו ביזום פרויקטים בארץ.

### **הצעה לסיוע הממשלה לתעשית החלל**

1. הסיוע הממשלתי לתעשית החלל צריך להנתן על ידי מספר משרדי ממשלה. אנו גורסים שגוף כמו סל"ה יכול להיות הגוף המתאם והמכוון פעילות זו בין משרדי הממשלה, בין התעשיות לבין עצמן, בין התעשיות לממשלה ובין האקדמיה לממשלה ולתעשייה, כל זאת בנוסף לתפקידיו בעידוד פיתוח תשתיות טכנולוגיות בתחום החלל.
2. נושא החלל צריך לעלות בסדר העדיפות של הקשר המדיני של ישראל עם מדינות העולם, הן השותפות הפוטנציאליות והן הלקוחות הפוטנציאליים. במילים אחרות, ביקורים של שרים בכירים, ראש ממשלה וכד' צריכים להכיל בקשות ותוכניות בתחום החלל. לא תהיה זו פעילות יוצאת דופן, זו דרך פעולה שנוקטות בה מדינות חלל רבות.
3. שיתופי פעולה בתוכניות מדעיות חיוניים הן כדי לתת הזדמנויות למוצרי החלל לעבור "בחינות קבלה" והן כדי לפתח את קהילת המהנדסים והחוקרים. חברות בסוכנות החלל הארופאית ESA עשויה לענות על חלק מצרכים אלו. חברות כזו מבטיחה השתתפות הסוכנות במימון מחקרים במדינה החברה אף כי קיימת סכנה כי השתתפות בהיקף נמוך תגרור גם הקצאת נושאים שוליים. יש מקום לשקול בכל נקודת זמן את התועלת בהשתתפות זו למול השתתפות בפרויקטים ספציפיים.

4. קביעת **מדיניות מפלה** לרכישת שרותים מתעשיית החלל הישראלית. לדוגמא רכישת שרותי לוויין עמוס בתחומי תקשורת וטלביזיה, רכישת שרותי צילום ומיפוי מלווין צילום וכד'.

5. **פעילות שיווקית ענפית** - בנקודת זמן זו בה קיימת טכנולוגיה ומוצרים ויש צורך בשיווק ושיתופי פעולה, ניתן בסיוע הקרן לעידוד השיווק לחו"ל לממן חלקית (כ- 33%) סקרי שוק, השתתפות בארגונים בינלאומיים, ופעילויות אחרות שיוגדרו כמשרתות את כל תעשית החלל.

6. **סיוע בפעילות השיווק המפעלית** - הקרן לעידוד השיווק לחו"ל במתכונתה החדשה אינה מסייעת ליצואנים שהיקף היצוא שלהם גבוה מ- 15 מליון דולר. קביעה זו מוציאה מחוץ לתחום הסיוע את כל חברות החלל. ניתן בקריטריונים שיקבעו לסייע לכל מפעל העוסק בתחום החלל על פי נוהלי הקרן במימון פעילות שיווקית בתחום החלל.

7. **הקטנת נטל המימון המוטל על החברות הן בשלבי הפיתוח והן בשלבי היצור והשיווק** - מעבר לתנאים שמאפשרת המדינה בקרנות הקיימות - מדען, רשות השקעות, קרן עידוד השיווק, יש צורך בהשקעות מסיביות שהקרנות לא נותנות להן פתרון. בדומה למודל של קרן הון סיכון "יוזמה", ניתן להקים קרן כזו לנושאי חלל שתעודד השתתפות קרנות הון סיכון קיימות בכך שהמדינה ערבה לחלק מההשקעות וכן משקיעה חלק מהסכומים תמורת בעלות קטנה יחסית לגודל ההשקעה. קרן כזו תעודד כניסתן של קרנות הון סיכון נוספות כאשר רמת הסיכון מופחתת ע"י פעילות הקרן הממשלתית.

8. **סיוע לפעילות מחקרית וריכוז מידע במוקד אחד** - כמפורט לעיל קיימת בעיה של מדיניות בתוך הטכניון בכל הקשור לפרויקט טכסאט. אנו מאמצים את הגישה הגורסת שהמכון לחקר החלל לא צריך ליעד את פעילותו לשוק המסחרי ולפתח ולמכור שרותים של מיקרולווינים. תפקיד הטכניון הוא בעיקר בפיתוח טכנולוגיות תשתית ויצירת קאדר של מדענים בתחום תפקיד המכון לחקר החלל הוא לייצר מחקר תשתיתי ולרכז את פעילות המחקר בכל הארץ, כמכון לאומי. פעילות זו חייבת להיות מוכוונת ע"י גוף מרכזי כמו סל"ה ובשיתוף התעשייה הישראלית, כל זאת ללא שתתהווה תחרות לתעשייה כמו שמתחיל להסתמן היום.

9. מוצע לכן לראות **במכון לחקר החלל בטכניון את הגוף המרכז את כל פעילות המחקר התשתיתי בנושאי החלל**. בפעילות זו יסייע המכון לסל"ה בבחינת תוכניות מחקר ושיתופי פעולה בנושאים אלו וכן כגוף המייצג את ישראל בפורומים הדורשים יצוג אקדמי. מכון זה צריך להיות ממומן ע"י המדינה.

10. **שמירת מוקדי ידע** - היא בעייה כללית כמעט בכל תחום שיש בו חשיבות אסטרטגית למדינה. בעיה זו מתעוררת רבות בתחום הבטחוני והיא נפתרת לעיתים ע"י "הזמנות סרק" - כאלו שנחיצותן מוטלת בספק אך תחזיק את כח האדם הרלוונטי פעיל. אנו סבורים שיש לתת את הדעת לבעיה זו ולחפש לה פתרונות אחרת תמשך המגמה המסתמנת כבר היום של צימצום כח האדם הפועל בתחום.

11. **יצירת שיתופי פעולה בין התעשיות הישראליות בתחום** - אחת הבעיות הגדולות ביותר של התעשייה הבטחונית היא התחרות שלה בינה לבין עצמה בעולם הגדול. תחרות זו הביאה הרבה רווחים למדינות לקוחות על חשבון הפסדים של התעשייה המקומית. טרם היווצרות מצב דומה ניתן לגרום לתאום וריכוז מאמצי שיווק של מספר תעשיות יחד. חלק מהדרכים להשגת מטרה זו היא יוזמות ותקציבי שיווק שיופנו לפעילות זו ע"י גוף מרכזי כמו סל"ה.

12. **יצירת מתכונות ואמצעים של הצעה לשיתוף פעולה בתחום החלל למדינות העולם השלישי**. מתכונת זו צריכה להיות מוגשת ע"י גוף ממשלתי כמו סל"ה, בשיתוף מקורות מימון ישראלים (קרנות, בנקים) והתעשייה המקומית. הרעיון הוא שמדינת ישראל תציע מכלול שכולל מכירת ציוד, העברת ידע, פרויקטים משותפים וכד', וכן גם פתרון מימוני עיסקי (כולל ממקורות בינלאומיים). רעיון זה צריך להבחן אך הוא עשוי להוות פריצת דרך במיוחד בכך שנהיה מוכנים להעביר טכנולוגיות ולהקים מיזמים משותפים במדינות אלו. אם מתקבל רעיון זה יש לבדוק הסרה או הגמשה של מגבלות בטחון על שיתופי פעולה אלו.

13. **הרחבת תחום פעולתה של הסוכנות לניצול החלל - סל"ה** - לדעתנו סל"ה צריכה לתגבר את פעילותה ולהיות ממומנת בהתאם. תפקידי סל"ה יוגדרו מחדש ויכללו בעיקר:

- קביעת מדיניות ודרכים למימושה.
- עבודת מטה לפעילות הפוליטית.
- תאום והכוונה בינמשרדית (משרדי המדע, מסחר ותעשייה, אוצר, חוץ, תקשורת, בטחון ומשרד ראש הממשלה).
- שינוי וקביעת נוהלים בהתאם להמלצות בפרק זה.
- יצירת אמצעים למימון הקמת תשתיות טכנולוגיות ומחקריות שיש להן פוטנציאל כלכלי עתידי.
- הקמה וניהול "פורום חלל" שיכלול את נציגי התעשייה, האקדמיה ומשרדי ממשלה ויהווה מעין ועדת היגוי ותאום לפעילות זו בישראל.

## **פרק 2 - ההיבטים הכלכליים של החלל**

### **2.1 המניעים לפעילות האדם בחלל**

פעילות האדם בחלל החלה לאחר מלחמת העולם השנייה והתבססה בין היתר על טכנולוגית המשגרים שפותחה בגרמניה והובילה ליצור טילי ה-V2 שהטילו חיתתם על בריטניה. את המניעים לפעילות בחלל ניתן לחלק לארבע. חלק מהמניעים שהביאו לתחילת הפעילות האנושית מחוץ לגבולות האטמוספירה נעלמו או פחתו משמעותית במהלך השנים ואחרים התחזקו לאחר שהתבררו התועלות והסיכונים הכרוכים בפעילות חלל. חלק מהמניעים מבוססים על הנחות יסוד, אשר טרם נמצא להן אימות אמפירי אולם אין בכך כדי להמעיט בחשיבות שמדינות רואות בהם.

א. **יצר ההרפתקה** - היצר ההרפתקני הוביל את המין האנושי למספר גדול של התפתחויות טכנולוגיות והישגים והוא גם זה אשר ניתן לזקוף לזכותו במידה רבה את תחילת הפעילות בחלל. חשיבותו של מניע זה פחתה מאוד במשך השנים.

ב. **צבא ובטחון** - היתרונות הצבאיים שמעניק החלל זוהו מהר מאוד ע"י המעצמות. עד היום התקציבים המופנים למו"פ צבאי בחלל גבוהים מאד ובחלק מהמדינות אף גבוהים מהתקציבים המופנים למו"פ אזרחי. לפעילות בחלל שלושה אספקטים המשפיעים על שיקולים ביטחוניים. הראשון הוא נושא **הטילים הבליסטיים** שמרבית משגרי הלוויינים צמחו מתוכו וההגנה בפני טילים בליסטיים, השני הוא נושא **הלוויינים הצבאיים** לתקשורת ולחישה מרחוק. האספקט השלישי שאינו פחות בחשיבותו הוא **היוקרה הלאומית** שמקנה פעילות בחלל ובעיקר יכולת שיגור לחלל שמצרפת את המדינה בעלת היכולת לקבוצה מצומצמת מאוד של מעצמות גלובליות או אזוריות.

ג. **פיתוח כלכלי** - במדינות גדולות היוו לוויינים חלופה מצוינת להקמה של תשתיות תקשורת ואפשרו פיתוח כלכלי של אזורים מרוחקים. לווייני חישה מרחוק אפשרו שיפור משמעותי ביכולת החיזוי המטאורולוגי וסייעו לפתור בעיות חקלאות, תחבורה, מיפוי וגילוי מרבצי מחצבים. הנחה רווחת היא כי השקעה בתחום החלל כמוה כהשקעה ישירה בטיפול עצמאות כלכלית לאומית.

ד. **מדע וטכנולוגיה** - פעילות חלל מהווה אינטגרציה של מספר רב של תעשיות עתירות טכנולוגיות. ההנחה הרווחת היא כי פעילות חלל מסייעת

לפיתוח הטכנולוגי והמדעי של כל התחומים המעורבים ובסופו של דבר לפיתוח התעשייה כולה ולהגברת כושר התחרות שלה בשווקים הבינלאומיים. לפעילות בחלל ישנו כמובן ערך מדעי טהור בדומה לפעילויות מדעיות אחרות. הפעילות בחלל מאפשרת למדענים להרחיב את גבולות הידע במדעים השונים באמצעות מתן כלי מחקר אותם לא ניתן ליישם על פני כדור הארץ.

ה. **מסחר** - למוצרי חלל ישנו שוק גדול מאוד בעולם הנאמד בעשרות מיליארדי \$ בשנה. הפעילות המסחרית מתמקדת בתחום המשגרים, לוויני התקשורת ותחנות קרקע, חישה מרחוק ויצור בתנאי מיקרו-גרביטציה. לחלק מהתחומים קיים כיום שוק רחב ותחרותי (משגרים, לוויני תקשורת ותחנות קרקע) ולחלקם עדיין אין שוק יציב (חישה מרחוק ויצור בחלל) אולם מדינות רבות וחברות משקיעות משאבים גדולים בפיתוח השוק וישומים שונים.

אין ביכולתנו לדרג את המניעים שפורטו לעיל לפני סדר חשיבות. אולם יש לתת את הדעת לכך שמרבית תעשיית החלל בעולם צמחה לתוך פעילות מסחרית מתוך פעילות עבור הצבא. מרבית היישומים האזרחיים לטכנולוגיות חלל צמחו מתוך פיתוחים שבוצעו למגזר הצבאי ורק לאחר מכן יושמו במגזר האזרחי.



## **2.2 - התועלת הכלכלית הישירה בפעילות החלל**

מאז שנות ה-60 מנסות סוכנויות חלל בעולם, באמצעות כלכלנים, להצדיק את ההוצאה הציבורית העצומה על מחקרי חלל אזרחיים. כפי שתואר בפרק הקודם חלק מההצדקה לפעילות חלל נובעת מרצון לקדם את הכלכלה ואת התעשייה ולהביא תועלת למשק בדרך של העלאת הפריון התעשייתי ורמת החיים.

מרבית המחקרים החלו בשנים שלאחר הנחיתה על הירח כשהציבור האמריקאי שאל את עצמו מה התועלת שיש למדינה מההוצאה האדירה בחלל לנוכח קיצוצי תקציב וקשיי תקציב בתחומים אחרים.

התחרות על המשאבים מאלצת את סוכנויות החלל בעולם לפתח דרכים למדידת התועלת הכלכלית בתוכניות חלל ולהפנות את מאמצי המחקר והפיתוח לתחומים בהם יש סיכוי למימוש מסחרי. מרבית המחקרים שבוצעו מתייחסים לתוכנית החלל האמריקאית ולתקציב NASA והיתר מתייחסים לסוכנות החלל האירופית ולתקציבה.

בפרקים שלהלן נסקור חלק מהמחקרים, שבוצעו בעולם, להערכת התועלת שמניבה פעילות בחלל לכלכלה. מטרתנו בסקירה זו היא להציג את שיטות המחקר השונות, מגבלותיהן, התוצאות שהניבו ומשמעותיהם. לסיכום ההצגה נציג את מסקנותינו בהקשר לפעילות החלל בישראל.

### **2.2.1 שיטות המחקר**

קיימות שלוש גישות בסיסיות לניתוח תועלות כלכליות של מחקר ופיתוח בחלל. ההבדלים בין הגישות הן בדרגה בהיררכיה אליה הן מתייחסות:

א. הגישה המאקרו-כלכלית - עקרון השיטה הוא אימוץ פונקצית ייצור מישקית וניסיון לבודד את השפעת המו"פ בחלל על התוצר הלאומי (GNP). התוצאות המתקבלות הן בצורה של תשואה להשקעה נתונה (מה התוספת לתוצר כתוצאה מהשקעת דולר בתוכנית חלל).

ב. הגישה המיקרו-כלכלית - עפ"י גישה זו נבנה מודל ספציפי לטכנולוגיה ספציפית או למגזר מסוים בתעשייה ונמדדת תרומתו לתעשייה מניתוח עקומות ביקוש והיצע ועודף צרכן ויצרן. התוצאות המתקבלות מניתוח כזה הם מדדים המבוטאים כיחסי עלות/תועלת. עקב הבדלים מתחייבות בין מודלים שיבנו לטכנולוגיות שונות לא ניתן לקבל מדד אגרגיטיבי שיבטא תרומה לכלכלה בכלל.

ג. ניתוח מצבים של העברת ישירה של ידע וטכנולוגיה מתוכניות חלל ממשלתיות למגזר הפרטי. ממצאי ניתוח כזה יהיו רשימת פטנטים/רשימות, דיווחים של קבלנים על פיתוחים/גילויים שבוצעו במהלך עבודה על פרויקט ותוכניות של העברת ידע מוכוונת (NASA).

## 2.2.2 מחקרים מאקרו-כלכליים

א. המחקר של (MRI) Midwest Research Institute

המחקר בוצע בראשונה ב-1971 ולאחר מכן שוב ב-1988 ובדק את ההשפעה שיש לתוכניות המו"פ של NASA על הכלכלה. בשלב הראשון מצאו החוקרים את הקשר בין שינויים בתוצר לבין שינויים בכמות ההון ובכוח העבודה. לאחר מכן חילצו את החלק בשינויים בתוצר שלא הוסבר ע"י משתנים אלו וניסו להסבירו ע"י שינויים בפרמטרים כגון: שינויים דמוגרפיים, השקעה בחינוך, רמת הבריאות, אורך שבוע העבודה ויתרונות לגודל. את השינויים בתוצר שלא הוסברו ע"י פרמטרים אלו ייחסו החוקרים לידע וטכנולוגיה כלומר למו"פ. השלב האחרון היה ביצוע רגרסיה להערכת הקשר הליניארי בין תקציב המו"פ של NASA לשינויים בתוצר הנובעים ממו"פ.

תוצאות המחקר של 1971 הראו שגידול בתוצר בהיקף של 207 מיליארד \$ עד לשנת 1987 ינבע ישירות מההשקעה של NASA במו"פ בשנים 1959-1969 שהסתכמה ב-29 מיליארד \$, כלומר יחס של 7:1. תוצאות המחקר שבוצעו ב-1988 הראו יחס של 9:1.

מגבלות המחקר נובעות מההנחות שבבסיסו. ההנחה הראשונה היא שיעילות המו"פ של NASA שווה ליעילות כלל המו"פ הממשלתי והפרטי במשק. לא נערכה בדיקה כדי לוודא שהנחה זו סבירה. ההנחה השנייה היא שלמו"פ כלשהו יש אורך חיים מקסימלי של 18 שנים מתחילת הפיתוח ועד ל"מותו" לא נמדדו תשואות למו"פ לאחר 18 שנות חיים. הנחה זו מגבילה היות וברור שידע לעולם אינו הולך לאיבוד והוא מהווה אבן בניין בהשגת ידע עתידי. המחקר לא עשה את ההבחנה בין משך חייו של מוצר טכנולוגי ומשך חייו של הידע שבאמצעותו פותח המוצר.

ב. המחקר של Chase Econometric Associates

החוקרים במחקר זה, אשר בוצע ב-1975, בנו פונקצית יצור למשק האמריקאי בהתבסס על סדרות עתיות של תוצר לאומי פוטנציאלי (תוצר לאומי מותאם לתעסוקה מלאה). החוקרים הפרידו את החלק ב-GNP שנובע מתשומות עבודה והון מהחלק השארי וניתחו את החלק השארי למרכיביו באמצעות טכניקות אקונומטריות. הפרמטרים שבהם נעזרו להסברת השינויים בחלק השארי הם: מו"פ ב-NASA, מו"פ אחר, תמהיל התעשייה, יחסי ניצולת תפוקה וגורמים

דמוגרפיים (הפרמטרים נבחרו בהסתמך על מחקרים קודמים). בנוסף לפרמטרים הוכנס לניתוח מרכיב שמבטא את ההפרש בין זמן ביצוע המו"פ למועד הכנסת הטכנולוגיה הנובעת לתעשייה. החוקרים בדקו 15 ואריאציות של משוואות ובחרו את המשוואה שנתנה להם את התוצאות הטובות ביותר.

תוצאות הניתוח הראו כי השקעה של מיליארד \$ לשנה במו"פ NASA בשנים '75 עד '84 יניבו גידול בתוצר בהיקף 83 מיליארד \$. דהיינו השקעה של 10 מיליארד \$ תניב גידול בתוצר בשיעור של פי 8.3. היחס הוא 1: 8.3.

ב-1980 בוצע המחקר שוב, עפ"י בקשת NASA, כאשר הפעם עמדו לרשות החוקרים סדרות נתונים של 20 שנה. סדרות הנתונים ושיטות המדידה בהן השתמשו החוקרים ב-1975 עמדו כעת לבחינה מחודשת ומדוקדקת. הבחינה העלתה כי חלק מהנתונים והפרמטרים שנמדדו לא ביטאו בדיוק את מה שרצו החוקרים ואי לכך בוצעו שינויים מינוריים. תוצאות המחקר שבוצע ב-1980 הראו כי מקדם הקשר בין המו"פ של NASA להשפעה על התוצר האמריקאי אינו שונה באופן מובהק מ-0 (עפ"י המבחן הסטטיסטי).

החוקרים לא ראו בתוצאה של המבחן ב-1980 עדות לכך שאכן המו"פ המבוצע ב-NASA אינו תורם לכלכלה אלא עדות לכך ששיטת המחקר שנקטו בעייתית. בין הבעיות המובנות בשיטת המחקר ניתן למנות את אי השיטתיות בבחירת המשוואה ה"נכונה", את העובדה כי המחקר בוצע בהסתמך על סדרת נתונים קצרה (15 ו-20 שנה בלבד) לאומדן של מספר רב של פרמטרים, לא ניתן להראות בסדרת הנתונים הקצרה כי השפעות של מחזורי עסקים לא חלו על תקציב המו"פ של NASA והגורם שנמצא כי הוא המשפיע ביותר הוא יחסי ניצולת תפוקה.

#### ג. המחקר של US Bureau of Labor Statistics (BLS)

ב-1980 בוצע, שוב עפ"י הזמנה של NASA, ע"י BLS מחקר שנועד למדוד את השינוי ברמת התוצר שניתן לזקוף לזכות המו"פ של NASA אולם הפעם ברמת ענפי תעשייה. לצורך המחקר נאמדה פונקצית יצור לכל ענף תעשייה המקורב לתעשיית התעופה והחלל.

התוצאות לא היו חד משמעיות עקב "רעש" במדידת הנתונים ברמה ענפית. יחד עם זאת היו למחקר זה כמה תוצאות כלליות מעניינות. הראשונה, נמצא כי השינוי הטכנולוגי גורם לחסכון בעבודה. השניה, מרכיב המו"פ שבשינוי הטכנולוגי חוסך הון פיסי. והשלישית, התשוואות שנמדדו להשקעות פרטיות במו"פ היו בין 15% ל-30% כאשר תשוואות להשקעות ממשלתיות במו"פ נעו בין 0% ל-5%.

לסיכום, המחקרים המאקרו כלכליים אינם נותנים תמונה חד משמעית לגבי התשואה שמפיקה פעילות החלל לכלכלה. הבעיות שבאומדן התרומה של המו"פ החללי לתוצר הלאומי גדולה עקב הקושי להפריד את השפעת גורם זה מיתר הגורמים המשפיעים על התוצר ועקב שיטות המחקר הקיימות, אשר אינן מקנות אמינות גבוהה לאומדן מספר רב של פרמטרים באמצעות סדרות נתונים קצרות יחסית.

שיטת המחקר של מכון MRI מציגה תוצאות חד משמעויות וחוביות, לפיהן תשואת המו"פ החללי לכלכלה היא פי 7-9 מההשקעה, אולם מניחה עקב כך הנחות מחמירות לגבי יעילות המו"פ אשר נסותרות ע"י המחקר של BLS, אשר מראה במפורש שיעילות המו"פ הפרטי גבוהה מיעילות המו"פ הציבורי. המחקר של CHASE שבו נתקבלו תוצאות חיוביות בפעם הראשונה ותוצאות שליליות בפעם השניה לוקה במספר בעיות, אשר לדעת חוקרים מעמידות את כל תוצאותיו בספק, והעיקרית שבהן היא אופן בחירת המשואה אשר נותנת את התוצאות הטובות ביותר.

מרבית המחקרים שתוארו לעיל מוצאים קשר חיובי בין מו"פ חללי לצמיחת המשק וגידול בתוצר הלאומי (לא אותר מחקר אשר גילה קשר שלילי) אולם קשה לבצע השלכה של תוצאות המחקרים, שבוצעו כולם בארה"ב ובוחנים את תרומת NASA, על המשק הישראלי מכמה סיבות:

- מסה קריטית - קיים הבדל ענק בין היקף הפעילות של NASA להיקף פעילות החלל בישראל ולדעתנו קיים כאן אפקט של מסה קריטית שבלעדיה לא תתקיים ההשפעה על המשק בה מבחינים בארה"ב. לא היתה התייחסות במחקרים לנושא זה.
- ההיבט הצבאי - קיים קשר הדוק בין מו"פ חלל צבאי למו"פ חלל אזרחי דרך NASA למרות שהמחקרים לא התייחסו לנקודה זו קיימת ניתן, לדעתנו, לזקוף חלק מהתרומה לתוצר הלאומי לזכות המו"פ החלל הצבאי.
- הטיית מזמין העבודה - ביצוע המחקרים הוזמן ע"י NASA ובהיותה גורם אינטרסנט בתוצאותיהם לצורך הצדקת קיומה, יש להטיל ספק מסוים באמינות התוצאות.

### 2.2.3 מחקרים מיקרו-כלכליים

בדיקת התועלות הכלכליות של פעילות החלל בגישה המיקרו כלכלית מתרכזות בפירמות ובביקוש וההיצע למוצרים ספציפיים. הטכניקה כוללת ניתוח עקומות ביקוש והיצע של פרויקטים מסוימים במטרה לחשב את עודף הצרכן שלהם (ההפרש בין מה שהצרכן מוכן לשלם למה שהצרכן משלם בפועל). היות ועקומות הביקוש וההיצע נמדדות בנקודות זמן מסוימת ניתן לקבל זרם של עודפי צרכן על

פני זמן. באמצעות תחזיות של עקומות הביקוש וההיצע ניתן לקבל גם תחזיות של זרמי עודפי הצרכן אותם יש להוון ולקבל את ערך התועלת מהפרויקט המסוים. העלות נמדדת עפ"י עקומת ההיצע. בשיטה זו מתקבל יחס עלות/תועלת לפרויקט פיתוח וניתן להעריך את הערך של טכנולוגיה חדשה ומו"פ.

שיטה זו לוקה במספר בעיות. הראשונה נובעת מהצורך להתבסס על ניתוח שוק כדי לקבל תוצאות וזאת בעוד שחלק מהמוצרים אותם יש לבחון בתחום החלל הם כה חדשניים שלא ניתן כלל להעריך את העקומות הביקוש וההיצע שלהם. הבעיה השנייה היא הערכת העלות ביחס עלות/תועלת. לעיתים מדובר על מוצר או טכנולוגיה שפותחו כ-spin-off כחלק מפרויקט גדול השאלה המתעוררת במצב כזה היא מה הייתה עלות פיתוח ה-spin-off האם העלות היא עלות כל הפרויקט הגדול? ואם לא, איזה חלק מעלות הפרויקט יש ליחס ל-spin-off. הבעיה השלישית של מחקרים מסוג זה היא הנטייה לבחור רק מוצרים או טכנולוגיות "מוצלחות" כנשוא המחקר ובכך נוצרת הטיה מובנה בתוצאות.

מרבית המחקרים שבוצעו בתחום זה הוזמנו ע"י NASA וככאלה יש להתייחס לתוצאותיהם בזהירות. גם שני המחקרים שנציג להלן הוזמנו ע"י NASA אולם הם מקיפים יותר ורחבים יותר ביחס לכלכלה.

#### א. המחקר של Mathematica Inc.

המחקר, שבוצע ב-1975, התמקד בארבע טכנולוגיות מצליחות שפותחו ב-NASA או של NASA היה תפקיד חשוב בפיתוחן. ארבע הטכנולוגיות הן:

- בידוד קריאוגני.
- מעגלים משולבים.
- מנועי טורבינת גז.
- תוכנה לניתוח תכונות מבניות של כלי רכב גדולים (NASTRAN).

התועלות שנמדדו לא היו ההשפעות הכוללות של פיתוחים אלו על הכלכלה. המחקר התמקד בהערכת המהירות שבה הפכו פיתוחים אלו למוצרים מסחריים או שבה השפיעו על מוצרים מסחריים. המחקר התמקד בשני אלמנטים מדידים: ההצגה של מוצר חדש לשוק והירידה בעלויות היצור של מוצרים קיימים. היות והתועלות נמדדו באותה שיטה סוכמו התוצאות של ארבעת הפיתוחים והוצגו במשותף.

תוצאות המחקר היו מרשימות. החוקרים מצאו כי על פני תקופה של 10 שנים (1975-1984) צפויות הטכנולוגיות שנבדקו להכניס 7 מיליארד \$ במונחי ערך נוכחי אותן ניתן ליחס למעורבות של NASA בפיתוחן.

ב. המחקר של Mathtech Inc.

המחקר, שבוצע ב-1977, השתמש בתוכנית להעברת טכנולוגיות שיזמה NASA ומטרתה היא להעביר טכנולוגיות שפותחו במסגרת תוכנית החלל לשימושים מסחריים שלא בתחום החלל.

החוקרים ערכו ניתוח עלות/תועלת לתשעה מחקרים, מהמוצלחים ביותר שהתוכנית הפיקה. העלות שנלקחה בחשבון בחישוב היחס איננה עלות פיתוח הטכנולוגיות כי אם עלות העברתן לסקטור הפרטי הלא חללי.

תוצאות המחקר היו מגוונות. בתחום הביו-רפואי הראה קוצב הלב יחס עלות/תועלת של 1:4 בעוד שמכשיר לייזר לניתוחי קטרקט הניב יחס של 1:41, אמצעי לאבחון כוויות הניב יחס של 1:8, מערכת האכלה 1:6, אמצעי להגברת קצב גידול רקמות 1:10. בתחום החידושים ההנדסיים היחסים היו: מצבר ניקל-אבץ - 1:68, ציפויים עתירי אבץ - 1:340, דינמיקות רכבות-פסים - 1:3, מערכת נשימה לכבאי - 1:4.

ההבדלים הגדולים בתוצאות שהתקבלו יוחסו ע"י החוקרים לשלושה גורמים: מוכנות הטכנולוגיה לשוק, השוק העומד בפני הטכנולוגיות הוא בעיקרו ממשלתי ולפיכך קטן בהיקפו מהשוק הפרטי, יתכנו תועלות שאותן לא ניתן לכמת והן גדולות מהתועלות הניתנות לכימות (ביחוד בתחום הביו-רפואי).

ג. מחקרים מיקרו-כלכליים שונים

המחקרים שהוצגו לעיל ומאות מחקרים קטנים אחרים שבוצעו במהלך השנים ונסקרו בספרות אינם נוגעים, למעשה, בטכנולוגיות ה"גדולות" שצמחו מתוך המו"פ ותוכניות החלל ואילו הן לווני התקשורת, שרותי מזג אויר וחישה מרחוק באמצעות לווינים ושרותי השיגור של המגזר הפרטי. הקושי הכרוך בביצוע הערכת עלות/תועלת לטכנולוגיות אלו מובן מאליו עקב ההיקפים הגדולים וההשפעות היסודיות של טכנולוגיות אלו על כל תחומי החיים.

שוק התקשורת הלווינית הוא ללא ספק המגזר הגדול ביותר שהתפתח מתוך תוכנית החלל האמריקאית. כיום מדובר בשוק תחרותי של עשרות מיליארדי \$ בשנה הכולל בניה ומכירת לווינים, מכירת שרותים, תחנות קרקע וציוד קרקעי לקליטה. ישנם חוקרים אשר מרחיקים לכת ומייחסים לתקשורת הלווינים השפעות פוליטיות וחברתיות אשר שינו המידה רבה את אורח החיים במדינות רבות (ה"כפר הגלובלי").

הבדיקה הכלכלית של התרומה של החישה מרחוק היא בעייתית מאוד ונובעת ממוגבלות הכלים הכלכליים המאפשרים מדידת ערכה של אינפורמציה. היות ושרותי החישה מרחוק הם בעיקרם שרותים ציבוריים קשה למדוד את היקף ההשפעה של האינפורמציה הנאספת ע"י לויני חישה מרחוק. ההשפעות של האינפורמציה המשופרת הנאספת ע"י לוינים אלו הן מרחיקות לכת והשפיעו על נושאים כגון איכות הסביבה, הרווחה החברתית ובריאות הציבור בדרכים אותן קשה מאוד למדוד.

לסיכום, בדיקת התועלת הנובעת ממו"פ חללי בגישה המיקרו כלכלית, לוקה במספר בעיות שעיקרן התרכזות רק במוצרים או טכנולוגיות מצליחות וקושי באומדן עלות הפיתוח של הטכנולוגיה או המוצר (האם כל עלות הפרויקט או רק חלקה). לא נחקרו התועלות שהפיקו הטכנולוגיות הגדולות כמו תקשורת לווינית או חישה מרחוק. הבעיות וסוג המחקרים אינם מאפשרים לנו להסיק מסקנות כוללניות אשר יהיו ישומיות לתעשית החלל הישראלית.

## 2.3 מחקר למדידת Spin-Offs מתוכנית החלל האירופית

### 2.3.1 - כללי

מחקר זה מנסה למדוד ולכמת השפעה אחת מעניינת של תוכנית החלל האירופאית מבין כלל ההשפעות האפשרויות והיא תופעת ה-spin-off. המחקר בוצע עבור ESA ע"י חוקרים במכון לכלכלה תאורטית ושימושית (Bureau d'Economic Theorique et Appliquee - BETA) מאוניברסיטת לואי פסטר בשטרסבורג, צרפת.

### 2.3.2 - הגדרת spin-off

spin-off מוגדר ע"י החוקרים, במובן הרחב, כדבר שנלמד במהלך ביצוע עבודה אחת ע"י חברה ומיושם בפעילות אחרת ע"י אותה חברה או חברות אחרות. במובן הצר של המחקר מתייחסים החוקרים ל-spin-off אשר משפיע על הקבלנים/יצרנים המשרתים את ESA, ומתייחס לפעילות לא חללית של הקבלנים/יצרנים כמו גם פעילות חלל שאינה מבוצעת עבור ESA.

המחקר מבחין בין 4 סוגי spin-off :

- spin-off טכנולוגי - מחקר בסיסי המבוצע עבור ESA גורר חדשנות טכנולוגית אשר מביאה ליצירה של מוצרים חדשים ותת מערכות אשר באים לידי ביטוי בפרויקטי חלל אחרים וגם במגזרים אחרים.
- spin-off מסחרי - פעילות חלל עשויה לגרום לתופעה של הגדלת מכירות של מוצרים שאינם מכילים חדשנות טכנולוגית בהתבסס על תווית של איכות, קשרי מסחר וקשרים עסקיים המיוחסים לפעילות החברה במגזר החלל.
- spin-off ארגוני - דוגמאות ל-spin-off כזה הן שיטות לבקרת איכות, טכניקות ייצור וניהול פרויקטים אשר פותחו לצורך ובמהלך עבודה על פרויקטי חלל ולהם יישומים בתחומים אחרים.
- spin-off של גורמי עבודה - spin-off זה מתייחס ליכולות ניהול וכישורים הנרכשים באופן בלעדי בתחום החלל ומועברים ליתר פעילויות החברה. דוגמא ל-spin-off מסוג זה היא האפשרות למדינות קטנות להחזיק בתחומן מדענים וכ"א מיומן שללא תוכנית חלל היו עוזבים.

### 2.3.3 המתודולוגיה

לצורך ביצוע המחקר בוצעו ראיונות מקיפים עם המנהלים הנוגעים בדבר של הספקים של ESA. המטרה היתה לכמת את השפעות ה-spin-off ולצורך כך הוגדרו שתי יחידות מידה. יחידת המידה הראשונה היא הערך המוסף - סכום



השכר והרווחים של החברה - במונחים כספיים ויחידות המידה השנייה היא הסכום המוערך הנובע מקיומה של מסה קריטית של עובדים מיומנים.

כימות השפעות ה-spin-off מניח שתהליך ה-spin-off מתנהג באופן המתואר בדיאגרמה שלהלן. פעילות החברה נחלקת לשלושה סוגים: פעילות "לא חללית", פעילות חלל עבור ESA ופעילות חלל שלא עבור ESA. פעילות זו משפיעה על יצירת ארבעת סוגי ה-spin-off: הטכנולוגי, המסחרי, הארגוני והשפעות העבודה.

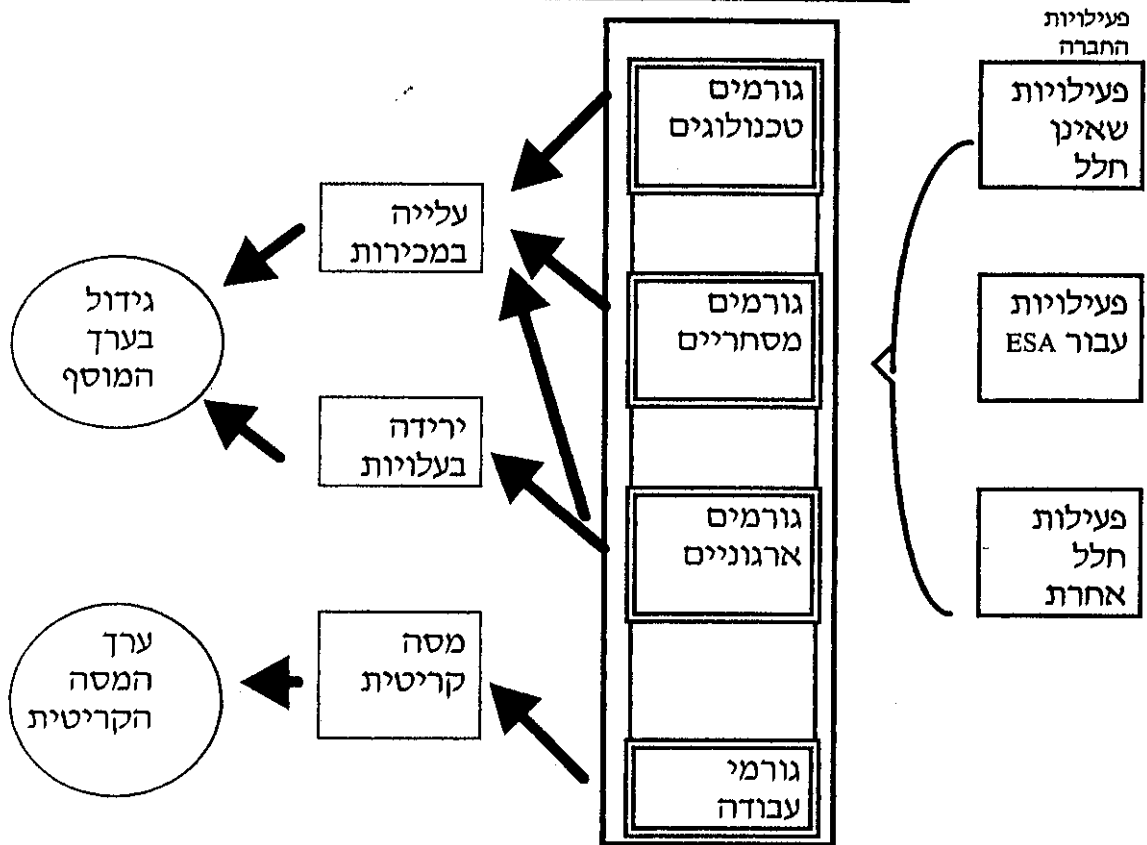
ה-spin-off מתבטא בשלושה סוגי תופעות: גידול המכירות, קיטון בעלויות וקיומה של מסה קריטית כאשר כל אחד מסוגי ה-spin-off מתבטא באופן שונה: הטכנולוגי, המסחרי והארגוני מתבטאים בגידול במכירות, הארגוני מתבטא גם בקיטון בעלויות והשפעות העבודה מתבטאות רק ביצירת מסה קריטית. שתי התופעות הראשונות מתבטאות בגידול הערך המוסף של החברה והתופעה השלישית מתבטאת בערך המסה הקריטית.

לצורך כימות ה-spin-off באמצעות מכירות במהלך הראיונות שנערכו נתבקשו המנהלים להעריך שני מקדמים. המקדם הראשון (Q2) מבטא את המידה שבה משפיעים החוזים עם ESA על ארבעת סוגי ה-spin-off. המקדם השני (Q1) מבטא את ההשפעה של ארבעת הסוגים על המשתנים הכלכליים (גידול במכירות וקיטון בעלויות). כל אחד מהמקדמים מוערך עבור כל אחד מסוגי ה-spin-off. הערכת ההשפעות מבוצעת כלהלן:

- ההשפעה הטכנולוגית = מכירות X שיעור הערך המוסף  $Q2T \times Q1T$
- ההשפעה המסחרית = מכירות X שיעור הערך המוסף  $Q2C \times Q1C$
- ההשפעה הארגונית = מכירות X שיעור הערך המוסף  $Q2M \times Q1M$

כימות ה-spin-off באמצעות קיטון בעלויות נעשה באמצעות הכפלת החסכוניות המושגים כתוצאה משיטת יצור מסוימת במקדם Q1. כימות המסה הקריטית של העובדים נעשה במונחים כספיים תוך שהמנהלים שרואינו התבקשו להעריך כמה עובדים ידרשו כדי לשמור על הידע והיכולת של החברה להתמודד בשוק וכמה מהם עובדים עבור תוכניות של ESA מספר זה מוכפל בעלות מהנדס ממוצעת ומתקבל ערך המסה הקריטית.

### איור מס' 2.1 : תהליך יצירת Spin-off בפעילות חלל



#### 2.3.4 תוצאות המחקר וממצאיו

המחקר שתואר לעיל בוצע שלוש פעמים פעמיים עבור ESA ב-1982 וב-1991 ופעם עבור קנדה בהקשר של ESA ב-1993. מאגרציה של תוצאות כל החברות אותן ראינו החוקרים מתקבל כי היחס בין השקעות ESA בחברות הניבו spin-off ביחס של 1:3.

**טבלה מס' 2.1: תוצאות מחקרי BETA - בשנים 93,91,82**

CANADA 1993	ESA 1991	ESA 1982	
79-93	77-91	64-82	תקופה שנסקרה
10	67	128	מס' חברות המדגם
3.5	3.2	2.9	יחס spin-off/חוזה
24.4%	21.1%	50%	השפעות מחוץ לתעשיית החלל
189	9,214	6,023	ערך ה-spin-off בקרב החברות*
100%	100%	100%	התפלגות ה-spin-off לפי סוגים(ב-%)
40%	32%	25%	טכנולוגי
18%	8%	27%	מסחרי
18%	6%	19%	ארגוני
24%	54%	29%	גורמי עבודה

\*במונחי Monetary Accounting Units - MAU

מהטבלה שלעיל ניתן לראות כי עיקר ה-spin-off הם טכנולוגיים וכאלה הקשורים בכוח העבודה ואילו ה-spin-off המסחריים והארגוניים נמצאים בירידה. השפעות כוח העבודה הן מהותיות ביותר ובמקרים רבים מדובר על חברות שבהן הפך גרעין העובדים המקורי שעבד על פרויקט עבור ESA למחלקת חלל בחברה ואז גדל והפך לחטיבה ואף לחברה נפרדת.

נמצא גם כי עיקר ה-spin-off מתרכזים בתעשיית החלל עצמה (רק כ-20% מחוץ לתעשיית החלל) בעוד שבעבר כמחצית מה-spin-off היו מחוץ לתעשיית החלל. לתוצאה זו משמעות בהבנת ההשפעה הפוחתת של תעשיית החלל על המשק והכלכלה. ה-spin-off שיצאו מחוץ לתעשיית החלל עברו בעיקר לתעשייה האווירונאוטית ולתעשייה הבטחונית (כ-31% וכ-30% בהתאמה) והיתר עברו לתחומים רבים כגון: עיבוד נתונים, מכשור אלקטרוני, תקשורת, ציוד רפואי, תחבורה, אנרגיה, הנדסה ואח'.

תוצאות נוספות שניתן היה להפיק מהמחקר מראות את התפלגות ה-spin-off בין הרמות השונות של היצרנים. החברות חולקו לארבע רמות: קבלנים ראשיים, מפתחי מערכות, מפתחי ציוד, ונותני שרותים. תוצאות המחקר מובאות בטבלה שלהלן:

## טבלה מס' 2.2: התפלגות ה-Spin-Off בין הרמות השונות של היצרנים

סוג החברה	ה-Spin-off (ב-% מהסה"כ)
קבלן ראשי	36.6%
מפתח מערכות	36.1%
מפתח ציוד	22.5%
נותני שירותים	4.8%

מניתוח גיאוגרפי של התפלגות ה-Spin-off עולה שמרבית ה-Spin-off, באופן יחסי, היו במדינות שעסקו במגוון רחב של תחומים - אלקטרוניקה, אספקת כוח, עיצוב והנדסה - כדוגמת גרמניה ואילו במדינות שעסקו בתכנון המבנים והמערכות היו מעט Spin-off באופן יחסי.

מניתוח עפ"י סוגי החברות עולה כי מרבית ה-Spin-off היו בתחומי האלקטרוניקה, מתקני הקרקע (לתחום התקשורת), עיצוב (design) והנדסה (engineering). ניתן להבין מכך שעיקר התועלות שטמונות לכלכלה בתוכניות החלל היא בפיתוח טכנולוגיות גנריות שאותן יהיה קל יחסית ליישם במגזרי שוק מחוץ לחלל.

### 2.3.5 סיכום ומסקנות

המחקר של BETA, מהווה מחקר מקיף של נושא ה-Spin-off אשר מציג תמונת מצב ומגמות של תעשית החלל האירופית בהקשר ל-ESA. המסקנות העיקריות הרלוונטיות לתעשית החלל הישראלית אותן ניתן להפיק ממחקר זה הן:

- תוכניות החלל של ESA מפיקה אמנם Spin-off אולם רובם המכריע נשאר בתעשית החלל ומשמש לבנייה ולשיפור כושר התחרות שלה בשוקי החלל העולמיים - ההשפעה של פעילות החלל על מגזרים אחרים היא קטנה.
- ה-Spin-off שבכל זאת יוצאים מחוץ לתעשית החלל נשארים בתחומים הקרובים ומרביתם עוברים לתעשייה האורונאוטית ולתעשייה הבטחונית. ממצא זה מוכיח את הערך הבטחוני שרואות המדינות השונות לתעשית החלל - ההשפעה החיצונית של פעילות החלל היא בעיקר על נושאים קרובים.
- למעלה מ-60% מה-Spin-off מתרחשים אצל קבלני המשנה והיתר אצל הקבלנים הראשיים - עיקר ה-Spin-off אצל מפתחי המערכות והציוד.

## **פרק 3 תפקידי הממשלה בפעילות החלל**

### **3.1 כללי**

בכל המדינות בהן מתקיימת פעילות חלל מהווה הממשלה, דרך מגוון של סוכנויות ממשלתיות ומיניסטריונים, גורם מרכזי ובעל השפעה מכרעת על התחום כולו. מבין חמש הסיבות העיקריות לפעילות חלל שהוצגו בפרקים הקודמים, לממשלה אינטרס ישיר בשלוש מהן - ביטחון וצבא, פיתוח כלכלי, מדע וטכנולוגיה - ואינטרס עקיף בחמישית - מסחר.

בכל תחומי הפעילות הממשלה היא הדוחפת העיקרית לקיום תוכנית חלל ופעילות חלל כאשר במגזרים בהם מתקיימת פעילות מסחרית בחלל לממשלה יש חלק בפיתוחה בעבר ובתמיכה בתעשיות העוסקות בה בהווה.

מרבית תעשיות החלל בעולם צמחו מתוך פעילות צבאית/בטחונית בחלל והאינטרס של ממשלות לקיים תעשיות החלל פעילה ותחרותית נובע בחלק מהמקרים מהרצון לשמור על גרעין הידע וההון האנושי מטעמי ביטחון לאומי. המדינות הפעילות בתחום החלל מגינות על תעשיות החלל שלהן באמצעות העדפות ואמנות המונעות הפצת טכנולוגיות וידע כדוגמת האמנה למניעת הפצת טכנולוגית טילים.

פרק זה יתמקד בתפקיד שיש לממשלה בפיתוח ובתמיכה בתעשיות החלל מטעמים כלכליים ולא יתיחס לאינטרסים הסמויים או הסמויים למחצה שיש לממשלה בקיום תעשיות חלל.

## 3.2 הצורך בתמיכה ממשלתית לתעשיית החלל

ככלל החלטות של הסקטור הפרטי הנוגעות לביצוע/דחייה של פרויקטים מתבססות על קריטריון אחד ויחיד: האם הפרויקט בו מדובר יוביל לרווח ולהעלאת שווי החברה? החלטות של המגזר הציבורי בנוגע לפרויקטים מונעות מהרצון לפתח טכנולוגיה או ליצור סביבה שבה יוכל המגזר הפרטי לפתח טכנולוגיה וכל זאת במטרה לשפר את הרווחה החברתית.

פעילות מסחרית בחלל מתיחדת במספר מאפיינים חשובים: השקעות כספיות גדולות מאוד, תקופת החזר השקעה ממושכת (pay-back), וסיכון גבוה. המגזר הפרטי יהיה מעוניין להכנס לפרויקטי חלל ויבצע את ההשקעות הנדרשות רק אם הן יניבו שיעור תשואה גבוה דיו כדי לפצות על הסיכון הגבוה.

לממשלה יש אפשרות לעודד כניסה של חברות פרטיות לפרויקטי חלל ע"י השפעה באופן סלקטיבי על רמת הסיכון בפרויקט, כפי שהיא נתפסת על ידם, או לחילופין להשפיע על רמת התשואה שיניבו הפרויקטים. על הממשלה לוודא בעת ביצוע מדיניות של עידוד פרויקטים שתוצאותיה יהיו חיוביות, מוחשיות ורווחיות למדינה.

הדרכים בהן יכולה הממשלה להשפיע על קבלת ההחלטות בחברות הפרטיות מפורטות להלן:

א. יצירת הזדמנויות חדשות להשקעה. לדוגמא ע"י הקמת תשתיות חדשות או מדיניות של העדפה.

ב. הפחתת רמת הסיכון הנתפסת ע"י המגזר הפרטי.

ג. העלאת התשואה הצפויה על ההשקעה. לדוגמא באמצעות השתתפות בהשקעה הראשונית או הרחבת השוקים הצפויים למוצר.

ד. יצירת מודעות להזדמנויות, טכנולוגיה, ומדיניות שמעדיפה השקעות של המגזר הפרטי.

הממשל האמריקאי יזם מספר תוכניות כדי לתת מענה לכל אחת מהאפשרויות של השפעה על קבלת ההחלטות של המגזר הפרטי:

א. **מדיניות ליצירת הזדמנויות השקעה** - הקמה של תשתיות חדשות באמצעות חברות פרטיות (מעבורת החלל, תחנת החלל הבינלאומית) ואימוץ מדיניות מפלה לטובה (לדוגמא הממשלה רוכשת שירותי שיגור מחברות פרטיות, וביטלה את האפשרות לקחת מטענים מסחריים על מעבורת החלל).

ב. **הקטנת הסיכון הנתפס ע"י המגזר הפרטי** - מטרה זו מושגת ע"י הקטנת אי ודאות השוק (דרך רכישת שירותי שיגור), צמצום התחרות של הממשל במגזר הפרטי (המעבורת לא תתחרה בשירותי השיגור הפרטיים), תוכניות של המדינה לביטוח סיכונים, חתימת חוזים לטווח ארוך. סיכוני פיתוח מוקטנים ע"י מימון של המדינה לתוכניות הדגמה ותוכניות מו"פ.

ג. **הקטנת נטל המימון הראשוני** - באמצעות הקלות מס ותוכניות מיוחדות של שיתופי פעולה תעשייה-ממשלה לדוגמא תוכנית Joint Endeavor Agreements (JEA) שבמסגרתם מספקת NASA שיגורים חינם במעבורת החלל לתוכניות נבחרות (עבור מקדונלד-דאגלס, פיירצ'ילד ועוד), או תוכנית Space System Development Agreement (SSDA) שאיפשרה ל-GEOSTAR לשלם עבור שרותי שיגור בסך 100 מיליון \$ באמצעות תמלוגים מהכנסותיה העתידיות.

ד. **יצירת מודעות להזדמנויות** - באמצעות תוכנית Centers for the Commercial Development of Space (CCDS), לדוגמא, מממנת הממשלה (בשיתוף התעשייה) מחקרים קטנים בסביבת חלל מתוך כוונה ליישם לאחר מכן באופן מסחרי. NASA עוסקת, בנוסף, בהפצת ידע וטכנולוגיות שנצברו ברשותה לציבור באמצעות פירסומים.

### 3.3 השפעת הממשלה על התעשייה בקבלת החלטות

החלטה של הממשלה לגבי ניהול מדיניות סיוע מסוימת לתעשיית החלל צריכה להתקבל תוך הבנת ההשפעה שתהיה למדיניות המוצעת על מדיניות ההשקעות של המגזר הפרטי. בכדי להקל על הבנת ההשפעה של מדיניות ממשלתית על המגזר הפרטי מוצעת בספרות פונקציה שבאמצעותה ניתן להעריך מספר דרכי פעולה אפשריות ולקבוע איזו מהן היא האפקטיבית ביותר להשגת המטרה.

הפונקציה מבטאת את הקשר שבין סבירות (likelihood) ההשקעה למספר פרמטרים, אשר משפיעים על קבלתה, וביניהם התשואה הצפויה על ההשקעה, סטיית התקן של התשואה (המבטאת את הסיכון), תקופת ההחזר (payback) והיחס בין ההשקעה הנדרשת לפרויקט לבין סך תקציב ההשקעות העומד לרשות מקבל ההחלטה:

$$\alpha = f(m, \sigma, pb, ind)$$

כאשר:

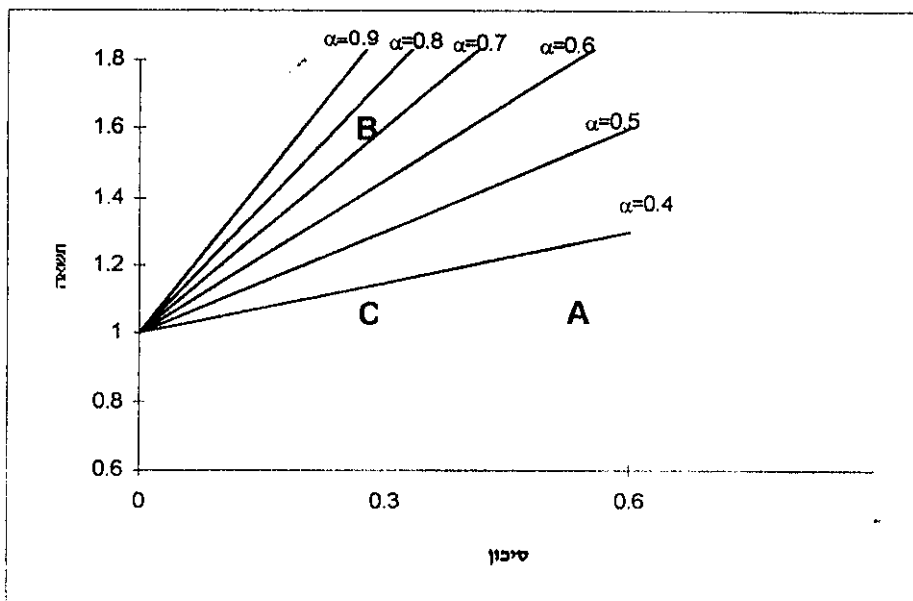
- $\alpha$  - סבירות ההשקעה.
- $m$  - התשואה הצפויה על ההשקעה.
- $\sigma$  - סטיית התקן של התשואה הצפויה המבטאת את הסיכון הגלום בהשקעה.
- $pb$  - תקופת החזר ההשקעה.
- $ind$  - היחס בין ההשקעה הנדרשת לתקציב ההשקעות הכולל.

חוקרים אמריקאיים אמדו את הפונקציה הזאת בהתבסס על תוצאות מאות ראיונות שבוצעו עם מנהלי כספים בתעשיית החלל.

דיאגרמה 3.1 מראה "עקומות שוות סבירות השקעה" על מערכת צירים של התשואה הצפויה והסיכון הצפוי כאשר בכל אחת מהעקומות מונח כי ה- $pb$  וה- $ind$  מוחזקים קבועים. התשואה והסיכון מוצגים כיחס בינם לבין מחיר ההון של החברה. באופן זה כל העקומות יוצאות מהנקודה שמעל לתשואה 1 היות ובשום אופן חברה לא תבחר לבצע פרויקט שהתשואה עליו נמוכה ממחיר ההון שלה.



### דיאגרמה 3.1 : עקומות שוות סבירות השקעה



על הדיאגרמה מוצגות שלוש נקודות, A, B ו-C, אשר מייצגות את אותו פרויקט. נקודה A מציגה את מצבו של פרויקט כאשר הוא מבוצע כולו ע"י המגזר הפרטי: הסיכון גבוה, התשואה נמוכה ולכן גם סבירות ההשקעה נמוכה. נקודה B מציגה את אותו פרויקט כאשר הממשלה מממנת תוכנית להדגמה טכנולוגית ומפחיתה את סיכוני הפיתוח: הסיכון ירד, התשואה עולה ובהתאם סבירות ההשקעה עולה. נקודה C מייצגת את אותו פרויקט כאשר הממשלה מממנת תוכנית הדגמה אולם המגזר הפרטי מחזיר את העלות כתגמולים: רמת הסיכון נמוכה יותר מ-A, התשואה באותה רמת כמו ב-A וסבירות ההשקעה עלתה לעומת A.

הפונקציה שהוצגה לעיל אינה יחודית לתחום החלל אלא מתאימה להערכת מעורבות הממשלה בתחומים שונים. החשיבות של ה"עקומות שוות הסבירות" היא בכך שהן מאפשרות להשוות ולמדוד את ההשפעה של מעורבות הממשלה בפרויקטי חלל. קביעתן של "עקומות שוות סבירות" לתעשית החלל הישראלית הינה מחוץ להיקפה של עבודה זו אולם היא תהליך ניתן לביצוע. את התועלת הציבורית מסיוע ממשלתי לחברה בפרויקט חלל תימדד לפי הנוסחה הבאה:

$$\text{Benefits} = \alpha_b \times \text{NPV}_b - \alpha_a \times \text{NPV}_a - \text{PVC}$$

כאשר  $NPV_a$  ו- $NPV_b$  הן התועלות הציבוריות הצפויות בלי ועם מעורבות הממשלה, בהתאמה.  $PVC$  היא עלות (במונחי ערך נוכחי) של תוכנית במימון ציבורי מלא. ו- $\alpha_a$  ו- $\alpha_b$  הן הסבירויות להשקעת המגזר הפרטי בתוכניות ללא ועם סיוע ממשלתי, בהתאמה.

### 3.4 תהליך קבלת ההחלטות במגזר הציבורי

המגזר הפרטי נעזר בפרמטרים כגון: תשואה צפויה, תקופת החזר, עוצמת החשיפה (סיכון), וערך נוכחי של תזרים כדי להעריך כדאיות של כניסה לפרויקטים. שווקי ההון מוסיפים על פרמטרים אלו כמה נוספים: תשואה על ההון, שנה ראשונה לרווח, שנה ראשונה לתזרים חיובי, יכולת ההנהלה, מיקום החברה בשוק וכיו"ב.

כאשר עומדות בפני הממשלה אפשרויות להחלטה לגבי סיוע בפרויקטים שונים צריכים להבדק פרמטרים נוספים:

- א. הסבירות שהמגזר הפרטי יכנס להשקעה עם ובלי הסיוע הממשלתי.
- ב. הערך הנוכחי הנקי הצפוי של התועלות הציבוריות עם ובלי הסיוע הממשלתי.
- ג. הערך הנוכחי של עלות הסיוע הממשלתי.
- ד. זיהוי סוגי התועלות הציבוריות המושגות - בטחון, רווחה חברתית וכיו"ב.
- ה. חשיבותן היחסית של התועלות הציבוריות המושגות - עפ"י סדר היום הלאומי.
- ו. רמת הסיכון אליה נחשף המגזר הפרטי בהשוואה למגזר הציבורי.
- ז. המגזרים העיסקיים המעורבים.
- ח. אופן החזר של הסיוע הממשלתי.
- ט. ידע ממשלתי שמועבר למגזר הפרטי וידע פרטי שיהפוך לציבורי.
- י. התרומה שיתן הפרויקט לשמירת/יצירת עליונות טכנולוגית.
- יא. השפעות שונות שיהיו לסיוע הממשלתי על התעשייה.
- יב. סתירות עם מדיניות נוכחית או עתידית של הממשלה.

את כל הגורמים שצויינו לעיל שומה על הממשל להעריך טרם קבלת החלטה על סיוע/אי סיוע למגזר הפרטי באופן כלשהוא: מימון, הקלות מס, חקיקה, תקינה וכ'.

### 3.5 מודל להחלטה לגבי סיוע למגזר הפרטי

בספרות מוצע מודל לקבלת החלטות בנוגע לסיוע למגזר הפרטי בישום פרויקטים. המודל מתבסס על תרשים זרימה שיוצג להלן (תרשים 3.2) וחשיבותו ביצירת תהליך מוסדר ומובנה של קבלת החלטות תוך שכל הקריטריונים מובאים בחשבון בתהליך. להלן שלבי הבדיקה :

א. הערכת סיכויי המימוש של ההשקעה ללא מעורבות הממשלה. אם הסיכוי נמצא מתחת לסף מסוים או מעל לתקרה מסוימת לא ינתן סיוע לפרויקט המוצע.

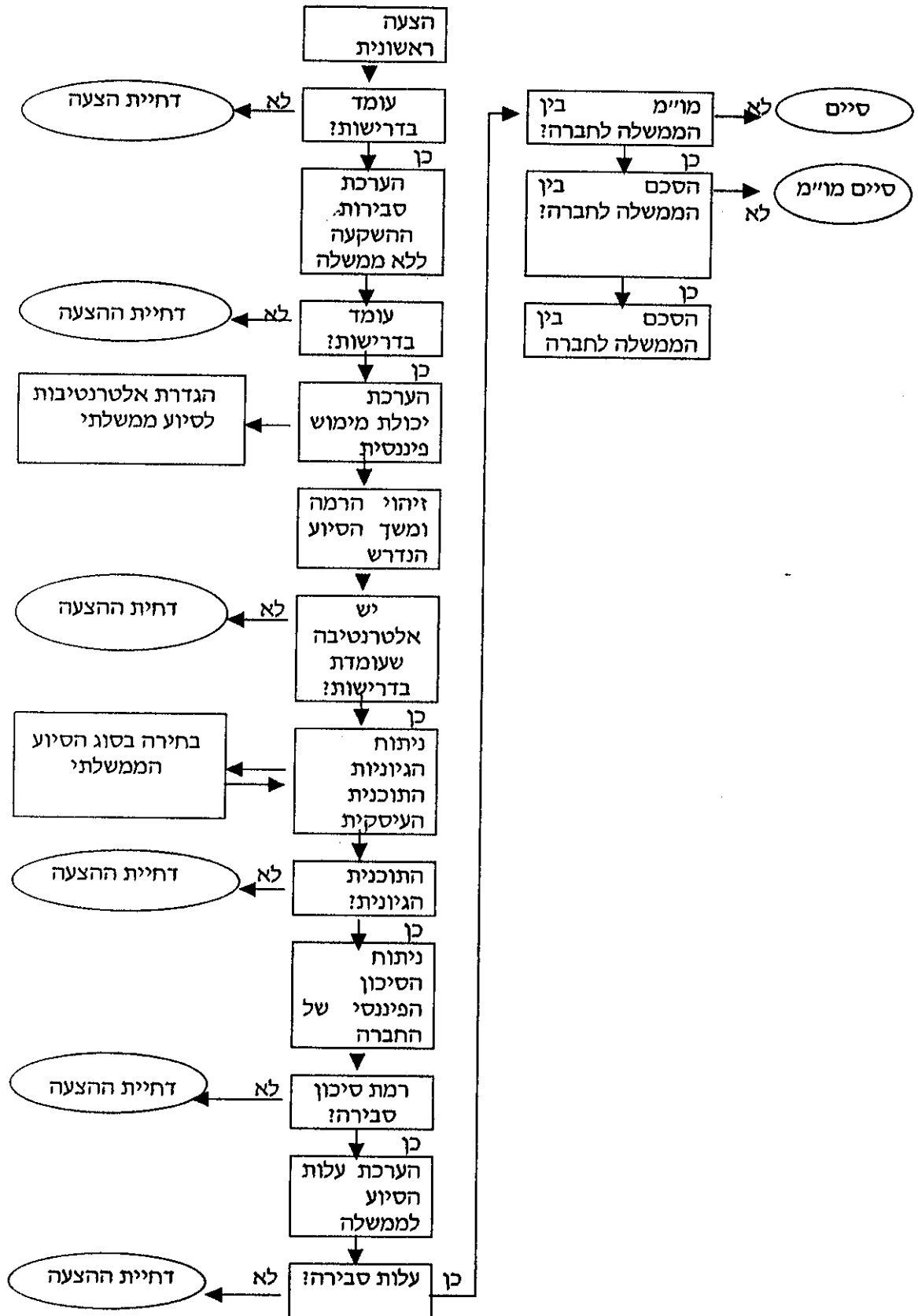
ב. בחינת יכולת המימוש הפיננסית של הפרויקט עם ובלי סיוע ממשלתי.

ג. ביצוע ניתוח פיננסי מקיף לבחינת הגיוניות התוכנית העיסקית המוצעת.

ד. ניתוח הסיכון של החברה המציעה. ככלל על הממשלה ליוודד לקיחת סיכון אולם כאשר הסיכון גבוה מדי על הממשלה להתערב.

ה. הערכת העלות שתהיה למעורבות הממשלתית בפרויקט המוצע.

דיאגרמה 3.2: מודל לקבלת החלטות בנוגע לסיוע למגזר הפרטי



### 3.7 - סיכום

לממשלות אינטרס בקידום פעילות חלל לצרכים כגון: בטחון לאומי, פיתוח כלכלי, קידום המדע והטכנולוגיה והעלאת רמת החיים. האופן בו יכולה הממשלה ממשלה לקדם פעילות החלל הוא באמצעות ייזום תוכנית חלל מתוקצבת במלוואה ומנוהלת במלוואה ע"י הממשלה או באמצעות דחיפת המגזר הפרטי לביצוע פעילות חלל מסחרית.

דחיפת המגזר הפרטי לביצוע פעילות חלל חייבת להתחשב באופן קבלת החלטות השקעה במגזר הפרטי ולהשפיע בארבעה אופנים:

- יצירת הזדמנויות השקעה.
- הפחתת רמת הסיכון.
- העלאת התשואה הנצפית על השקעה.
- יצירת מודעות להזדמנויות, טכנולוגיה.

לצורך סיוע לגורמי הממשל בבואם לגבש מדיניות לקידום פעילות חלל מסחרית ניתן ומומלץ לגבש "פונקצית סבירות השקעה", אשר תאפשר השוואה של פרויקטים המתחרים על סיוע ממשלתי וכן בחירת אופן הסיוע האופטימלי לפרויקט.

אנו מציעים תהליך מפורט לקבלת החלטה לגבי סיוע למגזר הפרטי אשר שלביו העיקריים הם:

- הערכת סיכויי המימוש של ההשקעה ללא מעורבות ממשלה.
- בחינת יכולת המימוש הפיננסית של הפרויקט.
- ביצוע ניתוח פיננסי מקיף לתוכנית העיסוקית.
- ניתוח סיכוני החברה המציעה.
- הערכת העלות התקציבית של מעורבות הממשלה.

## 3.8 מימון פרויקטי חלל

בסוף 1995 פורסם כי תאגידי לווינות בתחום התקשורת הניידת צפויים לגייס מימון בהיקף של כ-20.4 מיליארד \$, תאגידי לווינות לתחום התקשורת רחבת הסרט צפויים לגייס מימון בהיקף כ-23.4 מיליארד \$. בנוסף לתחום התקשורת מנסים גם תאגידי לווינות בתחום ה-DBS, חישה מרחוק ותקשורת לאומית ובינלאומית מימון נוסף בהיקף של עוד עשרות מיליארדי דולרים. לתעשית החלל (לווינים, משגרים שרותי קרקע וכו') צרכי מימון גדולים שבצידם מאפיינים היוצרים קושי גדול מהרגיל בגיוס המימון הנדרש. בפרק זה נסקור בקצרה את מאפייני מימון תעשית החלל (וביחוד תעשית הלווינים), שיטות המימון המיוחדות את תעשית החלל והסיכונים המיוחדים לפרויקטי חלל.

### 3.8.1 סוגי המימון ומקורותיו

ההבדלים בין סוגי המימון נובעים בעיקרם מרמת הסיכון שלוקחים על עצמם המשקיעים בכל אחד מסוגי המימון ומאופן החזר ההשקעה. רמת הסיכון הטמונה בהשקעת הון עצמי היא בדרך כלל גבוהה יותר מרמת הסיכון של חוב הסיבה העיקרית לכך היא שהמשקיע בהון העצמי לוקח על עצמו את הסיכון העיסקי של העסק בעוד שהמשקיע בחוב לעסק לוקח על עצמו בעיקר את הסיכון של שוק הכסף (השתנות שערי הריבית).

### 3.8.2 מימון בהון עצמי

המשקיעים בהון עצמי של חברה או ישות אחרת (כגון: שותפות מוגבלת) מקבלים בתמורה להשקעת אחוז מסוים בבעלות. החברה מצידה אינה מחוייבת לשלם למשקיעים אלו כל תשלום אולם במידה והיא רואה רווחים היא יכולה לשלם להם דיבידנדים במזומן או לחלק להם מניות הטבה.

משקיעים בהון העצמי לוקחים על עצמם את מרבית הסיכון העיסקי של החברה וכתלות ברמת הסיכון אותה הם נוטלים על עצמם (תלוי בשלב ההתפתחותי של החברה) כך עולה התשואה שהם מצפים לממש על השקעתם. ניתן לדרג את סוגי המשקיעים בהון עצמי לפי דרגות הסיכון שהם מוכנים ליטול על עצמם וממנה נובע השלב בחיי החברה שאליו מתאים כל אחד מסוגי המשקיעים. סוגי המשקיעים המובאים להלן מוצגים במדרג יורד של דרגות סיכון:

א. קרנות הון סיכון - קרנות אלו משקיעות בפרויקטים עתירי סיכון. היות והקרנות אינן בעלות ענין אסטרטגי בחברות בהן הן משקיעות אלא הן מחכות לרגע הראשון שבו יוכלו לממש את השקעתן אין הן נוטות

להשקיע בחברות חלל ובמיזמי חלל בעיקר משום שנדרשת בפרויקטים אלו השקעה גדולה מאוד ומועד המימוש הוא רחוק יחסית לתחומים אחרים.

ב. **תאגידים בעלי אינטרסים אסטרטגיים** - בקבוצה זו מצויים מרבית המשקיעים בפרויקטי ובחברות חלל. מדובר בחברות שהן צרכניות אפשריות של הציוד או השרותים שיופקו מן הלווין כגון יצרניות לוויינים: לוקהיד-מרטין, לורל, יוז, או TRW, או ספקיות שירות תקשורת כמו חברות טלקומוניקציה ברחבי העולם.

התשואות הסופיות המחושבות ע"י משקיעים אלו אינן נובעות אך ורק ישירות מהלווין אלא מההזדמנות שיניב הלווין ביחד עם יתר עסקיה של החברה. השקעה כזו יכולה להתבצע ממניעים "הגנתיים" כדי להגן על עסקים קיימים מתחרות.

למשקיעים מסוג זה יש סיבולת סיכון גבוהה מכיוון שקיימת עבורם מגבלת השקעות אלטרנטיביות והם רוצים לחזק את העסק הקיים. לחילופין, חלק ממשקיעים אלו הן חברות ממשלתיות במדינות מתפתחות אשר מבקשות לפתח את תשתית התקשורת במדינותיהן באמצעות פרויקטים אלו.

**הון ציבורי** - מימון ממקור זה ניתן לגייס רק לאחר שהחברה הגיעה לשלב מתקדם יחסית של חייה וקיים בה מימון ממקורות אחרים. במקרים נדירים ניתן להשתמש במקור זה כמקור מימון ראשוני כפי שנעשה ב-COMSAT. בדרך כלל משתמשות חברות החלל במקור זה להגדלת הנזילות שלהן שתאפשר ליתר המשקיעים לממש את ההשקעותיהן.

### 3.8.3 מימון בחוב

מימון באמצעות חוב מאפשר לחברה לבצע פעילות מבלי לאבד אחוזי שליטה בחברה. התמורה המשולמת למממנים היא בצורת ריבית על הקרן. גובה הריבית המשולמת נקבע עפ"י הסיכון הטמון בחברה (השלב בפיתוח העיסוקי בו היא נמצאת) וסוג וטיב הבטחונות הניתנות למממנים.

עיקר הסיכון אותו לוקחים על עצמם המלווים לחברה הוא סיכון שוק הכסף כלומר ששיעור הריבית בשוק יעלה מעבר לשיעור המשולם להם על ידי החברה. המקורות השונים למימון בחוב הנהוגות בתעשיית החלל מפורטות הם:

- **בנקים ומוסדות פיננסיים** - מקור מימון בסיכון נמוך אשר אינו מהווה מקור מימון עיקרי לפרויקטי חלל.



- **הנפקת אג"ח** - דוגמא לבעיות הכרוכות במימון פרויקטי חלל באמצעות הנפקת אג"ח היא כשלון ההנפקות המתוכננות של "אירידיום" ו-"גלובלסטאר" שתכננו לגייס באמצעות הנפקת אג"ח 300 מיליון \$ ו-400 מיליון \$, בהתאמה, ונאלצו לבטלן עקב הענות נמוכה של השוק. כשלון ההנפקה הוסבר בכך שהשוק תפס את ההנפקות כמסוכנות ודרש פיצוי בצורת תשואה גבוהה יותר על האגרות. "אירידיום" ו"גלובלסטאר" הציעו תשואה של 13.5% ו-14%, בהתאמה בעוד שהשוק דרש תשואות של 20% ו-25% בהתאמה. בעיה נוספת הכרוכה במימון פרויקטי חלל באמצעות אג"ח היא שבמקרה של של מימון קונסטלציות לוויני ה-LEO כדוגמאת "אירידיום" ו"גלובלסטאר" זמן הפרעון של האג"ח עולה על אורך החיים של הלווינים אותם הן מממנות. ללוויני התקשורת הגיאוסטציונריים ה"מסורתיים" קל יותר לגייס מימון היות והשוק תופס אותם כמסוכנים פחות משום שהטכנולוגיה והשוק מוכחים וקיימים.
- **הסדרי חכירה** - משמעותו של הסדר חכירה היא שיצרן הלווין מוכר את הציוד למוסד פיננסי ובמקביל שוכר אותו ממנו תמורת תשלומים שוטפים. סוג כזה של מימון מיועד למיזמים נמוכי סיכון ולשלבים מתקדמים יחסית בפרויקט. אפשרות נוספת לשימוש בכלי המימוני של חכירה היא כתחליף להשקעה גדולה בציוד כלשהוא וע"י כך הקטנת הסיכון. דוגמא לסוג כזה של חכירה היא חכירת מתקן שיגור ממשלתי ושימוש בו למכירת שירותי שיגור מסחריים.
- **סיוע ממשלתי** - בדרך כלל בצורת אשראי ממשלתי לטווח ארוך ובריבית נמוכה.

#### 3.8.4 הסיכונים במימון פרויקטי חלל

כאמור, חלק ניכר מהקושי הכרוך במימון פרויקטי חלל נובע מההשקעות האדירות הנדרשות במרבית המקרים תוך לקיחת סיכונים רבים ומגוונים. באופן גס, ניתן לחלק את הסיכונים הקשורים ספציפית לפעילות בחלל לחמישה סוגים:

- א. **סיכוני כח עליון - Force Majeure** - סיכון זה נובע מעצם שמו מכל הגורמים אשר לא ניתן לחזותם ולהמנע מהם ואשר עשויים לגרום לעיכובים בלוחות הזמנים, חריגה בעלויות המתוכננות ועד לביטול הפרויקט. בדרך כלל ניתן להתגונן בפני סיכוני כח עליון ע"י ביטוח.
- ב. **סיכונים פוליטיים** - לסיכונים אלו יש משמעות מיוחדת בתחום החלל. היות ומרבית המדינות אינן מסוגלות להרים לבדן פרויקט חלל גדול נוצרות באופן תדיר שותפויות בינלאומיות לצורך ביצוע פרויקטים מעין אלו. סיכון זה כולל בתוכו את אי היכולת להשיג תמיכה ממשלתית או

קשיים באישורי שיגור או בהקמת מתקני הקרקע. סיכונים אלו יכולים להתבטא בחריגה משמעותית בלוחות הזמנים ובעלויות. ניתן להתגונן בפני סיכונים אלו ע"י כיסוי ביטוחי רק כאשר היקף הפרויקט אינו גדול מאוד.

ג. סיכונים טכניים - מגוון הסיכונים הטכניים האפשריים הוא הגדול ביותר, כמובן. סיכונים הקשורים בלווין עצמו יכוסו, עבור רוכש השירותים או מזמין הלווין, באמצעות אחריות היצרן. יצרן הלווינים יכסה את עצמו בפני סיכונים טכניים ע"י גיבויים ויתירות בקיבולת הלווין. סיכונים טכניים בשיגור ניתן לכסות באמצעות ביטוח.

ד. סיכוני שוק - היות ובמרבית פרויקטי החלל מדובר על טכנולוגיה חדשנית ומתקדמת והיות ומדובר על זמן ארוך מתחילת הפרויקט עד לשיגור הלווין למסלול ותחילת קבלת ההכנסות, קיים תמיד הסיכון כי במשך התקופה הארוכה הזו יתחוללו שינויים טכנולוגיים אשר יהפכו את טכנולוגית הלווין למיושנת וללא שימוש.

ה. סיכונים פיננסיים - אלו הם סיכונים אשר קשורים ליכולת הפיננסית לממש פרויקט בסדר גודל כזה והסיכונים של חריגה בעלויות אשר תגרום לירידה בתשואה הצפויה מההשקעה. סיכונים אלו יכולים להתבטא באמצעות חריגה בעלויות או בלוחות הזמנים של קבלן משנה, שינויים בשערי חליפין ושערי ריבית, אי יכולת לקבל כיסוי בטוחי לפרויקט או לחלקים ממנו.

## **פרק 4 - תוכניות ותקציבי החלל בעולם**

### **4.1 כללי**

בפרק זה נסקור את תקציבי סוכנויות החלל המרכזיות בעולם ואת עיקרי תוכניות החלל שלהן וכן תקציבים ממשלתיים לנושאי חלל שלא באמצעות סוכנויות אלו (תקציבים בטחוניים).

את השנים האחרונות בפעילות החלל ניתן לאפיין בכמה גורמים חשובים ועיקריים:

א. בכל רחבי העולם חוו סוכנויות החלל ירידה בתקציביהן, האזרחיים והצבאיים, הן עקב התפרקות ברה"מ והגוש המזרחי וסיום המלחמה הקרה והן עקב המיתון הכלכלי העולמי. תעשית החלל האירופאית סבלה ממצב זה במיוחד עקב שער הנמוך של ה-\$ ביחס למטבעות האירופיים. מן הצד השני הפעילות המסחרית בחלל לא סבלה ירידה אלא עליה בהיקף הפעילות.

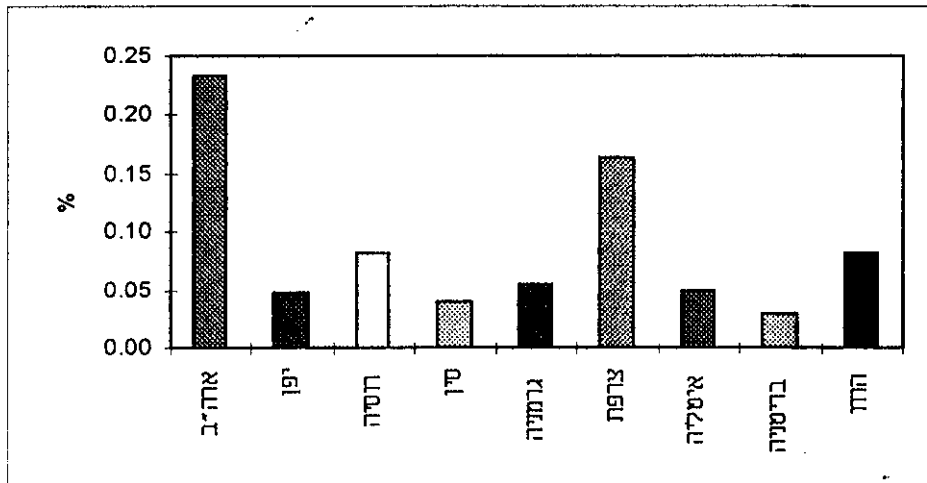
ב. עלו מספר שיתופי הפעולה הבינלאומיים בפעילות החלל. אחת הסיבות להגברת שיתופי הפעולה יזמות של פרויקטים גדולים יותר מהיקפם בעבר. כך לדוגמא עלות ההקמה וההפעלה של תחנת החלל הבינלאומית בשנים 1997 - 2012 תסתכם ב- 94 מיליארד \$ ותתחלק בין ארה"ב (76.5%), רוסיה (11.3%), אירופה (7.7%), יפן (3.3%) וקנדה (1%).

ג. באופן דומה גם בשווקים המסחריים מסתמנת תופעת שיתופי הפעולה הבינלאומיים, לפרויקטי ענק של קונסטלציות לוויינים לתקשורת ניידת ואחרת כדוגמת אירידיום וגלובלסטאר, בין משקיעים מכל רחבי העולם.

ד. תופעה חשובה אחרת שהתרחשה בשנים אחרונות וצפויה להשפיע על פעילות החלל בשנים הקרובות היא כניסה לשוק המשגרים של רוסיה, אוקראינה וסין. ארה"ב כבר נתנה למדינות אלו זכויות שיגור ל-20-15 שיגורים למסלולי GEO עד לשנת 2001 של מטענים מסחריים. בנוסף, נוצרת בשוק המשגרים נישא לשיגורי צבר לוויינים למסלולי LEO ו-MEO וזאת לנוכח פרויקטי קונסטלציות לווייני התקשורת. תעשית הלוויינים הרוסית הגדולה טרם הגיעה למיצוי כלכלי וצפויה להשפיע על השוק כאשר יתאזן המצב הכלכלי הרוסי.

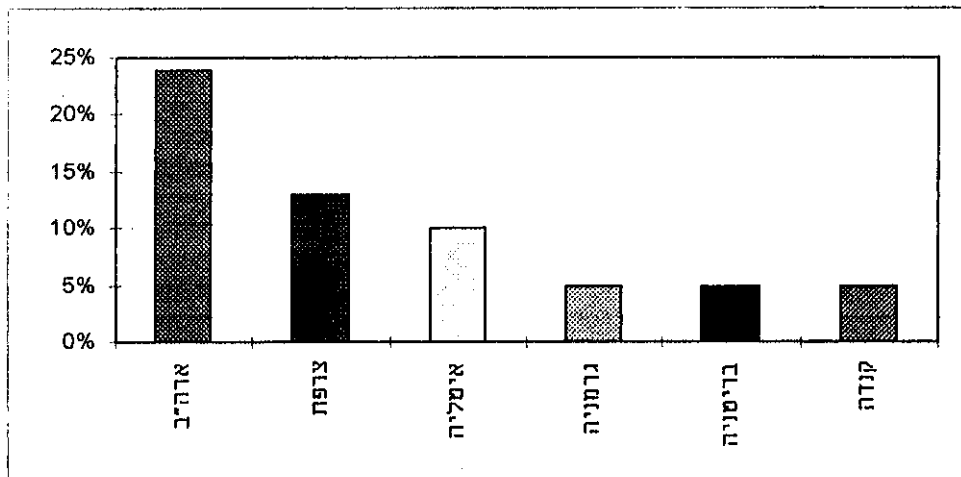
בדיאגרמות 4.1-4.2 ו-4.3 מוצגים נתונים השוואתיים לגבי תקציבי החלל במדינות שונות כשיעור מהתוצר הלאומי, שיעור המו"פ בחלל מתוך המו"פ הממשלתי האזרחי והתפלגות 10 תקציבי החלל האזרחיים הגדולים לפעילויות, בהתאמה.

#### דיאגרמה 4.1: תקציב החלל האזרחי במדינות שונות כ- % מה-GDP



\* ארה"ב, יפן, רוסיה - נתוני 1995, סין, גרמניה, צרפת, בריטניה, איטליה והודו - נתוני 1994.

#### דיאגרמה 4.2: שיעור המו"פ לחלל מתוך המו"פ הממשלתי האזרחי במדינות שונות



\* מבוסס על נתוני 1993.

בטבלה 4.1 מוצג פילוח עשרת תקציבי החלל האזרחיים הגדולים לפעילויות. הפילוח מבוסס על נתוני תקציבי 1993.

**טבלה 4.1 : פילוח 10 תקציבי החלל לשנת 1993 לפעילויות (ב-%)**

פעילות	ארה"ב	ESA	יפן	רוסיה	צרפת	סין	גרמניה	איטליה	קנדה	הודו
צפייה בכדור"א	5%	7%	11%	9%	42%	-9%	4%	9%	29%	5%
מדעי החלל	16%	10%	14%	5%	12%	10%	16%	21%	6%	1%
תקשורת	1%	9%	3%	7%	3%	5%	2%	30%	18%	37%
מז"פ חלל	16%	10%	15%	6%		15%		31%	36%	56%
R&T	2%	3%	1%	1%		1%	2%			
מיקרוגרביטציה	1%	3%	2%	2%	3%	5%	23%			
ישומים מסחריים		6%	17%	3%		5%				
מבצעי חלל	36%	46%	22%	42%		35%	16%	9%		
אחר	23%	6%	15%	25%	40%	15%	37%		11%	1%
סה"כ	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

\* פילוח תקציביהן של צרפת, גרמניה, איטליה, וקנדה הוא בגין תקציביהן העצמיים בניכוי השתתפות ב-ESA.

חשוב לציין כי בנושא התקציבים קיימות סתירות בנתונים בין מקורות שונים. המקור עליו התבססנו כמקור נתונים ראשי הוא European Space Directory 1996.

## 4.2 תקציבי החלל

### 4.2.1 ארה"ב

תקציבי החלל של ארה"ב מורכבים משלושה מרכיבים: תקציב NASA, תקציב משרד ההגנה, ותקציב סוכנויות אחרות.

תקציב החלל של משרד ההגנה הוא המרכיב העיקרי של תקציבי החלל בארה"ב החל מ-1989 שבה הוא עבר בהיקפו את תקציב NASA. זרועות הצבא האמריקאיות "גילו" את היכולות העצומות הטמונות בפעילות מהחלל ומנצלות אותן למרות ואולי בגלל השינויים שחלו בעקבות סיום המלחמה הקרה.

תקציב נאסא הוא השני בגודלו בתוכנית החלל האמריקאית והוא מממן את פעילות החלל הממשלתית האזרחית ופעילות המו"פ בחלל (שניתן לראות חלק ממנה כהמשך לתקציב משרד ההגנה). פעילויותיה העיקריות של נאסא בשנים הקרובות יתמקדו בתחנת החלל הבינלאומית, במדעי החלל (קידום מדעי הפיסיקה, האסטרונומיה וחקר מערכת השמש), מדעי החיים ומיקרוגרביטציה ו-Mission to Planet Earth שמשמעותה ישומי חלל לחקר כדור"א. פעילויות נוספות, וחשובות לענין עבודה זו, בהן תעסוק נאסא בשנים הקרובות הן פיתוח לווינים קטנים והמשך פיתוח משגר "פגסוס" ומשגרים קטנים נוספים. תקציבי נאסא מעסיקים בכל תעשית החלל כ-210,000 עובדים.

תעשית החלל האמריקאית היא המפותחת בעולם. מכירותיה הכוללות בשנת 1993 הסתכמו בכ-29 מיליארד \$ מהם רק כ-700 מיליון יועדו ליצוא. תחזיות של מומחים לשוק החלל חוזו כי בשנת 2000 יסתכמו מכירות תעשית החלל האמריקאית בכ-45 מיליארד \$.

### טבלה 4.2: התפלגות תקציב NASA לפעילויות עיקריות בשנים 1994 - 1995 במיליוני \$

1995	1994	
5,720	6,070	טיסות חלל מאוישות
5,901	5,847	מדע, אורונאוטיקה וטכנולוגיה
2,663	2,619	משימות חלל
175	134	אחר
14,459	14,670	סה"כ הוצאות נאסא

**טבלה 4.3: תקציבי החלל האמריקאים בשנים 1989 - 1996 (במיליוני \$)**

שנה	נאסא	משרד ההגנה	אחרים	סה"כ
1989	10,195	14,504	444	25,143
1990	12,292	15,600	360	28,252
1991	13,497	14,200	385	28,082
1992	13,817	15,100	400	29,317
1993	14,077	14,400	400	28,877
1994	14,670	15,100	2,000	31,770
1995	14,459	15,000	2,014	31,473
1996	13,820	15,000	1,750	30,570

**4.2.2 רוסיה**

תוכנית החלל הלאומית של רוסיה (הן הצבאית והן האזרחית) עוברת מאז סוף שנות השמונים תהליך של הצטמצמות וקיצוצים. ב-1992 נערך רה-אירגון של ניהול תוכניות החלל ובמסגרתו הוקמו שני גופים: סוכנות החלל הרוסית, והועדה הבינ-משרדית לנושאי חלל. תפקידה של סוכנות החלל הרוסית נקבע להיות זו שתממש את תוכניות החלל הממשלתיות.

תקציב החלל של רוסיה, הצבאי והאזרחי, הצטמצם מאוד מאז סוף שנות ה-80 אולם יש במספרים שיוצגו להלן משום הטיה מסוימת. תקציבי החלל מתורגמים לדולרים לפי שער הרובל הרשמי אולם בפועל כח הקניה של הסכומים הללו ברוסיה הוא גדול משמעותית. כך לדוגמא עלות השיגור של לוויין תקשורת ברוסיה תסתכם בכ-30 מ'\$/ בעוד שעלות השיגור במערב תהיה 140-180 מ'\$/.

**טבלה 4.4: תקציבי החלל של רוסיה בשנים 1991 - 1996 (במיליוני \$)**

שנה	סכום	שווי מוערך*
1991	750	3,500
1992	700	3,267
1993	710	3,313
1994	691	3,225
1995	691	3,225
1996	700	3,267

\* השווי המוערך מבוסס על היחס בין עלות משימת חלל הרוסיה לעלות משימת חלל במערב = 4.666 לצורך הצגה במונחי כח הקניה האמיתי.

נתון אשר מדגיש עוד יותר את נושא עיוות ההשוואה המתקבלת מתקציבי החלל הוא כמות השיגורים שבוצעו ע"י רוסיה לעומת יתר העולם. רוסיה היא המדינה הפעילה ביותר בחלל בתחום השיגורים. נתוני השיגורים של רוסיה מוצגים להלן:

**טבלה 4.5 : כמות השיגורים של רוסיה מול ארה"ב בשנים 1990 עד 1994**

שנה	רוסיה	ארה"ב
1990	75	27
1991	59	18
1992	54	28
1993	47	23
1994	48	26

גם בנושא כוח האדם העוסק בנושאי חלל מובילה רוסיה. כיום מוערכת כמות העובדים המועסקים בפרויקטי חלל ברוסיה בכ- 300,000 איש. כמות זו מבטאת ירידה של למעלה מ-70% מכמות המועסקים בתעשיית החלל בסוף שנות ה-80.

עיקרי תוכנית החלל הרוסית עד לשנת 2000 בתחום התקשורת הן שיגור לוויינים לתחום התקשורת הקרקעית (מערכות Express ו-M-Express), לתחום התקשורת הניידת (מערכות Arkos ו-Mayak), טלויזיה ורדיו (מערכות Glas-R, Glas ו-Gelikon), דואר אלקטרוני (מערכות Gonets ו-Kourier) וטלפון ופקס (מערכות Cos-Con ו-Bankir).

בכוונת רוסיה להגביר את פעילותה בתחום החישה מרחוק ושיווק המידע הנאסף ע"י לווייניה באמצעות ארגון המאחד את מכוני המחקר והפיתוח העוסקים בתחום זה.

רוסיה מתכננת לשפר את רמת הדיוק של לווייני הניווט שלה ה-Glonass וה-Nadejda. בנושא תחנות החלל מתכוונת רוסיה ליצור את תחנת MIR-2 עד לשנת 2000 ולהמשיך את פעילותה בתחום תחנות החלל הבינלאומית ואת שיתוף הפעולה עם ארה"ב בטיסות המעבורת לתחנת החלל MIR.

### 4.2.3 ESA - סוכנות החלל האירופית

סוכנות החלל האירופית - ESA - הוקמה ב-1975 ומורכבת מ-15 מדינות מהן 14 מדינות חברות מלאות (צרפת, בריטניה, גרמניה, אירלנד, הולנד, בלגיה, ספרד, איטליה, שוויץ, אוסטריה, שבדיה, פינלנד, נורבגיה ודנמרק) וחברה אחת חלקית (co-operating member) - קנדה. צרוף מדינות חדשות לארגון מחייב הסכמת כל המדינות החברות.

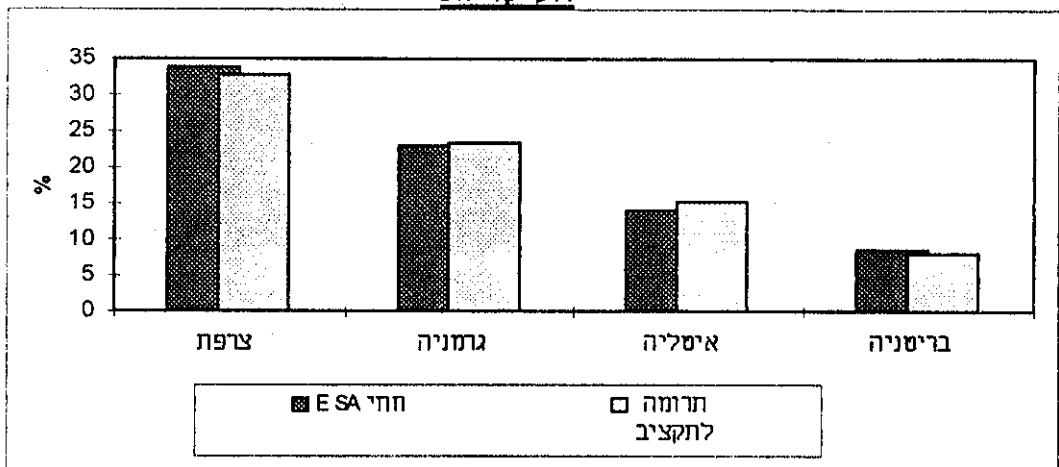


את מדיניות העל של ESA קובעת מועצה מיניסטריאלית בתחומי המדע, הטכנולוגיה והאדמיניסטרציה. המועצה קובעת את התוכניות ארוכות הטווח והכיוונים העתידיים של פעילויות המו"פ האירופאיות. הסוכנות מנוהלת ע"י מנכ"ל שמיישם את המדיניות כפי שנקבעה ע"י המועצה המיניסטריאלית. העקרונות המנחים את פעילות ESA הם:

- פעילויות לא-צבאיות בלבד.
- המדיניות תכוון לשיפור יכולת התחרותיות העולמית של התעשייה האירופית.
- חלוקת החוזים בין המדינות תהיה בקירוב לפרופורצית חלקה של המדינה בתקציב ESA.

תקציב ESA מורכב מתרומות המדינות החברות. קיימים שני מסלולים להשתתפות בתקציב ESA המסלול הראשון הוא מסלול "חובה" שלפיו מעבירה כל מדינה שהיא חברה ב-ESA סכום שנקבע לפי פרפורציה לתוצר הלאומי הגולמי שלה. המסלול השני הוא מסלול אופציונלי שבו המדינה יכולה לקבוע את סכום השתתפותה בפרויקטים מסוימים כדוגמת לווינים משגרים (אריאן) וכו'. התרומות ל-ESA בחלוקה למדינות והתפלגות חוזי ESA בין המדינות החברות בשנים 1972 - 1995 בגרפים 4.3 - 4.4 להלן. התורמות העיקריות בדיאגרמה 4.3 והמדינות הקטנות בדיאגרמה 4.4.

#### דיאגרמה 4.3 : תרומה ל-ESA מול חוזים שהתקבלו בשנים 1972-1995 - התורמות העיקריות



השתתפות המדינות החברות ב-ESA בתקציב ESA מפורטת בטבלה 4.6. פרוט שיעור  
ההשתתפות בתקציב ESA מתוך סך כל תקציב החלל של מדינות אירופה ניתן  
בטבלה 4.7.

**דיאגרמה 4.4: התרומה ל-ESA מול חוזים שהתקבלו בשנים 1972-1995 - המדינות**



בחינת התנהגות המדינות המשתתפות בתקציב ESA מראה כי פרט לצרפת שאר  
המדינות מוציאות את מרבית תקציב החלל שלהן במסגרת ESA ובחלק מהמדינות  
מדובר על למעלה מ-80% מתקציב החלל. בנוסף ניתן להבחין במגמה של העלאת  
השיעור לאורך השנים כאשר מרבית המדינות מעלות את שיעור התקציב המוצא  
ב-ESA מתוך סך תקציב החלל שלהן.

**טבלה 4.6: תקציב ESA בחלוקה למדינות התורמות בשנים 1991 - 1996**

במליוני \$

1996	1995	1994	1993	1992	1991	מדינה
2,843	2,790	2,996	3,384	3,016	2,622	סה"כ
33	33	33	35	29	26	אוסטריה
153	130	153	169	144	124	בלגיה
27	27	27	31	26	24	דנמרק
12	12	13	13	9	10	פינלנד
886	855	778	1,022	808	747	צרפת
616	616	581	770	638	620	גרמניה
6	6	5	6	7	6	אירלנד
470	470	439	581	453	460	איטליה
77	77	79	95	71	66	הולנד
27	27	25	26	22	21	נורבגיה
116	116	117	120	130	121	ספרד
72	72	72	77	66	56	שבדיה
71	71	72	78	68	57	שוויץ
194	194	195	215	167	157	בריטניה
19	19	18	29	20	17	קנדה
64	42	389	117	358	110	התאמות

**טבלה 4.7 : שיעור התקציב המדינות ב-ESA מתוך סך תקציב החלל שלהן  
בשנים 1991 - 1996**

1996	1995	1994	1993	1992	1991	מדינה
85%	85%	85%	84%	83%	84%	אוסטריה
93%	93%	93%	93%	93%	92%	בלגיה
85%	85%	85%	86%	88%	87%	דנמרק
50%	50%	52%	42%	33%	36%	פינלנד
41%	39%	36%	49%	46%	42%	צרפת
66%	66%	62%	68%	66%	64%	גרמניה
100%	100%	100%	100%	100%	100%	אירלנד
94%	94%	82%	82%	75%	59%	איטליה
74%	74%	74%	78%	76%	75%	הולנד
77%	77%	75%	71%	76%	74%	נורבגיה
77%	77%	77%	75%	81%	83%	ספרד
76%	76%	74%	71%	70%	65%	שבדיה
97%	97%	97%	97%	97%	96%	שוויץ
68%	68%	69%	69%	60%	58%	בריטניה
7%	7%	6%	8%	5%	6%	קנדה

מכירות תעשית החלל האירופאית בשנת 1994 הסתכמו בלמעלה מ-3 מיליארד \$ מתוכם כ-600 מיליון \$ יועדו ליצוא (מחוץ לאירופה). ניתן לראות כי שיעור היצוא האירופי מתוך המכירות (19%) הוא גבוה משיעור זה עבור התעשייה האמריקאית (2.5%). עד לשנת 2000 צפויות מכירות התעשייה האירופאית להסתכם בכ-7 מיליארד \$ - למעלה מכפליים מהמכירות בשנת '93.

#### 4.2.4 צרפת

סוכנות החלל הצרפתית - CNES - הוקמה ב-1960 בעקבות החלטה לאחד את כל פעילות החלל הצרפתית תחת קורת גג אחת. CNES אחראית להכנת והצעת התוכניות ארוכות טווח לפעילות החלל הצרפתית ולניהולן בהקשר הלאומי והבינלאומי.

לשלשה גופים צרפתיים נוספים פעילות חלל והם French Telecom, סוכנות המטאורולוגיה ומשרד ההגנה. French Telecom מימנה את מרבית עלות לוויני התקשורת הצרפתיים וכן השתתפה ב- Intelsat, Eutelsat ו- Inmarsat.

ההוצאה של משרד ההגנה לנושאי חלל צמחה באופן מרשים בעשורים האחרונים מרמה של כ-100 מיליון פרנק ב-1977 לרמה של כ-4.5 מיליארד פרנק ב-1996.

תוכניות החלל הצבאיות העיקריות הן מטעדי Syracuse על לווני תקשורת, ומספר לווני תצפית ואלינט. תוכנית Helios - 2 (שני לווני תצפית אופטיים ו-IR) אמורה להסתיים ב-2002 וכן צפוי לווין אלינט נוסף. תוכניות עתידיות של משרד ההגנה הצרפתי הן HORUS - לווני לצילום מכ"מ, ו-ZENON - לווין למודיעין אלקטרוני.

פרוט תקציבי החלל הצרפתיים מוצג בטבלה 4.8. יצויין כי המספרים נותנים רק ביטוי חלקי לתקציב הצבאי לתוכניות חלל והוא רק זה שמבוצע באמצעות CNES.

#### **טבלה 4.8 : תקציב החלל של צרפת בשנים 1989 - 1996 (במיליוני \$)**

שנה	השקעות ב-ESA	תקציב עצמי	סה"כ
1989	547	765	1,312
1990	544	880	1,424
1991	746	1,025	1,771
1992	809	962	1,771
1993	1,022	1,081	2,103
1994	778	1,372	2,150
1995	856	1,316	2,172
1996	887	1,290	2,177

#### **4.2.5 גרמניה**

סוכנות החלל הגרמנית - DARA - הוקמה ב-1989, כחברה בערבון לא מוגבל, תחת משרד המחקר, במטרה לנהל את פעילות החלל הגרמנית. DARA מתרכזת בניהול משימות הקשורות במחקר טכנולוגיות חלל וביצוג גרמניה בפורומים בינלאומיים. תוכנית החלל הלאומית שהותוותה ב-1988 שאפה להגדיל באופן הדרגתי את תקציבי החלל עד לתקציב שנתי בהיקף של כ-2.3 מיליארד DM באמצע שנות ה-90 והוצאה כוללת של למעלה מ-28 מיליארד DM מ-1989 עד שנת 2000.

גרמניה משתתפת בכל התוכניות של ESA והיא התורמת האירופאית הגדולה ביותר לתחנת החלל הבינלאומית. עיקר הפעילות של גרמניה מחוץ ל-ESA היא בשיתופי פעולה עם יפן, ארה"ב ורוסיה.

לאחר שנים של הססנות החליטה הממשלה הגרמנית להקציב למעלה מ-10 מיליארד DM בשנים 1995-2004 לתחום החלל הצבאי. גרמניה מתכוונת לפעול בעיקר בתחום התצפית האסטרטגית מהחלל והיא משתפת פעולה בתחום זה עם צרפת (בתוכניות Helios - 2 ו-Horus).

תקציבי החלל של גרמניה מפורטים בטבלה 4.9.

#### טבלה 4.9: תקציב החלל של גרמניה בשנים 1989 - 1996 (במיליוני \$)

שנה	השתתפות ב-ESA	תקציב עצמי	סה"כ
1989	410	307	717
1990	410	284	694
1991	620	346	966
1992	638	334	972
1993	770	368	1,138
1994	581	356	937
1995	616	320	936
1996	675	318	993

#### 4.2.6 בריטניה

חשיבותה של בריטניה בתחום החלל ירדה באופן משמעותי מאז שנות ה-60. כיום מתואמת פעילות החלל של בריטניה ע"י הועדה הבין-משרדית למדיניות חלל. מימון ומימוש של תוכניות חלל מבוצע ע"י כמה משרדי ממשלה ומוסדות ומתואם ע"י מרכז החלל הלאומי הבריטי (BNSC) שנוסד ב-1985. ל-BNSC אין תקציב משל עצמו והוא מקבל את מקורותיו ממספר משרדים ומוסדות: המועצה למחקר הנדסי ומדעי שאחראית לתחום המחקר המדעי, משרד המסחר והתעשייה שתומך בתוכניות של לוויני תקשורת ותוכניות משיקות שמתבצעות בתעשייה הבריטית, משרד ההגנה אשר תומך בתוכנית לוויין תקשורת משל עצמו, מועצת המחקר הסביבתי, והמכון המטאורולוגי.

התקציב שמקצה משרד ההגנה הבריטי לנושא החלל הוא חסוי ומומחים מעריכים אותו בכ-235 מיליון \$. התוכנית הצבאית העיקרית היא לוויין התקשורת SKYNET.

בתחום המסחרי, כ-400 חברות בריטיות עוסקות בתחום החלל ומעסיקות בתחום זה כ-3,500 עובדים ומחזור מכירות שמסתכם בכ-1.2 מיליארד \$.

תקציבי החלל הבריטיים מפורטים בטבלה 4.10. יצוין כי במספרים שיובאו לא נכללים תקציבים צבאיים ותוכניות מסחריות.

#### טבלה 4.10: תקציבי החלל של בריטניה בשנים 1989 - 1996 (במיליוני \$)

שנה	השקעות ב-ESA	תקציב עצמי	סה"כ
1989	126	127	253
1990	114	118	232
1991	158	112	270
1992	167	113	280
1993	214	96	310
1994	195	88	283
1995	194	91	285
1996	194	91	285

#### 4.2.7 איטליה

תוכנית החלל האיטלקית מנוהלת מאז 1988 ע"י סוכנות החלל האיטלקית - ASI. תוכנית החלל האיטלקית מנוהלת עפ"י תוכנית חמש-שנתית. בשנת 1993 קיצצה הממשלה בתקציבי החלל והחליטה לבצע את מרבית פעילות החלל שלה באמצעות ESA. הקיצוץ הותיר את ASI ללא תקציב חלל לביצוע עצמי.

פרויקטי החלל בהם משתתפת איטליה שלא במסגרת ESA כוללים את לווני ITALSAT ו-2, מספר פרויקטים מדעיים - 1 - TSS, לוויין LAGEOS - 2, SAX, X-VEGA, COSMO - SKYMED - בשיתוף מדינות אחרות, פיתוח משגר קטן - SAR, שת"פ עם רוסיה בפרויקטי X-SPECTRUM ו-94 - MARS, פרויקט לוויין DBS, שת"פ עם נאסא בנושא תחנת החלל והשתתפות אסטרונוטים איטלקיים בטיסות המעבורת.

בתחום הצבאי, איטליה שותפה בפרויקט Helios ומתכננת שיגור לווני תקשורת צבאיים. תקציב החלל הצבאי אינו ידוע בודאות ומעריכים אותו בכ-50 מיליון \$.

חברות איטלקיות שותפות בפרויקטי התקשורת הניידת הלוויינית Globalstar (ALANIA) ו-Iridium (Nuova Telespazio). פרוט תקציבי החלל של איטליה ניתן בטבלה 4.11 ואינו כולל את התקציבים הצבאיים.

**טבלה 4.11: תקציב החלל של איטליה בשנים 1989 - 1996 (במיליוני \$)**

שנה	השתתפות ב-ESA	תקציב עצמי	סה"כ
1989	332	268	600
1990	254	280	534
1991	460	323	783
1992	453	151	604
1993	581	126	707
1994	438	100	538
1995	469	31	500
1996	469	31	500

#### 4.2.8 סין

פעילותה של סין בחלל החלה עוד בשנות ה-50. פעילות החלל האזרחית של סין מרוכזת ע"י מנהל החלל הלאומי הסיני - CNSA. את המשגרים הראשונים שלה פיתחה סין ב-1964 והלוויין הסיני הראשון הוצב במסלול ב-1970 באמצעות משגר CZ - 1.

ב-1989 הסכימה ארה"ב להתיר לסין לבצע שיגורים מסחריים באמצעות משגריה תוך הגבלת מספר השיגורים ל-9 והסכמה כי מחיר השיגורים יהיה דומה למחיר שגובות חברות אמריקאיות ואירופאיות. תוקף ההסכם פג ב-1994 בפברואר 1995 נחתם הסכם חדש לפיו רשאית סין לשגר 15 לווייני למסלול GEO עד שנת 2001 במחיר של עד 15% פחות ממחירי חברות מערביות.

סין הקימה את Euraspace ביחד עם חברת דיימלר- בנץ לבנית לווייני תקשורת שיהיו מבוססים על לווייני 3 - DFH. סין הכריזה על כוונתה להקים מערך ניווט אסימטרי באמצעות שני לווייני GEO וכן על כוונתה לפתח מערכת של לווייני LEO לחישה מרחוק. סין השקיעה כ-75 מיליון \$ בבנית לוויין ביחד עם ברזיל.

הערכת תקציבי החלל הסיניים היא משימה קשה עקב אי היותה כלכלת שוק. הנתונים שמספקים הסינים עצמם מדברים על תקציב בהיקפים של 150-300 מיליון \$ ואילו בארה"ב מעריכים את תקציב החלל הסיני בכ-1.35 מיליארד \$ מהם 0.5 מיליארד \$ לפעילות אזרחית ומחקר וכ-0.8 מיליארד \$ לפעילות צבאית.

#### 4.2.9 הודו

פעילות החלל ההודית החלה ב-1961 ביוזמת המשרד לאנרגיה אטומית. ועדת החלל ההודית, שהוקמה ב-1972, אחראית להתנווית מדיניות החלל. משרד החלל אחראי לישומה של מדיניות החלל. שני הגופים כפופים ישירות לראש הממשלה.



ISRO, הארגון ההודי לחקר החלל שהוקם ב-1969, אחראי לביצוע החלטות שני הגופים.

בתחום התקשורת מפעילה הודו את תוכנית INSAT המשותפת למספר ארגונים ומשרדי ממשלה. סדרת לוויני 1 - INSAT (4) נבנתה ע"י קבלנים מחוץ להודו: פורד אירוספייס וארוספאטיאל, ושוגרה ע"י משגרי דלתא ואריאן. סדרת משגרי 2 - INSAT (3) נבנתה ע"י חברות הודיות ושוגרה ע"י אריאן.

בתחום החישה מרחוק מפעילה הודו את תוכנית IRS. במסגרת התוכנית שוגרו 5 לווינים באמצעות משגרים רוסיים. חברת UOSAT האמריקאית משווקת את תוצרי הלווינים, באופן מסחרי, בעולם.

להודו תוכנית לווינים מדעיים, ROHINI, במסגרתה שוגרו עד לאמצע 1994 6 לווינים. מרבית הלווינים בתוכנית זו הם מיקרו לווינים במשקל של כ-40 ק"ג וכ-113 ק"ג אשר שוגרו ע"י משגרים הודיים.

בתחום המשגרים יש להודו תוכנית פיתוח גדולה. בתחום זה משתפת הודו פעולה עם אירופה בקבלת טכנולוגיות. להודים יש כיום שני משגרים פעילים ומשגר נוסף בתהליך פיתוח מתקדם. משגר ה-ASLV מסוגל להציב במסלול LEO מטען במשקל של 100-150 ק"ג. משגר ה-PSLV הוא משגר ארבע-שלבי להצבת מטענים במשקל של 1000 ק"ג במסלול פולרי בגובה של 900 ק"מ. משגר ה-GSLV הוא משגר אותו מפתחת כיום הודו. משגר זה מיועד לשאת מטען במשקל של 2-2.5 טון למסלול GEO. שיגור ראשון מתוכנן ל-1997/8.

ההוצאה ההודית לפרויקטים צבאיים בחלל היא ככל הנראה צנועה אולם אין נתונים ברורים בנושא.

פרוט תקציבי החלל ההודיים ניתן בטבלה 4.12.

**טבלה 4.12 : תקציבי החלל של הודו בשנים 1990 - 1996 (במליוני \$)**

שנה	תקציב
1990	277
1991	152
1992	197
1993	220
1994	250
1995	275
1996	330

#### 4.2.10 יפן

פעילות החלל ביפן מתבצעת בו זמנית במספר ארגונים. המדיניות לביצוע פעילות החלל הממומנת ע"י הממשלה נקבעת ע"י SAC, הועדה לפעילות החלל, אשר כפופה ישירות לראש הממשלה.

הארגונים בהם מתבצעת פעילות חלל הם: ISAS - הכפוף למשרד החינוך ואחראי לביצוע תוכניות מדעיות בחלל בין היתר משימות לירח ולשביט "האלי", משרד המסחר והתעשייה הבינ"ל - עוסק בפיתוח תחומים עתידיים כגון מיקרו גרביטציה (פיתוח קפסולות לשיגורים מחדש) ופיתוח מטוס חלל, משרד התחבורה - עוסק בפיתוח לווינים מטאורולוגיים ולוויני הכוונה, משרד הדואר והתקשורת - מפקח על תחום לוויני התקשורת ומכוון את תפיסות הפיתוח של הלווינים העתידיים.

עיקר פעילות החלל של יפן מבוצעת בסוכנות הלאומית לפיתוח החלל, NASDA. ל-NASDA יש צוות של כ-1000 עובדים אשר עוסקים במו"פ של לווינים ומשגרים (לא לתחום הצבאי), ביצוע שיגורים ועקיבה ובקרה אחרי לווינים וכן קידום נושא חישה מרחוק וניסויים בחלל.

בתחום המשגרים פיתחה NASDA עד היום 3 משגרים - N1, N2 ו-N1 - אשר יצאו בינתיים משורת ועוסקת כיום בהשלמת הפיתוח של משגר H2 שמיועד לשאת מטענים במשקל של עד 2.2 טון למסלול GEO, ואת משגר ה-J2 שמיועד לענות על צורך במשגרים למטענים קטנים בעלות נמוכה.

NASDA עוסקת בפיתוח של לוויני ניסוי הנדסיים, בפיתוח טכנולוגיות ללוויני תקשורת (שני לוויני תמסורת מידע, 1 ו-2 DTRS, מתוכננים להיות משוגרים בשנת 2000), בפיתוח ושיגור לוויני תצפית ומטאורולוגיה, בתוכניות לניצול החלל בתחום המיקרוגרביטציה, בהשתתפות בתחנת החלל הבינלאומית (מודול הניסויים), בפיתוח מטוס החלל HOPE, בפרויקטים לחקר הירח ובפיתוח לוויני תקשורת (כיום עיקר הפיתוח נעשה ע"י גופים מסחריים).

תקציבי החלל של יפן מפורטים בטבלה 4.13.

**טבלה 4.13 : תקציבי החלל של יפן בשנים 1990 - 1996 (במיליוני \$)**

שנה	תקציב NASDA	תקציבים אחרים	סה"כ
1990	811	319	1,130
1991	832	320	1,152
1992	1,005	347	1,352
1993	1,196	403	1,599
1994	1,525	517	2,042
1995	1,676	536	2,212
1996	1,698	556	2,254

תעשית החלל היפנית בשנת 1994 הסתכמו בכ-2 מיליארד \$ מהם ליצוא רק כ-140 מיליון (כ-7%). עד שנת 2000 המכירות צפויות להסתכם בכ-3.5 מיליארד \$.

### 4.3 - סיכום

ההשקעה בתקציבי חלל אזרחיים בקרב המדינות החלל הגדולות נעה בין 0.05% ל-0.24% מהתל"ג. המדינה המובילה במדד זה היא ארה"ב והממוצע הוא כ-10%. ההשקעה בתקציבי חלל, במדינות אלה, מהווה כ-5% - 25% מכלל תקציב המו"פ הממשלתי, כאשר גם כאן מובילה ארה"ב והממוצע הוא כ-10%.

את עשרת המדינות בעלות תקציבי החלל הגדולים ביותר ניתן לחלק לשתי קבוצות:

- הקבוצה הראשונה - כוללת את ארה"ב, ESA, יפן, רוסיה וסין - אלו הן מעצמות החלל אשר עוסקות בכל תחומי הפעילות הקיימים כאשר 60%-70% מתקציביהן מופנים למדעי החלל, מו"פ ומבצעי חלל.
- הקבוצה השנייה - כוללת את צרפת, גרמניה, איטליה, קנדה (בתקציבים שלא באמצעות ESA) והודו אשר עוסקות בעיקר בתחומים בעלי ערך מסחרי ובטחוני ובעיקר תצפית על כדור"א, תקשורת לוויינית ומו"פ.

ארה"ב מובילה את יתר העולם בכל הקשור לתקציבים וטכנולוגיה ואילו רוסיה מובילה בהיקף הפעילות (מס' שיגורים ולוויינים).

לאורך השנים שומרת סוכנות החלל האירופית על הפרופורציה בין תרומת המדינות החברות לחלוקת החוזים. במקרים שבהם אין שוויון מוחלט בין התרומה להיקף החוזים הפער שקיים הוא מזערי ולא ניתן לזהות בכיוון הפערים מגמה מסוימת. בתחום זה כדאי לדעת הצוות לערוך בדיקה מעמיקה יותר, בעתיד, של התועלות שרואות המדינות הקטנות החברות ב-ESA מהחברות ב-ESA.

כאינדיקציה ניתן לראות כי המדינות הקטנות החברות ב-ESA (אשר תורמות לא יותר מ-2% לתקציבה) הגדילו או שמרו על היחס בין התרומה ל-ESA לתקציב החלל העצמאי שלהן. דבר זה עשוי להעיד על שביעות רצון והכרה בתרומה של החברות ב-ESA לתעשית החלל שלהן. עם זאת אין מידע ישיר על תרומה כלכלית או תרומה לצמיחה שלהן.

מכירות תעשית החלל האמריקאית הן כ-30 מיליארד \$ (המגזר החללי) מהם רק כ-700 מליון \$ ליצוא ואילו מכירות תעשית החלל האירופית הן כ-4 מיליארד \$ והמון כ-600 מיליון \$ ליצוא. עיקר המכירות של תעשית החלל האמריקאית הן לשוק הצבאי והממשלתי האמריקאי וגם לשוק האזרחי הפנימי המפותח.

סין תמשיך בעתיד את תוכנית המשגרים שלה בשאיפה להכנס לשוק השיגורים המסחרי ותמשיך בתוכניותיה בנושאי תקשורת, ניווט, וחישה מרחוק.

הודו מפעילה כיום מספר תוכניות עצמאיות בנושאי תקשורת, חישה מרחוק וצילום ומשגרים וכן מו"פ חלל בהיקף גדול. תעשית החלל ההודית עדיין איננה פעילה בשוקי החלל המסחריים העולמיים.

יפן משקיעה את החלק הגדול ביותר מתקציבה בהשוואה לשאר המדינות בנושא ישומי חלל מסחריים (כ-17%). ליפן פרויקטים בכל תחומי פעילות החלל והיא שותפה בתחנת החלל הבינלאומית. בשוק הלווינים אין התעשייה היפנית משחקת תפקיד כיצרנית לווינים אלא כספקית רכיבים.

## פרק 5 - שווקי החלל העולמיים

### 5.1 - כללי

את שווקי החלל ניתן לאפיין לפי הישומים, לפי המרכיבים ולפי הצרכנים. ישומי החלל הינם:

- תקשורת

- צילום

- חישה אחרת

- מדע

- מיקום

- מזג אוויר

כל הישומים שנמנו לעיל מופעלים כיום אולם שוק מסחרי פעיל, כלומר שוק של מכירת שרותים לציבור הרחב כאשר מערכת השיקולים היא ברובה כלכלית ותוך תחרות עולמית (חופשית, במידה רבה), קיים כיום רק בתחום התקשורת. בתחום הצילום והחישה האחרת קיים שוק מסחרי למחצה כאשר יש מכירת שרותים לציבור אולם התחום נתמך באופן משמעותי ע"י ממשלות.

כאמור, ניתן לחלק את שווקי החלל גם עפ"י מרכיבים כאשר הכוונה הינה למוצרי החלל הנמכרים חלקם מוצרים פיסיים וחלקם שרותים:

- לווניים

- משגרים

- מכלולים

- שרותים

- ציוד קרקע

- ידע וטכנולוגיה

חלוקה שלישית אפשרית של שווקי החלל היא לפי צרכני השווקים שהם בעיקרם צרכנים ממשלתיים או אזרחיים.

בפרק זה נסקור את שווקי החלל לפי הישומים השונים כאשר עבור כל ישום נתייחס למרכיבי החלל בהרחבה (הרכיבים המצויים בחלל) ובמידה מצומצמת יותר לשוק השרותים וציוד הקרקע. מטרתנו היא לתת ריכוז של הנתונים המעודכנים ביותר

שהיה באפשרותנו לאתר לגבי מאפיינים, התפתחות ומגמות עתידיות של השווקים באופן מוכוון להשפעות האפשריות על תעשית החלל הישראלית.

התפתחות כל שוקי החלל מותנה באופן רב ביכולת להוריד את מחירה של משימת חלל. להבנתנו מורכבת עלות משימת חלל מחמישה מרכיבים: מחיר הלוויין (BUS), מחיר המטעד, מחיר השיגור, מחיר הביטוח ומחיר התפעול. פריצות הדרך הנדרשות לצורך הורדת מחיר המשימה הן:

- משגרים - מגוון רחב יותר של משגרים אמינים, והתאמת משגרים לשיגור רב לווני יאפשר אופטימיזציה של המשימה.
- תקשורת - המזעור מוגבל ע"י צריכת הספק, נפח המטעד וגודל האנטנות. המפתח להקטנת צריכת ההספק, עבור נפח תקשורת נתון הוא שיפור מאזן התקשורת באמצעות: שיפור האפנון ורגישות הקליטה, שיפור שיטות ורכיבי שידור ועלית נצילות המשדר.
- מטעדים אופטיים - הרזולוציה מוכתבת ע"י גודל המפתח האופטי וגודל הגלאים ורגישותם. טכנולוגית הגלאים מתפתחת בהתמדה. משקל וצריכת ההספק של המטעד מוכתבים ע"י אלקטרוניקת עיבוד האותות, דחיסתם ושידורם.
- משימות פסיביות לחישה מרחוק - חישה מרחוק בתחום גלי רדיו משמשת בעיקר במשימות מחקר ומשימות ניטור כיום (SAR, רדיומטריה ועוד). בתחום זה יתכנו מערכות חדשניות שיהנו ממזעור ניכר בהשוואה לאלו שבשימוש כיום.
- תחכום הלוויין - באמצעות הוספת חיישנים, כושר חישוב ותקשורת והפיכתו לאוטונומי יותר.

## 5.2 - שוק התקשורת הלווינית

שוק לוויני התקשורת הוא השוק החללי הגדול, המסחרי, המגוון והמפותח מבין המגזרים השונים של הפעילות המסחרית בחלל. אנליסטים מחברת Bear, Stearns & Co צופים כי מהיקף של כ-9 מיליארד \$ כיום יצמח ההכנסות השנתיות משרותי לוויין לכ-29 מיליארד \$ עד לשנת 2000.

עקב ההשקעה הראשונית הגדולה הכרוכה בכניסה לשוק ראשיתו של שוק זה היתה בתאגידים בינלאומיים בהם חברות מדינות אשר איפשרו את גיוס המימון ואת הסדרי הרישוי. התאגידים הגדולים ביותר התחום זה הם Intelsat, Inmarsat, Eutelsat אולם עם התפתחות הכלכלה העולמית וקצב גידול השוק עובר השוק בהדרגה למגרשם של תאגידי ענק רב-לאומיים פרטיים.

פילוח שוק לוויני התקשורת הוא היררכי. הישומים (עורקי טלפוניה, עורקי מידע, טלויזיה, תקשורת אישית, פרצי מידע וכד') מכתיבים את הפתרונות (Big LEO, GEO, Little LEO) ואת המימון (אירגונים בינ"ל, מדנות בודדות, חברות). אח"כ באים פילוח השוק (מקומי ובינ"ל) ופילוח הפתרונות השונים.

הניתוח שנערך בפרק זה, של שוק התקשורת הלווינית, מכוון לתת סקירה כללית של מגמות השוק, התפתחות עתידיות צפויות וקשיים העומדים בפני המשתתפים בשוק. ההתייחסות הינה אך ורק למגזר החללי של השוק עם התייחסות מינימלית לתחום מכירת השרותים ולמגזר הקרקעי.

עד לסוף שנות ה-80 התמקדה עיקר הפעילות בשוק התקשורת הלווינית בעורקי טלפוניה, נתונים וטלויזיה. בסוף שנות ה-80 החל השוק להתפרס לתחומים נוספים:

- תקשורת ניידת, בעיקר לאוניות (Inmarsat).
  - VSAT לרשתות אישיות, לנתונים ודיבור.
  - תקשורת ניידת, בעיקר לציי משאיות.
  - שידורי טלויזיה לציבור (DBS).
- במהלך שנות ה-90 חלה בשוק התפרסות לתחומים נוספים:

• תקשורת ניידת - הרחבת תחום L. ל-Inmarsat נוספת תחרות בארה"ב וקנדה (Msat), באוסטרליה (Ausat) וביפן. השוק עדיין מוגבל בגודלו ומתמקד בעיקר בשרות לכלי רכב עקב הציוד המסורבל ומחירו הגבוה של השרות.



• תקשורת ניידת אישית - תקשורת טלפוניה סלולרית. בתחום זה מתפתחות שתי מגמות:

- לויני LEO - רשת לוינים בעלי כיסוי חופף על פני כל כדור הארץ או מרביתו (פרט לקטבים) בגובה נמוך.

- לויני GEO - כל לוויין בעל כיסוי אזורי. לצורך יצירת קשר ליחידת מנוי ידנית נדרשות אנטנות גדולות בעלות מפתח של 15-20 מטר, מרובות אלומות (כ-200) על הלוויין ומערכת סינון ומיתוג מורכבות על הלוויין.

העדר זמינות של הטכנולוגיות שנדרשו ללויני ה-GEO היה אחד המניעים להתפתחות תכניות קונסטלציות לויני ה-LEO. כיום לשתי המגמות יש תוכניות בשלבי מימוש. שירות ראשון צפוי להתחיל בשנת 1998.

• תקשורת אישית רחבת סרט - Bandwidth on Demand - שרות ישיר למחשב האישי ולצרכן האישי, החל בקצב מידע נמוך (16 KBPS) וכלה בקצב גבוה (2 MBPS). מרבית התוכניות המוצעות בתחום זה הן של לויני GEO ותוכנית אחת, Teledesic, בנויה על 840 לויני LEO. תוכניות אלו מחייבות עדיין פיתוחים טכנולוגיים בתחום מטעדי הלווינים, אנטנות הלווינים ותחנות הקרקע. כמו כן נדרשות הקצאות תדרים מתאימות. תחומי התדר המבוקשים לשותים אלו הם באזור 20, 30, 40 GHz (תחום Ka).

הגורמים, אשר צפוי כי ידרבנו התפתחות מהירה של שוק התקשורת הלווינית בעשור הקרוב ולאחריו הם:

⊖ התפתחויות טכנולוגיות הן בתחום הלווינות (בעיקר במגזר הצבאי) והן בתחום התקשורת.

⊖ התפתחות אדירה של שוק התקשורת.

⊖ ליברליזציה של ענף התקשורת, אשר החלה בשנות ה-80. הנדבך האחרון בתהליך זה ארע לאחרונה עת שכל המדינות החברות בארגון הסחר העולמי (World Trade Organization - WTO) הסכימו על הסרת הפיקוח הנושאי התקשורת, כולל תקשורת לווינית החל בשנת 2001. ישראל חתומה גם היא על הסכם זה.

### 5.2.1 תקשורת לווינית קבועה

שוק זה כולל לויני GEO ומורכב כיום בעיקר משלושה שימושים. בהרבה מהלווינים יש עירוב של שרותים:

א. תקשורת ארוכת טווח מנקודה לנקודה - בעיקר תקשורת עורקי טלפון. תחום זה נמצא בירידה כתוצאה מהמעבר לשימוש בסיבים אופטיים למרות שמבחינת עלות שרות זה זול יותר באמצעות לוויין. יתרונות

השימוש בתשתית קרקעית של סיבים אופטיים עולים במקרה זה על היתרונות בשימוש בלוויין.

ב. שידורים לציבור - בעיקר TV. שוק זה יציב ומתפתח. לחברות הגדולות בתחום זה יש נטיה להשתמש בלוויינים גדולים ולהעביר באמצעותם מספר רב של תחנות טלויזיה. דבר זה מאלץ לעיתים מדינות קטנות לשגר לוויינים משל עצמן אשר ישדרו אך ורק שידורים מקומיים בשליטת הממשלה. לוויינים אלו הם בדרך כלל קטנים יותר.

ג. VSAT - Very Small Aperture Terminal - תחום זה גדל באופן חד עקב שיפור בטכנולוגית תחנות הקרקע אשר הוזלו משמעותית. שוק זה בנוי בעיקר לרשתות פרטיות ומיועד לדיבור, למידע וללימוד מרחוק.

ד. DBS - "ישיר לבית" - תחום זה מצטייר כאחד המבטיחים בשנים הקרובות. שידור טלויזיה באמצעות לוויינים אלו פונים בעיקר לצרכנים אשר רשתות הכבלים לא מגיעות אליהם (מדינות בהן אין רשתות כבלים מפותחות, ישובים מרוחקים, חוות מבודדות וכו'). בסוף 95 הגיע התחום ללמעלה משני מיליון מנויים בארה"ב. קצב הגידול המהיר בכמות המנויים הגדיל כמצופה את כמות המתחרים בשוק. בסוף 95 נכנסה לתחום חברת Echostar והצטרפה ל-DirectTV ו-U.S. Satellite Broadcasting. בנוסף חיכו לאישור ה-FCC בתחילת 96 עוד 6 חברות לקבלת אישור והקצאת תדרים. תחזיות השוק מדברות על כ-30 מיליון מנויים בכל רחבי העולם לשידורי DBS והכנסות שיגיעו לכ-12 מיליארד \$ עד לשנת 2002.

## 5.2.2 תקשורת לוויינית ניידת

### 5.2.2.1 תקשורת אישית ניידת

שוק התקשורת הניידת בארה"ב ובאירופה צמח בשנים האחרונות בשיעורים של כ-40% וביתר העולם אף בשיעורים גבוהים יותר. שוק התקשורת הסלולרית נאמד באמצע 1996 בכ-125 מיליון מנויים והתחזית היא שעד שנת 2000 יגיע המספר לכ-300 מיליון מנויים בכל רחבי העולם.

הרשתות הסלולריות בארה"ב מכסות כ-90% מהאוכלוסייה אולם רק כחמישית משטח המדינה וכל זאת בעלות שירות של בין \$0.9-\$0.1 לדקת שיחה ומחירי מכשירים בטווח של \$200-\$1000.

כיום התפתחו שני סוגי פתרונות טכניים. האחד מספק פתרון מקומי באמצעות לווייני GEO והשני מספק פתרון גלובלי באמצעות קונסטלציות של לווייני LEO. קונסטלציות לווייני LEO הוצעו בראשית שנות ה-90 כיוון שבאותה עת נדרשו מספר פריצות דרך טכנולוגיות שיאפשרו לוויינים גדולים הנושאים אנטנות רב-אלומתיות עם מפתח של 15 עד 20 מ' ויוצרות עד 200 אלומות וכן מערך סינון

ומיתוג מורכב. כיום צפויה הופעתן של מערכות משני הסוגים. התחרות בינהן תתברר רק תוך כדי השרות בעשור הראשון של המאה הבאה.

תוכניות GEO לשרותי תקשורת אישית ניידת המוצעות כיום הן :

- ACES - לוויין אינדונסי צפוי להכנס לשרות ב-1998.
- AMPT - לוויין אסיאתי צפוי להכנס לשרות ב-1998.
- PCSAT ו- CELSAT - לוויינים אמריקאים אשר מתוכננים להכנס לשרות אחרי 1998 אולם טרם ניתן להם רישוי.

מערכות ה-LEO הן הנושא החם כיום בתחום התקשורת הלוויינים. ככלל מדובר בכמה עשרות לווייני Big LEO's שיהיו פרוסים במסלולים שיתנו כיסוי של 24 שעות של שטח נתון. השרות יאפשר למנוי לערוך שיחות טלפון באמצעות מכשיר דומה בגודלו למכשיר סלולרי רגיל מכל מקום על פני כדור"א לכל מקום וכל זאת בעלות מתוכננת של \$0.5 - \$3 לדקה ומחיר המכשירים 750 - \$3,000.

יזמי תוכניות התקשורת האישית הניידת מתכוונים לתת שרות לשלושה סוגי לקוחות(עפ"י סדר החשיבות):

- אזורים דלילים באוכלוסייה במדינות מפותחות שאין בהם שרות סלולרי כדוגמת מרכז ארה"ב - יהווה כ-45% מהשוק.
- מדינות בעלות תשתית תקשורת קרקעית לא מפותחת כגון הודו, סין ורוסיה אשר הפיתוח הכלכלי בהן גרם ל"יסתימה" של רשתות הטלפון והרשתות הלווייניות יספקו שרות חלופי - יהווה כ-40% מהשוק.
- מנהלים אשר מבליים זמן רב בנסיעות ברחבי העולם וזקוקים למכשיר טלפון יחיד אשר יספק להם שרות בכל נקודה על הגלובוס - יהווה כ-15% מהשוק.

מאפייניו המיוחדים של שוק זה הם :

- צורך בהקצאת תדירים בינ"ל כלל עולמית. רשיונות כאלה הם בעלי ערך כלכלי עצום, ומהווים לפיכך גורם ראשון במעלה בגיבוש פרויקטים כאלה.
- היקף ההשקעה בפל תוכנית הוא גדול מאוד - כ- 5 - 2 מיליארד \$ ויותר.
- היקף ההשקעה האדיר והרצון בהחזר השקעה מהיר ככל האפשר מתייבים ליצור את השוק עוד לפני תחילת השירות ע"י פריסה רחבה ככל האפשר של נותני שירות עוד לפני תחילת השיגורים.

• על אף הסיכון הטכנולוגי שבתוכניות אלה, אין הטכנולוגיה הגורם המוביל בהן. קיים היצע טכנולוגי והיזם יכול לפנות ליותר ממקור טכנולוגי אחד לצורך מימוש התוכנית.

התוכניות הגדולות בתחום זה הן Iridium, GlobalStar, ICO ו-Odyssey. תוכנית Iridium מתכננת לפרוס רשת של 66 לווינים בגובה 780 ק"מ, אשר יספקו שרותי טלפון, פקס, paging והעברת מידע, על פני כל כדור"א. יוזמת הפרויקט היא חברת מוטורולה ובשנת 94 היו שותפים בה עוד כ-27 משקיעים מ-11 מדינות. עלותו המתוכננת של הפרויקט היא כ-4.6 מיליארד \$ והשרות מתוכנן להתחיל ב-98. חברת Iridium חוזה 1.8 מיליון מנויים לשרותיה תוך 5 שנים מהפעלת הרשת.

לצורך פריסת רשת הלווינים חתמה חברת Iridium על חוזה עם לוקהיד מרטין לייצור 125 לווינים מהם יהיו 66 בחלל והיתר יחליפו בבוא העת את הלווינים שיסיימו את חייהם. שיגור הלווינים מתוכנן להתבצע במקבצים: 3 שיגורים של 7 לווינים על משגר פרוטון, והיתר במקבצים של 5 בכל שיגור על משגרי דלתא ולונג-מארץ סיניים. השיגור הראשון היה מתוכנן לחודש ינואר 97 אולם נדחה עקב בעיות במשגר (דלתא 2).

תוכנית GlobalStar מתוכננת לכלול קונסטלציה של 48 לווינים בגובה 1,400 ק"מ אשר יתחילו להיות משוגרים בסוף 97 ויתחילו לספק שירותי טלפון, פקס, paging והעברת מדע בתחילת 98. יוזמו התוכנית הן חברות Loral ו-Qualcomm ושותפות בו חברות אירופאיות כמו Alcatel, Aerospatiale, Alenia Spazio ואחרות. עלותו של הפרויקט תסתכם בכ-2.5 מיליארד \$. נקודת האיזון של הפרויקט תושג ב-800,000 מנויים והחברה צופה כי תגיע ל-5.2 מיליון עד לשנת 2005.

תוכנית ICO של ארגון INMARSAT תורכב מקונסטלציה של 10 לווינים בגובה 10,355 ק"מ ותחילת השרות תהיה בשנת 2000. עלותו של הפרויקט היא כ-3 מיליארד \$.

תוכנית Odyssey של TRW ו-Teleglobe תורכב מ-12 לווינים בגובה 10,354 ק"מ. השיגורים מתוכננים להסתיים עד שנת 2000 ואז גם יחל מתן השרות. עלות הפרויקט היא כ-3 מיליארד \$.

### טבלה 5.1: תוכניות ה- Big LEO's לתקשורת אישית ניידת

Orbiter	Iridium	ICO	Globalstar	
TRW/Teleglobe	Motorola	Inmarsat	Loral/Qualcomm	חברת מייסדות
TRW	Motorola	Hughes	Loral	יצרן הלווינים
(2) 12	(6) 66	(2) 10	(8) 48	מס' לווינים (רזרבה)
MEO	LEO	MEO	LEO	מסלול
10,354	780	10,355	1,400	גובה
15 שנים	5-8 שנים	12 שנים	7.5 שנים	אורך חי הלווין
bent-pipe	on-board	bent-pipe	bent-pipe	עיבוד שיחה
CDMA	F/TDMA	TDMA	CDMA	סוג התקשורת
3 מיליארד \$	4.6 מיליארד \$	3 מיליארד \$	2.5 מיליארד \$	עלות הפרויקט

#### 5.2.2.2 תקשורת אישית רחבת סרט

שוק האינטרנט, תקשורת המחשבים והמולטימדיה יוצרים צורך בתקשורת רחבת סרט (Ka-band) אינטראקטיבית, אשר התשתית עברה עד לבית הצרכן כמעט ואינה קיימת כיום. מספר תוכניות לתקשורת לווינית לאספקת שרות זה נמצאות בשלבי ארגון ורישוי ולפחות אחת נמצאת בשלבי השקה. רמת ההעזה הטכנולוגית בתוכניות אלו היא רבה.

הכוונה בשוק זה היא לספק פתרון לצורך בהעברת נתונים בכמויות גדולות ובמהירויות גבוהות (אותות וידאו ונתונים דיגיטליים). סיבים אופטיים לא יספקו פתרון לתחום זה עוד זמן רב עקב העלות האדירה הכרוכה בחיבור בתי כל הצרכנים לרשת סיבים אופטיים.

התוכניות המוצעות בתחום זה הן של לוויני GEO ותוכנית אחת של לוויני LEO. התוכניות המוצעות מחייבות עדיין פיתוחים טכנולוגיים בתחום מטעדי הלווינים, אנטנות הלווינים ותחנות הקרקע וכן הקצאת תדרים מתאימה. תחומי התדר המבוקשים לשרותים אלו הם באזור 20, 30, ו-40 Ghz, תחום Ka.

ההשקעות הצפויות בתוכניות המוצעות הן גדולות מאוד. ההשקעה המתוכננת בתוכניות ה-GEO היא נמוכה יותר מההשקעה הנדרשת בפרויקט LEO (TELEDESIC).

כאמור, מוצעות כיום מוצעות 14 תוכניות ללווינים אלו 13 מהן באמצעות לוויני ואחת במסלול LEO. פרטי התוכניות הגלובליות שבינהן מוצגים בטבלה 5.2.

### טבלה 5.2: מערכות תקשורת אישית רחבת סרט גלובליות מתוכננות

מס' מערכת	מס' מסלול	מס' לוינים	מס' משיבים	משקל בק"ג	אורך חיים בשנים	עלות הפרויקט מיליארד \$
Astrolink	GEO	9	68	2185	12	4
Cyberstar	GEO	3	54	1900	12	1.05
Galaxy	GEO	20	72	2000	15	5.1
GE star	GEO	9	44	1768	15	4
Morning star	GEO	4	16	1360	12	0.823
Teledesic	LEO	840	64	747	10	9
Voicespan	GEO	12	64 או 32	2200	12	N/A

#### 5.2.2.3 תקשורת לווינית של פרצי מידע

לתקשורת לווינית של פרצי מידע יש ביקוש פוטנציאלי עצום. בפרוטנציאל הביקוש נכללים נתוני בקרה מתחנות לא מאוישות (SCADA- supervisory control and data acquisition), בקרת מוני חשמל וגז, נתוני מיקום כלי רכב, ביצוע טרנזקציות (רכישה בכרטיסי אשראי), ועוד.

שוק זה התפתח רק חלקית מחוסר פתרונות מתאימים בביצועים ובמחיר. רוב השרותים ניתנים כיום ע"י מערכות תקשורת קרקעיות ומיעוטם ע"י לוויני GRO. דוגמא ישראלית לשוק זה היא מערכת השקייה מבוקרת מחשב שפותחה ע"י מוטורולה ישראל ונפוצה בכל העולם.

ליישום לוויני בשוק בשרות זה צפויים יתרונות רבים:

- \* הכיסוי של צבר לוויני LEO הוא גלובלי, לעומת פרישה צפופה של תחנות בסיס קרקעיות.
- \* נפח התקשורת הצפוי קטן בהרבה מזה של תקשורת טלפון אישית ודרישות הגודל, פרישת הלוחות, הסולריים וגודל וסיבוכיות האנטנה קטנים. יש מקום לישום לווינים קטנים ומיקרולווינים.
- \* מרבית היישומים אינם מחייבים קישור מיידי, ולכן אפשרית חליפת הלוחין מעל לאזור רק אחת לזמן, ללא רצף, וכן הגבלה של מספר תחנות

הקרקע המרכזות את המידע. זה מאפשר חדירה הדרגתית לשוק ועיבוי המערך עם גידולו.

ההיצע הטכנולוגי של לוויינים קטנים, ופעולת לוויינים בצבר הביא לגיבושן של מספר תכניות, אשר נקראות בשם הכולל Little LEOs. התוכנית המסחרית היחידה שהחלה שרות היא Orbcomm של חברת Orbital Sciences. תכנית זו בנויה על צבר של 48 לוויינים במסלול LEO בעלי חפיפה הדדית. 2 לוויינים שוגרו ב-1995 והמשך השיגורים נדחה בינתיים עקב עיכובים בתוכנית. בתוכנית זו קיים מרכיב ישראלי: תחנות הצרכן הניידות פותחו ע"י 3 יצרנים, פנסויק, TOREY ואלישרא. חוזי האספקה הוקפאו כאמור.

תוכניות נוספות שביקשו רישוי מה-FCC האמריקאי הן Starnet של חברת Starsys, LEO ONE, E-SAT ו-CTA. כמו כן ידוע על תוכניות בשלב עיוני - GONET (יפן) וכן תוכניות אירופיות ורוסיות.

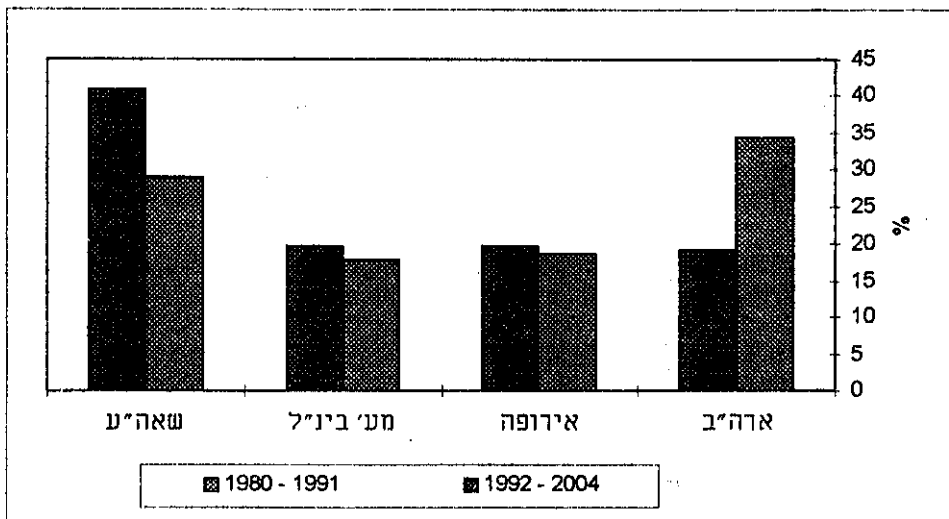
המגבלה העיקרית בתחום זה היא בנושא הקצאת התדרים הבינלאומית. ההקצאה הבינ"ל מצומצמת מאוד כיום, ומגבילה את נפח התקשורת ואת מספר השרותים המתחרים. נתון זה צפוי להשתנות עם התפתחות השוק.

### 5.2.3 התחרות בשוק התקשורת הלווינית

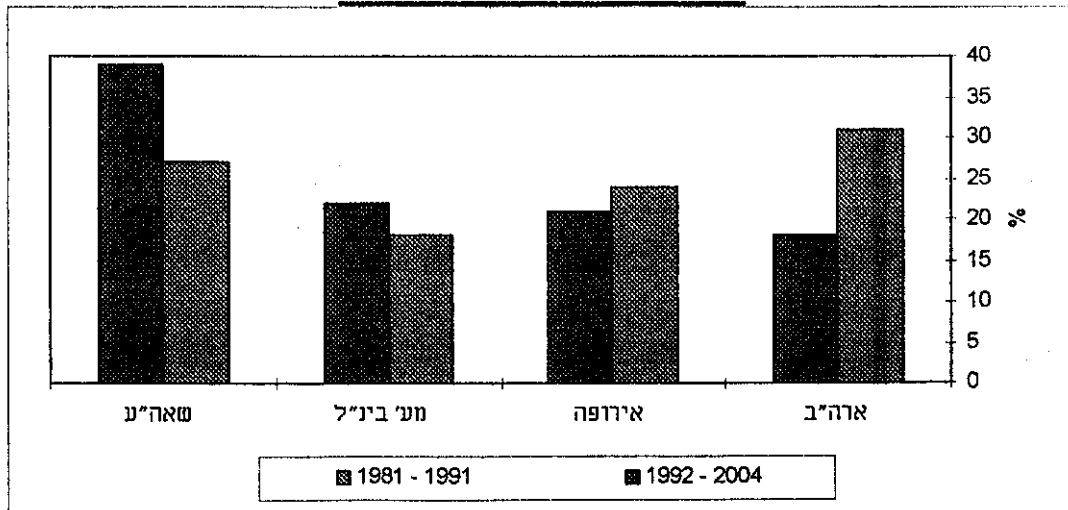
שוק התקשורת הלווינית העולמי עוצב בעיקר ע"י Intelsat ובמידה פחותה יותר ע"י מערכות התקשורת הלוויניות הצבאיות. מאז תחילת עידן התקשורת הלווינית חלה עליה מתמדת במשקל הלוויינים, בהספקם, באורך החיים שלהם ובנפח התקשורת שהם מסוגלים להעביר. תעשית לוויני התקשורת ניצלה באופן זה את מלוא היכולת של המשגרים הקיימים.

ההתפלגות הגיאוגרפית של כמויות הלוויינים, עפ"י המזמין, צפויה להשתנות עד לתחילת המאה כאשר כובד המשקל יעבור מארה"ב למדינות אסיה והפסיפיק. השוואת ההתפלגות הגיאוגרפית במונחי כמות לוויינים ובמונחי שווי מוצגת בדיאגרמות 5.1 ו-5.2.

**דיאגרמה 5.1 : מספר לוייני התקשורת בתקופות 1980 - 1991  
מול 1992 - 2004 - לפי מדינות**



**דיאגרמה 5.2 : ערך לוייני התקשורת בתקופות 1980 - 1991  
מול 1992 - 2004 - לפי מדינות**



פוטנציאל מכירות שוק לוייני ה-GEO בשנים 1992 - 2004 מוערך בכ-16 מיליארד \$ לשיגור של כ-178 לויינים (לא כולל לויינים רוסיים ולוייני תקשורת של סוכנויות חלל) עם אורך חיים ממוצע של 13 שנים וזאת לעומת מכירות של 8 מיליארד \$



בשנים 80-91 עבור 128 לווניים עם אורך חיים ממוצע של 11 שנים ומכירות של 2.2 מיליארד \$, בשנים 72 - 79 עבור 37 לווניים עם אורך חיים ממוצע של 8 שנים.

עיקר הביקוש ללוויי תקשורת יסופק ע"י חברות אמריקאיות עם השתתפות של חברות אירופאיות. החברות האמריקאיות הן הדומיננטיות בשוק יצור הלוויניים עם נתח של כ-72% מערך החוזים לשיגור לווניים בשנים 90-99 לעומת כ-25% לחברות אירופאיות ועוד כ-3% בהם מתחלקות קנדה, יפן וישראל.

הגורם שהפך את האמריקאים לדומיננטיים בשוק הוא התמיכה הממשלתית בדרך של אספקת חוזים צבאיים שהיוו תמיד כרית בטחון ליצרנים אלו וכן חוזים גדולים של נאסא. אולם התמיכה של הממשל הפדרלי הולכת ופוחתת ככל שהוצאה הבטחונית יורדת.

צבר ההזמנות הבטחוניות שהיה בידי היצרנים האמריקאיים איפשר להם להתחרות בשוק בצורה שהקשתה על החברות האירופאיות להתחרות בו בהצלחה. החברות האמריקאיות הרשו לעצמן לקחת סיכונים שהאירופאים לא הרשו לעצמם כגון היכולת לספק לוויין ישירות למסלול (לקיחת סיכון השיגור על עצמן), מתן אשראי ספקים ללקוחותיהן והסכמי אופסט לרכישות גומלין.

גישתם של היצרנים האירופאים לשוק הבינ"ל הושפעה לא רק ב"אשמת" האמריקאים אלא גם ב"אשמת" ליקויים מבניים שהתבטאו במחירים גבוהים ובזמני אספקה ארוכים ורק בהתערבות פוליטית או בהשפעת יתרון טכנולוגית מזדמן נמכרו מערכות אירופאיות בחו"ל. גל של מיזוגים שעבר על התעשייה האירופית בשנות ה-80 כוון להגדיל את המסה הקריטית של חברות אלו בעת תחרות בשווקים הבינלאומיים אולם היתרונות לגודל שהושגו באמצעות המיזוגים קוזזו ע"י תקורות מנופחות ו-overcapacity.

החברות היפניות אינן כוח משמעותי בקבלנים ראשיים של יצור מערכות לוויניות אולם הן מהוות ספקיות עיקריות של מערכות משנה ורכיבים ושולטות בתחום תחנות הקרקע.

### 5.3 שוק המשגרים

תעשית הלוויינים התפתחה בעקבות פיתוח הטילים הבליסטיים, ולאורך השנים הוכתבה במידה רבה ע"י כושר השיגור ומחירו. כל המשגרים הכבדים הקיימים כיום פותחו בראשיתם לצרכים צבאיים והוסבו לתפקיד שיגור לוויינים. זאת למעט אריאן שפותח ע"י ESA והמשגרים שפותחו ע"י יפן למטרות אזרחיות מלכתחילה.

מגמה זו מוסבת בעשור האחרון לפיתוח או הסבה של משגרים למטרות שיגור לווייני ייעודי. עם זאת קיימת עדיין הגמוניה מובהקת של מספר מעצמות המתבססת על הפיתוח הצבאי, ועל האמנה לאי הפצת טכנולוגיית טילים, באמצעותה מוגבלת התפשטות טכנולוגיה זו בעולם. יפן, הודו, ישראל ואוסטרליה ידועות כמי שפרצו מחסום זה אך אין הן תופסות מקום בשוק השיגורים הבינלאומי עדיין. כושר השיגור של ישראל מוגבל למסלול LEO ומוגבל ללוויינים קטנים.

שיגור לוויין נחשב למרכיב עתיר סיכון ולכן פרט למחירו הגבוה, גם מחיר ביטוח השיגור גבוה מאוד. סה"כ עלות השיגור הינה מרכיב כבד בעלות משימת חלל.

כאמור, שוק המשגרים הוא שוק המשרת את תעשית הלוויינים ואשר התפתחותו תלויה באופן צמוד בהתפתחות תעשית הלוויינים. מנגד התפתחות שוק הלוויינים תלויה גם היא במידה רבה בתפתחותם של המשגרים בהיותם גורם משמעותי בסיכון הטמון בפרויקטי חלל הן במובן של הצלחת המשימה (הצלחת השיגור) והן במובן העלות, ככל שתעשית המשגרים תציג משגרים אמניים וזולים יותר תהיה תעשית הלוויינים תחרותית יותר מול שרותים קרקעיים ואחרים.

כיום קיימות בעולם 9 מדינות שלהן יכולת שיגור עצמאית לחלל : ארה"ב, רוסיה, אוקראינה, צרפת, סין, יפן, הודו, ישראל ואוסטרליה. בשנים 1957 - 1994 בוצעו 3,663 שיגורים מוצלחים של מטענים למסלול סביב כדור הארץ. התפלגות השיגורים בין המדינות ניתנת בטבלה 5.3.

### טבלה 5.3: התפלגות השיגורים לחלל בין המדינות המשגרות בשנים 1957 - 1994

מדינה	1957-1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	סה"כ
ברח"מ/CIS	2,107	74	75	59	54	47	48	2,464
ארה"ב	890	18	27	18	28	23	26	1,030
אירופה	34	7	5	8	7	7	6	74
אוסטרליה	1	-	-	-	-	-	-	1
סין	23	-	5	1	4	1	5	39
יפן	36	2	3	2	1	1	2	47
הודו	3	-	-	-	1	-	2	6
ישראל	1	-	1	-	-	-	-	2
<b>סה"כ</b>	<b>3,095</b>	<b>201</b>	<b>116</b>	<b>88</b>	<b>95</b>	<b>79</b>	<b>89</b>	<b>3,663</b>

מקור: Jane's space directory 95-96.

היות והיקף שוק התקשורת הלוויינית צפוי לצמוח בשנים הקרובות, צפויה הצמיחה להשפיע גם על שוק השיגורים. ביחד עם הגידול בהיקף האפליקציות החדשות של לוויינים צפוי לצמוח גם הביקוש לשירותי שיגור.

לקראת סוף 95 ותחילת 96 עוברת תעשיית המשגרים סדרה של שינויים בקצב גובר. משגרים חדשים מתוכננים בהתבסס על חוזי שיגור מסחריים, חברות אמריקאיות יזמו והרחיבו הסכמים שיווק עם יצרני משגרים רוסיים ואוקראיניים, פותחו תוכניות למשגרים לשימוש חוזר ע"י נאסא וארגונים פרטיים, חיל האוויר האמריקאי יזם תוכנית לפיתוח סידרה של משגרים חדשים ונדונים הסכמים בינלאומיים עם סין, רוסיה ואוקראינה לגבי היקף השיגורים ומחרים ע"י מדינות אלו.

בנוסף למגמות השוק הכלליות עובר שוק המשגרים שני שינויים מבניים. הראשון, פרויקטי הלוויינות המתוכננים לשנים הקרובות דורשים הקמת קונסטלציות של לוויינים בחלל. כדי לממש את הפרויקטים הללו ביעילות נדרשת יכולת לשגר מקבצי לוויינים בשיגור יחיד. השינוי השני מוכתב גם הוא ע"י יצרני הלוויינים. יצרני הלוויינים, אשר עומדים בפני תחרות מתגברת, אינם מוכנים לסבול עיכובים בשיגור שנובעים מדחית שיגור בעקבות כשלון שיגור ולכן מתקשרים עם מספר יצרני משגרים במקביל כדי להקטין סיכון זה.

#### 5.3.1 שוק שיגורים למסלול GEO

ניתן למנות 4 גורמים עיקריים אשר יקבעו את הביקוש העתידי לשיגורים למסלולי GEO עד תחילת המאה הבאה:

א. טכנולוגית הלווינים - הקטינה את הביקוש לשיגורים בשנים האחרונות. הטכנולוגיה הקיימת בתחום המשגרים מאפשרת לגודל הלווינים וקיבולתם לגדול בהתמדה. משקל לוויני התקשורת גדל מממוצע של 750 ק"ג בשנות ה-70 לכ-1,800 ק"ג ב-1990 וצפוי לגדול אל מעבר ל-2,000 ק"ג עד לשנת 2000. הגידול בלווינים ביחד עם הטכנולוגיות הקיימות מביאות לכך שנדרשים מספר קטן יותר של לווינים כדי לטפל בכמות התקשורת הקיימת בהתחשב ביעילותם העולה של הלווינים.

ב. אורך חיי הלווינים - שיפור באמינות הלווינים ביחד עם שיפור הדיוק של המשגרים הביאו לכך שאורך החיים הממוצע של הלווינים יהיה 14-16 שנים עד לתחילת המאה הבאה גורם זה מביא להקטנת הביקוש לשיגורים.

ג. שיגור צברי לווינים - קיומם של משגרים חזקים וצבר הזמנות גדול הביא לפיתוח היכולת לשיגור מספר לווינים ביחד.

ד. גיבוי יכולת שיגור - מספר גדול והולך של מפעילי ורוכשי לווינים מציבים דרישה לקיומו של משגר גיבוי. דרישה זו מביאה לכך שהלווינים מתוכננים באופן כזה שיתאימו לשיגור ע"י לפחות שני משגרים חליפיים של שני ספקי שרותי שיגור שונים.

תחזית שבוצעה ב-1994 להיקף השיגורים למסלול GEO עד לשנת 2004 מצביעה על 184 שיגורים של לוויני תקשורת אזרחיים בעלות של כ-12 מיליארד \$ עוד 33 לוויני תקשורת צבאיים ו-14 לווינים מטאורולוגיים בעלות של כ-3.5 מיליארד \$. סה"כ היקף הפעילות בתחום ה-GEO הצפוי לשנים 1994-2004 הוא כ-15.5 מיליארד \$ וכ-230 שיגורים.

### 5.3.2 שוק השיגורים למסלול LEO

עד לכניסת תאגידי לוויני התקשורת החדשים כמו Iridium ו-Globalstar היתה עיקר הפעילות בשוק זה פעילות של ממשלות והיא התפרסה על מספר קטן יחסית של לווינים. כמות השיגורים למסלולי LEO הסתכמה, עד 1994, בכ-10 שיגורים לשנה מהם כ-5 לוויני מטאורולוגיה וחישה וצילום לשנה.

שוק התקשורת הלווינית האישית הניידת צפוי להזרים דם חדש לשוק זה ולגרום ליצרני משגרים להכנס לתוכניות פיתוח אשר יניבו משגרים קטנים-בינוניים למסלולי LEO. אולם מפעילי שרותי התקשורת האישית טוענים כי לצורך הצבת קוסטלציות הלווינים שלהם ישתמשו במשגרים גדולים, אשר יציבו

מקבצי לווינים בכל שיגור. משגרי לווינים קטנים ישמשו בעיקר להחלפת לווינים כחלק מהקונסטלציה.

ב-10 השנים שבין 94 ל-2004 צפויים כ-30 שיגורים לשנה בממוצע למסלולי LEO באמצעות משגרים יעודיים, מהם כ-27 שיגורים של ממשלות והיתר שיגורים מסחריים. בנוסף צפויים כ-150 שיגורים של לווינים קטנים על גבי משגרים גדולים בעלי יכולת GEO ויכולת לשיגורי Cluster.

### 5.3.3 מצאי המשגרים בעולם

#### משגרים גדולים

מרבית המשגרים הגדולים הקיימים פותחו בעבר כי לתת מענה לדרישות צבאיות לשיגור לווינים גדולים וכיום הם מהווים גורם חשוב בהתפתחות שוק לוויני התקשורת כאשר תעשית הלווינים ממצה את יכולת השיגור כדי להכניס למסלול לווינים אשר נושאים כמות משיבים גדולה יותר מבעבר ומשקל לוויני התקשורת עולה בהתמדה לאורך השנים, מגמה אשר נוגדת לכאורה את התפתחות הטכנולוגיה אשר מאפשרת מזעור של רכיבים.

בשנים הקרובות צפוי כי המשגרים הגדולים ימשיכו לשמש ככלי לשיגור לווינים גדולים וכן יתחילו בשיגור של קונסטלציות הלווינים הגדולות - Teledesic, Globalstar, Iridium ואחרים.

תחזית שבוצעה לגבי שיגורי לווינים גדולים (מעל 3000 ק"ג) אינה מציגה תמונה חד משמעית לגבי מגמות צפויות לעתיד מבחינת כמויות השיגורים של לווינים אלו.

**טבלה 5.4 : מצאי משגרים גדולים פעילים בעולם**

הערות	מחיר שיגור (\$/מ') (במ')	GEO	LEO	יצרן	משגר
-AR40 AR44I	65-115	4200	9600	Arianspace	אריאן 4
	70-115	3490	8390	Lockheed Martin	אטלס-I
	50	1820	5045	MD	דלתא II
	160	4000	10500	יפן	H - 2
E-1 C	20-40	3370	9200	סין	CZ - 2
	33	1500	5050	סין	CZ - 3
		1100	4000	סין	CZ - 4
משווק ע"י ILS	65	5500	20000	רוסיה	פרוטון
	+300	8620	21640	---	טיטאן IV
	65	4300	13740	אוקראינה	זניט

הדבר המעיד אולי יותר מכל על ההתפתחות העתידית של שוק המשגרים הגדולים הם פרויקטי הפיתוח והתוכניות המתקיימות במדינות שונות.

השפעה גדולה שצפויה בשנים הקרובות על שוק המשגרים הגדולים היא כניסה לשוק של משגרים מרוסיה, אוקראינה וסין. במטרה להגן על תעשיית המשגרים האמריקאית, הממשל האמריקאי הגיע להסכמים עם מדינות אלו מתוך כוונה להתיר כמות מוגבלת של שיגורי לווינים אמריקאיים באמצעותם ותוך קביעה של מחירים שלא יהיו זולים מדי בהשוואה למחירי המשגרים האמריקאיים. ההסכם עם סין שנחתם ב-95 מאפשר לסין 15 שיגורים למסלולי GEO עד לשנת 2001 במחירים שלא יהיו נמוכים ביותר מ-15% ממחירי שיגורים במערב.

ההסכם עם רוסיה הוא בתנאים דומים להסכם של סין. ההסכם עם אוקראינה מאפשר לבצע 16 שיגורים למסלולי GEO. חברות אמריקאיות כבר הגיעו להסכמי שיתוף פעולה עם יצרנים רוסיים ואוקראיניים כדוגמת חברת ILS המשווקת את משגרי פרוטון כשת"פ בין Lockheed Martin ו-Krunichev וכדוגמת Sea Launch המשותפת לחברת Boeing ו-NPO מאוקראינה לשיווק משגרי זניט.

בחודש פברואר 97 פורסמה במגזין Satellite News ידיעה לפיה לאור לחץ מצד יצרני הלווינים האמריקאים, אשר המגבלה על כמות השיגורים באמצעות משגרים זולים מעמידה אותם בבעיה מול יצרני לווינים ממדינות אחרות, יוסרו

מכסות השיגורים באופו הדרגתי ויותר לסינים, לרוסים ולאוקראינים להתחרות באופן חופשי בשוק השיגורים האמריקאי.

תוכניות הפיתוח העיקריות בעולם לטווח הקצר - בינוני כוללות את :

א. Delta 3 - מתוכנן ע"י מקדונל - דאגלאס, אשר כבר מכרה מספר משגרים לחברת יוז, לשאת מטען במשקל של 3818 ק"ג למסלול GEO והשיגור הראשון צפוי לשנת 1998.

ב. Sea Launch - מיזם משותף המובל ע"י בואינג לשיגור באמצעות משגרי זניט 2 אוקראיניים מעל אסדת קידוח אשר תוצג בקרבת קו המשווה האוקיאנוס השקט. בידי החברה מספר הזמנות והשיגור הראשון מתוכנן ל-1998.

ג. Atlas 2AR - משגר אשר הוחל בפיתוחו ב-1995 על בסיס משגר Atlas 2 במטרה להוזיל את עלות יצורו ב-25% והעלאת משקל המטען שישא ב-4%. המשגר מתוכנן לשאת משקל של 3,820 ק"ג למסלול GEO. שיגור ראשון צפוי לשנת 1998.

ד. EELV - פרויקט שיזם משרד ההגנה האמריקאי לפיתוח משפחת משגרים כבדים ובינוניים ע"י עדכון של משגרים קיימים. החברות המשתתפות בפרויקט מתוכנן תבחר חברה אחת אשר תזכה בחוזה בסך 1.5 מיליארד \$ הן : בואינג, לוקהיד-מרטין, מקדונל-דאגלאס ואח'.

ה. Ariane-5 - מפותח ע"י אריאנספייס בראיה שיזכה בנתח של 60% משוק השיגורים המסחריים. המשגר מתוכנן להחליף בהדרגה את Ariane-4 עד לשנת 2000. המשגר אמור לשאת משקל הגדול ב-30% מהמשקל שנושא אריאן-4 ועלות יצורו תהיה נמוכה בכ-10%. השיגור הראשון של הטיל נכשל, שיגור נוסף מתוכנן לחודש אפריל 97. כשלון השיגור השני לא יפיל את תוכנית ארין אולם יגרום לקשיים תקציביים בתוכנית.

ו. H-II - המשגר היפני אשר עובר שינויים במטרה להפכו לתחרותי יותר בשוק השיגורים המסחריים. המשגר מוגבל עקב מחיר יקר והסכס עם איגוד הדייגים המגביל את שיגורו לפעמיים בשנה בלבד. השאיפה היא להוזיל את מחיר המשגר בכ-50%.

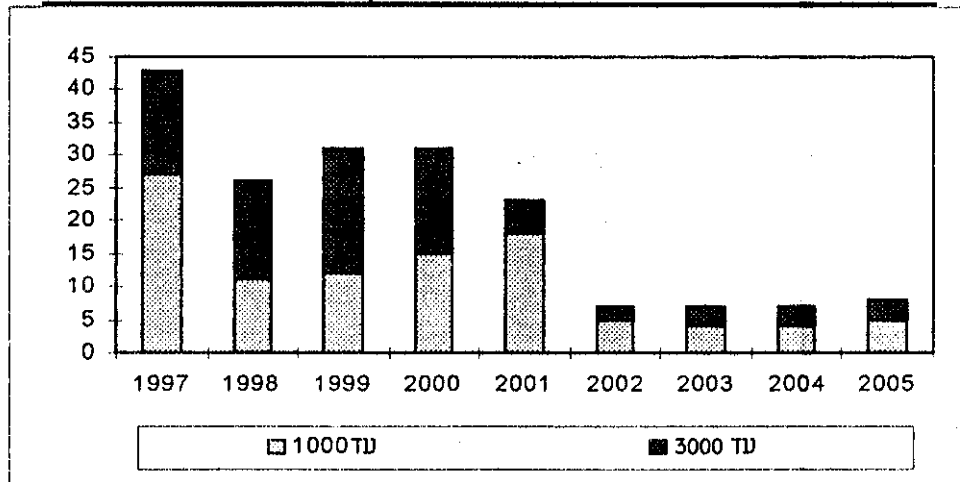
### משגרים קטנים

שוק המשגרים חווה בשנים האחרונות פריחה מסוימת אשר מתבטאת במספר גדול יחסית של תוכניות פיתוח של משגרים קטנים וכן בהתאגדויות בינלאומיות לשיווק משגרים קטנים קיימים.

בבסיס ההתעוררות בשוק זה עומדת ההנחה שהצבת קונסטלציות לוויני ה-Big Leo's וה-Little Leo's תעשה אומנם באמצעות משגרים גדולים ובינוניים אולם לצורך החלפת לווינים ידרשו משגרים קטנים וזולים יותר. תחזיות שיגורים של לווינים קטנים צופה כי בשנים 1997-2005 ישוגרו 183 לווינים במשקל של עד

3000 ק"ג מהם 101 במשקל של עד 1000 ק"ג, דהיינו ממוצע של כ-20 לוינים לשנה. התפלגות שיגורי הלווינים הצפויים מפורטת בדיאגרמה 5.3.

**דיאגרמה 5.3 : תחזית שיגורי הלווינים הקטנים לשנים 1997-2005**



מקור: Space News

הירידה המוצגת בהיקף השיגורים לאחר 2001 נובעת להערכתנו משילוב של חוסר בנתונים לגבי תוכניות LEO עתידיות וכן מהעובדה שתוכניות ה-LEO הגדולות מסיימות את שיגוריהן עד שנת 2001.

פרוט המשגרים הקטנים המתמודדים על נתח שוק ניתן בטבלה 6.4. מרבית המשגרים המתחרים הינם משגרים חדשים אשר טרם הוכיחו אמינות לאורך זמן. למשגרים הקטנים האמריקאים היתה תקופה קשה במיוחד בשנת 1995 שבה נכשלו שיגורים על גבי שלושה מהמשגרים הקטנים החדשים - פגסוס XL של LMLV, OSC של לוקהיד מרטין וקונסטוגה של EER. שיעור כשלונות השיגור מצביע על הקושי שבנסיון לפתח משגר חדש בתקציב מצומצם ובזמן קצר ככל האפשר כדי להכנס לשוק המסחרי.



**טבלה 5.5: מצאי המשגרים הקטנים**

הערות	מחיר שיגור (במ' \$)	יכולת שיגור למסלול GEO (בק"ג)	יכולת שיגור למסלול LEO (בק"ג)	יצרן	משגר
	43		1909	Lockheed Martin	Titan II
שיגור ראשון ב-95 נכשל	16		800	- "-	LMLV1
			375	OSC	Pegasus
שיגור ראשון ב-95 נכשל	13.5		460	OSC	Pegasus XL
	15		1400	OSC	Taurus
			1400	Polyot (רוסיה)	Cosmos
שיגור ראשון ב-95 נכשל	15.5		658	EER	Conestoga
	20	1000	2800	סין	CZ - 2E
	15-22		300-1000	תע"א	שביט

המכשול הגדול ביותר בפני התפתחות שוק זה הוא המחירים הגבוהים של המשגרים. המחיר הממוצע לשיגור 100 ק"ג על גבי משגר גדול הוא פחות מ-1 מיליון \$ (פחות מ-0.5 מיליון \$ במשגרים הרוסיים והסיניים), בהנחה שמנוצל מלוא כושר הנשיאה שלו, ואילו המחיר הממוצע לשיגור 100 ק"ג על גבי אחד מהמשגרים הקטנים הוא כמעט 2.5 מיליון \$. אי לכך בכל הקשור לקונסטלציות לווייני התקשורת ברורה העדפת החברות לשיגור הלוויינים במקבצים על גבי משגרים גדולים. על פי תחזיות אנליסטים עד שמחיר המשגרים הקטנים לא ירד לרמה של 1-1.5 מיליון \$ ל-100 ק"ג הם לא יהיו תחרותיים.

לסיכום, שוק הלוויינים הוא במובן מסוים צוואר הבקבוק של התפתחות תעשית החלל. המגבלות של קיבולת השיגור, האמינות הנמוכה, והמחיר הגבוה תורמות כולן לייקור של משימת החלל ועצירה של יישומי חלל אפשריים.

מבנה שוק המשגרים הגדולים מוכתב ע"י הגנות של ארה"ב על תעשית המשגרים שלה באמצעות מכסות שיגור והאמנה לאי הפצת טכנולוגית טילים, אולם, צפוי כי לחץ של שוק יצרני לווייני התקשורת האמריקאים יביא להסרת המגבלות ומעבר לשיגור באמצעות המשגרים הרוסיים, הסיניים, והאוקראיניים הזולים והאמיניים. מחירי השיגורים הקיימים כיום במבנה השוק הנוכחי הם 0.5-1 מיליון \$ ל-100 ק"ג.

שוק המשגרים הקטנים נמצא עדיין בתחילת דרכו, קיימות מספר תוכניות לפיתוח של משגרים קטנים (מרביטן אמריקאיות). הרצון לקצר ככל האפשר את משך הפיתוח הביא ככל הנראה לכישלונות השיגורים הראשונים של מרבית המשגרים הקטנים החדשים. משגר ה"שביט" הישראלי מתחרה בשוק זה ויתרונו הוא ביותו בעל רקורד שיגורים מוצלח יותר אולם חסרונו בהיותו משגר לא אמריקאי. כל שוק המשגרים הקטנים לוקה בבעיה של מחירי שיגור יקרים יחסית למחירי המשגרים הגדולים, כ-2.5 מיליון \$ ל-100 ק"ג. עד שלא ירדו מחירי המשגרים לא יתפתח השוק באופן משמעותי.

## 5.4 שוק הצילום מהחלל

צילום מהחלל היא יישום החלל השניה בחשיבותה המסחרית לאחר תקשורת. למרות שישומי חלל לחישה מרחוק קיימים בעולם עשרות שנים לא הפך תחום זה לשוק פעיל ותחרותי בדומה לשוק התקשורת.

יישום זה התפתח לצרכים צבאיים, להשגת מודיעין ("לזויני ריגולי") והיה מסווג לחלוטין עד שנות ה-80. בשנת 1984 נעשה לראשונה שימוש מסחרי בתפוקות לוויין Landsat - לוויין צילום 4 צבעי אמריקאי. לאחר מכן ב-1986 שוגר לוויין ה-Spot הצרפתי, המפיק תמונות בכושר אבחנה של 10 מ' לכל דורש. לאחר התפרקות הגוש הסובייטי נמכרים צילומי לוויין רוסיים ברזולוציה של 1 מ' בשוק החופשי, מתוך ספרות הצילומים של ברה"מ. בשנת 1984 הסיר הממשל האמריקאי מגבלות על מכירת צילומי לוויין ברזולוציה של עד 1 מ' ובכך פתח דרך למרוץ בשוק הצילום האזרחי מהחלל.

מטעדי הצילום מספקים מידע חזותי על פרטי שטח על כדור הארץ. מבנה המטעדים שונה מזה של מצלמות רגילות - לצורך סריקת פס תוך תנועת הלוויין סורקת המצלמה במהירות פסים רוחביים, תוך התקדמות הלוויין. צילום סטריאוסקופי, הדרוש לצורך אבחנת ומיפוי גבהים, מושג ע"י צילום כפול של אותו שטח תוך תנועת הלוויין: פעם אחת בהטיית המצלמה לפניו ופעם אחת לאחור. הטכנולוגיות הכרוכות בצילום זה הן טכנולוגיות ייצוב הלוויין, טכנולוגיות אופטיות, טכנולוגיות של מערכי גלאים רגישים, מערכות חישוב ואלגוריתמים לכיווץ המידע ושידור תפוקת הצילום העצומה.

השיפור המתמיד בביצועי צילומי החלל נגזר מהתפתחויות בכל אחד מהמישורים האמורים. הרזולוציה הגבוהה ביותר מושגת מצילום פנכרומטי - צילום חד צבעי. השימושים הנפוצים בסוג של של תצלומים הם:

- מיפוי - נדרשת רזולוציה של 1-3 מ' וכן יכולת סטריאוסקופית לצרכי מיפוי גבהים.

- תכנון אורבני - רזולוציה גבוהה מאוד 1 מ' וכן מיפוי גבהים סטריאוסקופי.

- צרכי מודיעין - שוק ממשלתי ("חצי צבאי") אשר דורש רזולוציה גבוהה וכן עדכנות גבוהה.

צילומי צבע, בתחום הנראה ובתחום האינפרא אדום, מיועדים ליצירת אבחנה בין עצמים, מערכות חיים וצמחיה על פי תכונות החזרה והפליטה הספקטרליות שלהם וכושר האבחנה הזוויתי שלהם קטן יותר בגלל מגבלת רגישות הגלאים והמערכת האופטית. השימושים הקיימים לצילום רב צבעי הם בעיקר לצרכי

מוצרים ציבוריים, בכדי להפוך את השוק הזה למסחרי נדרש לפתח ישומים מסחריים:

- **חקלאות** - בקרת יבולים, לויסות כמויות השקיה וכד'. ממשלת צרפת מפקחת על סיבסוד החקלאות באמצעות צילומי SPOT.
- **אקולוגיה** - איתור ובקרת זיהומי אויר, יבשה וים. תחום זה צפוי להשאר בשליטה ציבורית גם בעתיד.
- **ניהול נכסי טבע** - שמורות טבע, יערות וכד'. גם תחום זה צפוי להשאר ציבורי בעתיד הנראה לעין.

האלקטרוניקה של עיבוד התמונה ושידורה תופסים נפח וצורכים הספק גדול יותר מזה של המצלמה במטעד הצילום. מזעור מטעדי הצילום מתפתח בד בבד עם התפתחות המזעור של האלקטרוניקה, ותכן מערכות אופטיות לתנאי חלל.

הדור הראשון של הצילום האזרחי מצטיין בכושר אבחנה נמוך - 10 מ' או גרוע מכך. מספר תוכניות צפויות להתחיל שרות ב-1997, ברזולוציה של 1 מ'. אלה עשויות לפתח את שוק הצילום מהחלל למימדים גדולים בהרבה מאלו הנוכחיים.

תחום לוויני הצילום הולך והופך לשוק מסחרי לכל דבר וצפוי לצמוח משמעותית בשנים הקרובות. השוק מונע ע"י שיפור הרזולוציה של צילומי הלוויין ופיתוח תוכנות חדשות וידידותיות למשתמש לפענוח תצלומי לוויין, במהירות ועל גבי מחשבים אישיים, אשר משפרות באופן משמעותי את יכולת המשתמש לנצל את ההיקף העצום של מידע המתקבל מלווינים. בעוד שמכירות לשוק הממשלתי, הצבאי והאזרחי, צפויות להשאר ברמתן הנוכחית המכירות לשימושים מסחריים צפויות לגדול בהיקף ניכר.

סקר שוק שבוצע ע"י איגוד תעשיות האלקטרוניקה בארה"ב ב-1995 אומד את שוק תצלומי הלוויין בשנת 1995 בכ-12 מיליארד \$ וצופה כי יסתכם בכ-18 מיליארד \$ בשנת 2004. למעלה מ-15 לווינים חדשים מתוכננים להיות משוגרים עד לשנת 2000 כדי לענות על הדרישה הגוברת לתצלומי לוויין.

**טבלה מס' 5.6 : פרוט התכניות העיקריות לצילום מהחלל בעולם**

מאיינים	שנת שיגור	סטטוס	מערכת
קיימים מספר לווינים במסלול ברזולוציה פנכרומטית של 10 מ'. בשנים הקרובות ישוגרו לווינים נוספים עם רזולוציה של עד 3 מ'.	1986 (תוכנית מתמשכת)	פעילה - צרפת	SPOT
המערכת מציעה תמונות מולטיספקטרלית ברזולוציה נמוכה (1-4 ק"מ, 8 צבעים) של קרקעית היס.	1993	פעילה	ScaStar
תמונות מולטיספקטרליות ברזולוציה של עד 23 מ' ופנכרומטיות ברזולוציה של 10 מ'.	1995-6	פעילה - הודו	IRC
תספק תמונות מולטיספקטרליות ברזולוציה של 15 מ' ופנכרומטיות ברזולוציה של 3 מ' עם יכולת סטריאוסקופית.		בפיתוח	Worldview Imaging
תספק תמונות פנכרומטיות ברזולוציה של 1 מ' + סטראו.	1997	בפיתוח	Orbimage
תספק תמונות פנכרומטיות ברזולוציה של 1 מ' וב-4 צבעים ברזולוציה של 4 מ' + סטריאו.	1997	בפיתוח	Space Imaging
תספק תמונות פנכרומטיות ברזולוציה של 1 מ'.	1998	בפיתוח	GDE Systems
לא ידועים מאפייני המערכת.		בפיתוח	Motorola
לויין משותף לאלאופ ול-OHB (גרמניה). תספק תמונות ב-12 צבעים ברזולוציה של 5 מ'.		לאחר בדיקת התכנות	DAVID
לויין צילום שיתבסס על "אופק" ויספק תמונות פנכרומטיות ברזולוציה של 1.5 מ'. תע"א/מבת עוסק בגיוס השקעה ושותף אסטרטגי לפרויקט זה.			EROS

מקור : 1996/1997 Unites States space directory.

## 5.5 שוק החישה מרחוק

הצילום בתחום הנראה ובצחום האינפרא אדום, הוא רק אמצעי אחד לחישה מרחוק של כדור הארץ ושל האטמוספירה. אמצעים רבים אחרים משמשים לאבחנה ולמידת פרמטרים שונים הבולטים ביניהם:

- רדיומטריה - זהו איסוף קרינה בתחום גלי הרדיו - בדרך כלל בגלים מילימטריים וסנטימטריים. ה"מצלמה" של הרדיומטר היא אנטנה גדולה. כושר האבחנה של הרדיומטר פחות לאין ערוך מזה של המצלמה האופטית, אך יכולת החדירה שלו דרך העננים הופכת אותו לאמצעי ייחודי לסקר תנועת קרחונים באזורי הקטבים המכוסים תדיר בעננים. מדידה חיונית לחיזוי מזג האוויר ולמטרות דומות. כל המטעדים הרדיומטריים הם צבאיים או בשרות ממשלתי.

- מכ"מ - מתוך סוגי המכ"מ המעניין ביותר הוא SAR - Synthetic Aperture Radar. זהו מכ"מ הסורק את השטח תוך תנועת הלוויין, ומספק תמונת שטח הדומה לתמונה אופטית. תכונותיו משלימות את אלו של הצילום האופטי:

- \* בכושר החדירה דרך העננים. מחצית משטח כדור הארץ מכוסה עננים דרך קבע.

- \* בכושר החדירה דרך תכסית ואף דרך שכבת קרקע או קרח (מכ"מים מיוחדים).

- \* בכושר אבחנה תלת מימדי (גובה).

הלווינים בשרות כיום הם:

- \* ERS - לוויין של ESA. רזולוציה של 30 מ'. תפוקתו מסופקת למדינות אירופה.

- \* GERS - לוויין יפני. רזולוציה שך 30 מ'.

- \* RADARSAT - לוויין קנדי. רזולוציה של 12 מ'.

בשנת 2000 צפויים לוויין EOS של NASA וה- Polar Platform של ESA אשר תכיל גם היא מכ"מ SAR.

מעבורת החלל Endeavor נשאה מכ"מ SAR של NASA בשתי טיסות ויצרה ספרית צילומים שפענוחם טרם מוצה עד היום.

תפוקת ה-SAR לא הגיעה עד היום למיצוי מספק בגלל פיגור בשיטות הפענוח. הפוטנציאל השיווקי ל-SAR גדול, אך זקוק להבשלה.

## 5.6 מיקרולווינים

הכותרת מיקרולווינים מתיחסת ללווינים שמשקלם מתחת ל-100 ק"ג. חלוקה שרירותית זו משמעותית בעיקר לנוכח האפשרות לשגר מיקרולווין כמטען נלווה על משגרים (Piggy Back). מיקרולווינים מאופיינים בדרך כלל בשימוש ברכיבי מדף ולא ברכיבים "מאושרי חלל" שמחירם גבוהה מאוד ובפיתוח מהיר ובחינות חלל אינטגרטיביות ולא מכלוליות.

מאפייני המיקרולווינים שתוארו לעיל הופכים אותם לזולים בסדרי גודל לעומת משימות חלל אחרות אולם מאפיינים את עיקר הפעילות כמחקרית-אוניברסיטאית ולא מסחרית. בפעילות מיקרולווינים מסחרית חלק מהמאפיינים משתנים משמעותית משום שעיקר מרכיבי ההזלה מגבילים את תחום המשימות ומגדילים את הסיכון באופן ניכר:

- שיגור כ"מטען נלווה" מכתוב מועדים, מסלולים ותצורת לוויין - אשר מתאימים להזדמנות אוניברסיטאית אך לא לפעילות מסחרית בהיקף שניב רווחיות. שיגור יעודי של מיקרו לוויין ישלש, ויותר, את מחיר המשימה.
- שימוש ברכיבי מדף מקטין באופן משמעותי את האמינות, אינו קביל בתוכנית עיסוקית, ומאמיר את תעריפי הביטוח.
- מהירות הפיתוח מושגת ע"י ויתור על תהליכי בדיקה שתורמים גם הם להקטנת האמינות.
- למיקרולווינים חסרים מטעדים זעירים שיאפשרו את ניצולו המיטבי של הלוויין. חלק מהמשימות דורש פריצות דרך משמעותיות כדי להשיג מזעור כזה.
- הפוטנציאל הטמון במיקרולווינים אותר ע"י תוכניות וסוכנויות החלל הגדולות וכמעט בכל סוכנות חלל קיימת היום תוכנית מחקרים ופיתוחים למזעור הלווינים והמטעדים. התוכניות הגדולות כיום הן:
- תוכנית SDI ("מלחמת הכוכבים") תוכננה לכלול מיקרולווינים וניתן מימון לתעשיות לפיתוח קונצפטים ומכלולים, אשר חלקם מהיום תשתית לפעילות הקיימת כיום.
- NASA מקיימת כיום את תוכנית הטכנולוגיות "The New Millenium" לפיתוח מכלולים ממוזערים וכן תומך בפעילויות אוניברסיטאית בפיתוח מיקרולווינים ומכלולים ממוזערים, ושיגורם כמטען נלווה במסגרת פעילותה השוטפת.
- NSF מקדיש תקציב מיוחד למחקרים בתחום המיקרולווינים ותומך בפיתוח מיקרולווינים באוניברסיטאות בארה"ב.
- ESA מקיימת תוכנית דומה לשל NASA בשם "Small Mission Opportunity Initiative".

**טבלה 5.7: שיגורי מיקרולווינים עד היום**

שנה	שם	בעלות	שיגור	משקל (ק"ג)	משימה
1981	UoSAT-1	U. Surrey	Thor Delta	52	הוכחה
1982	RS-1	רוסי חובבים	Salyut 7	28	טלמטריה
1982	RS-2	רוסי חובבים	Salyut 7	28	טלמטריה
1983	Rohini D-2	הודי	SLV-3	42	2 מצלמות, משואת רדיו
1983	AMSAT	גרמני חובבים	אריאן 1	40	תקשורת חובבים
1984	UoSAT-2	U. Surrey	Thor Delta	60	תק. S&F, מצ. CCD, משו.
1984	UKS	ארהב/אנג'גר (מ-SST)	דלתה	74	מחקר פלסמה
1984	FO-12	יפני חובבים	H-1	50	תקשורת חובבים
1985	NUSAT 1	אוני. יוטה, ארהב	מעבורת חלל	54	הוכחה
1985	GLOMR	DSI & Rockwell	מעבורת חלל	68	ממסר הודעות
1989	Maggion 2	צ'כיה	Intercosmos		מחקר מגנטו-ויונוספירה
1990	UoSAT-3	אוניב. סריי	מעבורת חלל	46	תק. S&F מסחרי
1990	UoSAT-4	אוניב. סריי		47	מחקר, נכשל אחרי 2 ימים
1990	OSCAR 16	חובבים	אריאן	13.34	תק. S&F
1990	OSCAR 17	חובבים ברזיל	אריאן	12.92	טלמטריה, הודעות קול סינטטי
1990	OSCAR 18	אוניב. יוטה	אריאן	16.03	CCD, S&T, spectro.
1990	OSCAR 19	ארגנטינה	אריאן	13.76	Dig S&T
1990	FO-20	יפן חובבים	H-1		טרנס. אנלוגי
1990	MACSAT		SCOUT	61	מיוצב סחרור
1990	BADR-1	פקיסטן	Long March		מבוסס חשמלית על uosat2
1991	LOSAT X	Ball Aero	דלתה	75	בניה ב 6 חדשים. מצלמה רב ספקטרלית
1991	UoSAT-5	אוניב. סריי	אריאן	48.4	S&T, earth-imaging camera
1991	Tubsat-1		אריאן	36	
1991	Orbcom X	Orbital Sciences	אריאן	22.1	אבטיפוס לתק., נכשל
1991	SARA		אריאן	25.7	מחקר קרינה
1991	Microsat	DARPA	פגסוס	22	שיגור מקבץ 7
1991	Maggion 3	צ'כיה	Tsiklon		
1992	Kitsat-1	קוריאה (SST)	אריאן	48.6	Amat. S&T, 2 cameras
1992	S80/T	(SST) עבור מטרה	אריאן	50	משיב VHF
1993	OXF-1	OSC	פגסוס	13.6	ניסוי תקשורת
1993	OXF-2	OSC	פגסוס	13.6	(גורל לא ברור)



13 חדשי פיתוח, מטרת כיו מכס (צבאי)	87	SCOUT	DSI	RADCAL	1993
S&T. מיוצב סחרור	42	ציקלון	איטלקי	TemiSat	1993
רפלקטור פסיבי	48	אריאן	צרפתי	Stella	1993
Amat.S&T, 2 cameras	48.7	אריאן	קוריאה (SST)	KitSat 2	1993
.S&T, 2 cameras	49.3	אריאן	פורטוגל	PoSat 1	1993
Amat.S&T,	11.2	אריאן	איטלקי חובבים (SST)	HealthSat	1993
Amat.S&T	11.8	אריאן	Interferometric s	EyeSat	1993
מצלמת כוכבים, גלגל תגובה	40	משגר רוסי		TubSat 2	1994
מחקר אטמוספרי	63	STS-60	אוניב. ברמן	Bremsat	1994
מבחן לאלקטרוניקה בחלל	52	אריאן	צבאי אנלי	STRV-1	1994
משיב תקשורת	70	SS-19	חובבים רוסי	RS-15A	1994
מכס	12	משגר רוסי. נכשל לאחר כניסה	מקסיקו (אוניב)	UnamSat	1995
מצלמה, בחינת גלגל תנע ומד אופק	55	משגר רוסי, נכשל	טכניון	טכסט 1	1995
מחקר סביבת חלל	28	קוסמוס 3	שבדיה	Astrid	1995
commercial S&T	47	פגסוס	OSC	Orbcom	1995
מחקר	76	פגסוס	OSC	Microlab 1	1995
מחזר פסיבי	20	תחנת חלל מיר	גרמני	GFZ 1	1995
ELINT	50	אריאן	צבאי צרפתי (SST)	Cerisc	1995
מגנטו טורקר, תק. 200קה"צ	44	אריאן	אוניב. מדריד	UPM-Sat	1995
מחקר פלסמה	50	מולניה	צכיה	Maggion 4	1995
		נכשל בהפרדות	צילי (SST)	-FASat Alfa	1995
בחינת חלל לטכנולוגיות חלל זולות. 2 מצלמות וידאו, תק. מיוצב 3 צירים עם מגנטומטר, מד אופק ומד שמש, 3 צירים סלילים מגנטיים וגלגלי תגובה. דיוק צפוי 5 מעלה	32	מולניה	ארגנטינה	MUSAT 1	1996
מחקר		מולניה	צכיה	Maggion 5	1996
מכס, תק.	12	קוסמוס	אוניב. מקסיקו	UnamSat 2	1996
תקשורת	50		יפן חובבים	JAS 2	1996

**טבלה 5.8: שיגורי מיקרו לוויינים חזויים לשנים הקרובות**

שנה	שם	בעלות	שיגור	משקל (ק"ג)	משימה
1997	Asusat	אוניב. אריזונה	פגסוס	5	
1997	Butsy	צבאי ארהב		1	
1997	Tubsat N	אוניב. ברלין			
1997	TMSAT	חברה תאילנדית (SST)	זניט	55	מצלמה, תק.
1997	Hutsat	אוניב. הלסינקי		45	סטודנטים
1997	Astrid 2	שבדיה, דנמ, רק, ארהב	קוסמוס	35	מחקר אורורה
?1997	Sedsat	אוניב. אלבמה			סטודנטים
1997	Sunsat	אוניב. סטלנבוש, דרא"פ ניסוי עם Nasa	דלתה	60	מצלמה 3 צבעים רזולוציה 1.5 מ, סטראו, מיוצב 0.1 מעלה מד אופק, מד כוכבים, מד שמש, מגנטומטר, אוריינטציה גלגל תגובה, מגנטוטורקר, מוט כבידה, מחזורי לייזר
1996/7	Orsted	דנמרק	דלתה	45	מיפוי שדה מגנטי
??1997	Pansat	בייס צי ארהב			
1997	Kitsat 3		זניט	75	
1997	Tubsat C, DLR	אוניב. ברלין			ניסוי בקרה
1997	Tubsat C	אוניב. ברלין עבור חברה מרוקאית	זניט	75	ניסוי בקרה
??1997	Isat	אוניב. איובה			ניסוי סטודנטים
??1997	Busat	אוניב. בוסטון			ניסוי סטודנטים
1997	Badr-B	פקיסטן			מחקר עננים
1997	-SQUIRT 1	אוניב. סטנפורד			ניסוי חלל של טכנולוגיות סנסורים
1997	-SQUIRT 2	אוניב. סטנפורד			ניסוי רכיבים
1997	טכסט	טכניון		70	
??1997	Proba	ESA		90	בחינת אוטונומיה

					?
ניסוי טכנולוגיה			צבאי	Mightysat I	1998
מנוע פלסמה	68	MSLS	אוניב.וובר (חא"א)	Jawsat	1998-9

בחינת הפעילות הקיימת בתחום המיקרו לוויינים בעולם חושפת פעילות ערה ביותר בתחום. בשנים 1981-1996 שוגרו כ-60 מיקרולוויינים ע"י כ-20 מדינות בינהן: בריטניה, רוסיה, הודו, גרמניה, ארה"ב, יפן, צ'כיה, ברזיל, ארגנטינה, פקיסטאן, קוריאה, איטליה, צרפת, פורטוגל, מקסיקו, שבדיה, ספרד וצ'ילה.

מרבית הלוויינים נבנו ע"י אוניברסיטאות (האוניברסיטה המובילה בתחום זה היא אוניברסיטת סארי בבריטניה) חלקם ע"י חובבים, חלקם ע"י סוכנויות ממשלתיות וצבאות והיתר ע"י גופים מסחריים. משקל הלוויינים ששוגרו נע בין 11 ק"ג ל-90 ק"ג. המשימות לשמן שוגרו הלוויינים הן: מחקר, צילום, תקשורת (S&F), בחינת טכנולוגיות מסחריות ושימושים צבאיים. בין החברות ששיגרו מיקרולוויינים נמצאת בראש ובראשונה חברת Orbcomm אשר שיגרה אבי טיפוס ללוויינים אשר ירכיבו את הקונסטלציה שתוקם. חברת OSC שיגרה גם היא מספר מיקרולוויינים לצורכי מחקר וניסויי תקשורת.

פעילות המיקרולוויינים תופסת תאוצה ובשנת 1997 צפויים שיגורים של עוד כ-20 מיקרולוויינים כאשר לרשימת המדינות שבעלותן מיקרולווין תצטרפנה תאילנד, פינלנד, דנמרק, דרא"פ ומרוקו.

אין כיום שוק למיקרולוויינים או לישומי מיקרו לוויינים. השיגורים המסחריים היחידים הם של חברת Orbcomm. גם בשנתיים הקרובות לא צפויה התפתחות של השוק. מרבית השיגורים הם של אוניברסיטות למטרות מחקר.

"שוק המיקרולוויינים" מכוון כיום למספר קטן מאוד של צרכנים הנחלקים לארבע קבוצות:

- מדינות אשר רוכשות חבילת טכנולוגיה ביחד עם הלווין. המובילה בתחום זה היא אוניברסיטת סארי.
- מדינות ואיגודים מדעיים אשר רוכשים לווין לצרכי מחקר. הרכישה היא בדרך כלל מחברי הארגון.
- פיתוח עצמי עיסקי של OSC.
- פרויקטי Starsys, Leo-One, E-sat, המבוססים על מיקרולוויינים אולם טרם הגיעו לשלב בחירת היצרן.

מרבית שיגורי המיקולויניס מבוצעים על גבי משגרי אריאן כמטען נלווה. בוצעו מעט שיגור צבר על אותו משגר. שיגורים יעודיים של מיקולויניס בוצעו ע"י פגסוס במחיר גבוה בהרבה.

צפויה הוכחה ליכולת לשלב מצלמה בעלת רזולוציה גבוהה במיקרו לוויין באמצעות שיגור הלוויין Sunsat של אוניברסיטת סטלנבוש בדרא"פ.

## **5.7 פיתוח וייצור בתנאי מיקרוגרביטציה**

ניצול החלל ליצור בתנאי מיקרוגרביטציה הוא תחום פעילות אשר צפוי להיות בעתיד תחום פעילות מסחרי גדול מאוד אולם כיום לא ניתן להגדירו כשוק היות ולא קיימת כיום פעילות מסחרית בתחום זה אלא רק פעילות מחקרית וניסויים.

פיתוח וייצור בתנאי מיקרוגרביטציה מתאים בעיקר לתהליכים שאינם מבוקרי אדם, כגון גידול גבישים וגידול מערכות חיים. התעשיות שבהן קיים פוטנציאל שימוש הגדול ביותר לייצור בתנאי מיקרוגרביטציה הן: רכיבים אלקטרוניים, מיקרו כימיה ותרופות.

המחקר הישומי בתחום המיקרוגרביטציה החל בניסויים באמצעות רקטות - SPAR בארה"ב, TEXUS בגרמניה ו-TT500 בייפן- אשר שימשו לקביעת הניסויים אשר מתבצעים כיום באמצעות מעבורת החלל.

בהתחשב בעלות הגבוהה שיש לביצוע ניסויים על מעבורת החלל, בכך שהמעבורת טסה מספר מועט יחסית של פעמים בשנה ובכך שבטיסות המעבורת ניתנת עדיפות למשימות צבאיות ומדעיות, פותחו מספר אמצעים נוספים לביצוע ניסויים כדוגמאת בלונים, טיסות פרבוליות, מגדלים וכד'.

תחנת החלל הרוסית, מיר, משמשת גם היא לביצוע ניסויים ומחקרים בנושא מיקרוגרביטציה. וכן קיימות תוכניות לפיתוח לווינים אשר יותזרו לכדור"א לאחר תום הניסוי ואמצעים אחרים. ארה"ב, יפן וגרמניה, שלוש המדינות אשר התעשייה בהן היא מפותחת דיה כדי לקלוט את טכנולוגית המיקרוגרביטציה, הן גם המדינות הפעילות ביותר בתחום זה ומתמקדות בתחום הרכיבים האלקטרוניים, מיקרוכימיה, יצור תרופות וחומרים בעלי תכונות מיוחדות אחרות.

השוואה של התקציבים המופנים במדינות השונות למחקרי מיקרוגרביטציה מגלה כי המשקיעות הגדולות הן ארה"ב, ESA, גרמניה, סין ויפן כאשר כלל ההשקעה האירופית (ESA ומדינות נוספות) היא בסדר גודל דומה להשקעה האמריקאית בנושא. סוכנויות החלל של ארה"ב, אירופה ויפן מתכוונות להגדיל באופן משמעותי את התקציבים המופנים למחקרי המיקרוגרביטציה עד לשנת 2000 כאשר מנגד בגרמניה, אשר תוצאות המחקרים שביצעה איכזבו אותה במידת מה, הוחלט לצמצם את היקף הפעילות התחום.

למרות תקוות שהתעוררו לפני מספר שנים הסקטור הפרטי טרם לקח על עצמו מימון של פרויקט מיקרוגרביטציה. הסיבות לכך הן רבות. קשה לקבוע כיום לאיזה תחומי תעשייה יתאים יצור בתנאי מיקרוגרביטציה ויהיה רווחי. כניסת המגזר

הפרטי לתחום תתרחש רק כאשר תהיה אינפורמציה מלאה יותר לגבי תוצאות הניסויים ומידע אמין לגבי עלויות הגישה לחלל, התפעול והחחזרה לכדור"א.

לסיכום, נראה כי תחום המיקרוגרביטציה ישאר בשנים הקרובות שוק של ניסויים והפעילים בו יהיו בעיקר סוכנויות חלל ומכוני מחקר. עיקר הפעילות בטווח הקצר תתמקד בפיתוח אמצעים אשר יאפשרו מחקר זול וזמין בחלל (בעיקר בשילוב תחנת החלל הבינלאומית) ובטווח הבינוני בניסויים ובמחקר ישומי מתקדם.

**טבלה 5.9: תקציבים שהוקדשו למחקרי מיקרוגרביטציה בשנים 93-94**

**במליוני \$**

1993	1994	מדינה
95	170	ארה"ב
84	85	ESA
83	60	גרמניה
67		סין
30	70	יפן
25		רוסיה
22	20	צרפת

### 5.8 שוק המחקר המדעי

למרות שאין מדובר בשוק במונח הרגיל של המילה, מדובר על פעילות עולמית בהיקף גדול מאוד. חלקים עיקריים בתקציבים של סוכנויות החלל בעולם מוקדשים למחקר מדעי בחלל.

בפרויקט מדעי בחלל, אשר מנוהל ע"י סוכנות חלל, תבוצע עיקר הפעילות בתעשיות של אותה מדינה. פעילויות מחקר בחלל הן כר ההתפתחות הנרחב ביותר שעומד לרשותן של תעשיות החלל בעולם לצורך ניסוי ראשון של רכיבי חלל חדשים או טכנולוגיות חדשות.

ההיקף הגדול של ההשקעה שמחייבת פעילות מחקר בחלל דוחפת את מרבית סוכנויות החלל לערוך שיתופי פעולה בינ"ל.

פעילות המחקר בחלל, שמבצעות סוכנויות חלל, עוסקת הן בקידום הטכנולוגיה הכרוכה בשווקים הקיימים (תקשורת, חישה מרחוק, צילום וכד') לצורך קידום התעשייה המקומית, והן במחקר מדעי טהור בתחומי מדעי החלל ובתחומים אחרים (ביולוגיה, זואולוגיה, רפואה וכו').

החלק היחסי מתקציבי החלל האזרחיים המושקע בחקר החלל ובפיתוח טכנולוגיות חלל מוצג בטבלה 5.10.

#### טבלה 5.10 : % מתקציבי החלל האזרחיים למדע ומו"פ בחלל

מדינה	חקר החלל	מיתות טכנולוגיות חלל	סה"כ
ארה"ב	15.5	16.1	31.6
ESA	10.1	10.0	20.1
יפן	14.0	15.0	29.0
רוסיה	5.5	6.0	11.5
צרפת	12.5		12.5
סין	10.0	15.0	25.0
גרמניה	16.4		16.4
איטליה	21.3	30.4	51.7
קנדה	6.1	35.9	42.0
הודו	1.0	56.3	57.3

## 5.9 סיכום

### תקשורת לווינית

תוכנית ה- Big Leos - על אף הסיכון הטכנולוגי אין הטכנולוגיה גורם מוביל. קיים היצע טכנולוגי והיזם יכול לבחור מתוכו.

יצירת תכנית גלובלית מחייבת : רגולציה בינלאומית, גיוס מימון, יצירת שוק בינ"ל, טכנולוגיה. חלק מהדרישות מחייבות שיתופי פעולה בינ"ל אסטרטגיים.

הסיכוי ליזמות ישראלית מובילה בפרויקט גלובלי מסוג זה - זעום. השתלבות ישראלית סבירה בהצעת לווינים ומכלולים. בהליך ההתקשרות חשובה מעורבות טכנולוגית, עסקית וממשלתית.

תקשורת S&F - יישום זה מתאים ללווינים קטנים ולמיקרו לווינים. הישגי טכסאט ו"אופק" עשויים להיות בסיס להיצע של לווין לשרות זה, אף כי את מערכת התקשורת יש עדיין לפתח. בגלל היותו של השוק עולמי, הסבירות לייזמות ישראלית של תכנית כזו היא זעומה, אך השתלבות בתכנית בינלאומית עשויה להיות הזדמנות שיש לטפח.

לוויני GEO - ארה"ב מובילה בייצור לוויני GEO עם נתח של כ-72% מערך החוזים, לעומת 25% לחברות אירופיות. הובלה זו ניתן לייחס לתמיכה הממשלתית באספקת חוזים צבאיים, שהובילו את הפיתוח הטכנולוגי והבטיחו צמיחה ויציבות של התעשייה. חברת Hughes מובילה בחדשנות טכנולוגית של לוויני GEO ולוויני MEO לתקשורת אישית ולתקשורת רחבת סרט.

ייצור לוויני LEO, שהוא בעיקר לתוכניות התקשורת הישית, מתפלג עפ"י הבמנה הרב תאומי של החברות: לוויני Iridium בארה"ב, לוויני Globalstar באירופה.

### משגרים

עד שנות ה-90 התבססו משגרי הלווינים בעולם על טילים בליסטיים צבאיים. זאת למעט הטיל איראן שפותח ע"י ESA למטרות שיגורים אזרחיים. כאשר השיגור שמור בעיקר למעצמות שפיתחו אמצעים צבאיים אלה, ומוגן ע"י האמנה לאי הפצת טכנולוגית טילים, וע"י מדיניות מפלה באותן מדינות. יפן, אוסטרליה, הודו, וישראל פרצו מחסום זה אך אינן משולבות עדיין בשוק השיגורים. כושר השיגור הישראלי מוגבל למסלול LEO של לווינים קטנים.



### מטעדי צילום ולוויני צילום

צפוי כי שוק זה יצמח במהירות בשנים הקרובות עקב ההיתרים האמריקאיים לשיפור הרזולוציה המותרת ללווינים מסחריים מספר תוכניות מסחריות נמצאו בשלבי פיתוח שונים בעולם. יש למדינת ישראל יתרון בשוק הצילום. מערכת EROS, וכן מערכת DAVID הן בעלות ביצועי צילום תחרותיים, ובמחיר משימה צפוי קטן מזה של תוכניות מקבילות. מימוש עסקי של היתרון הטכנולוגי הזה מחייב השתלבות עם תכנית בעלת כושר מימון ושיווק לפיתוח שוק תחרותי בזמן קצר.

### חישה מרחוק

חישה מרחוק האמצעים פסיביים ואקטיביים בתדרי רדיו- רדיומטריה, מכ"מ SAR מבוצעת כיום בתוכניות מחקר. לתפוקת SAR צפוי שוק מסחרי לאחר הבשלת שיטות הפענות.

משימות חישה מרחוק עשויות להיות יעד לשיתופי פעולה בחלל, שבמסגרתם ניתנת לתעשייה הישראלית חשיפה והזדמנות הוכחה.

## **פרק 6 - פעילות החלל בישראל**

סקירת תעשית החלל שתוצג בפרק זה מבוססת על פגישות שנערכו עם מנהלי פעילות החלל בתעשייה הישראלית ובאקדמיה ועל חומר כתוב שהתקבל מגורמים אלו.

### **6.1 - תע"א/מבת**

מבת היא החברה המובילה בישראל בתחום החלל מבחינת היקף הפעילות. פעילותה בתחום החלל, כבית המערכות המרכזי בישראל לפיתוח ואינטגרציה של לווינים, מתמקדת בשני נושאים: לוויני "אופק" ולוויני "עמוס". הפעילות בנושא לוויני "אופק" מתבצעת במסגרת מינהל טכנולוגיות חלל, אשר הוקם ב-1984, ומנוהל כיום ע"י מר הלל לוריא. הפעילות בנושא "עמוס" מתבצעת במסגרת מינהל נפרד שידון בנפרד.

פרויקט לוויני "אופק" מומן ע"י משרד הבטחון ובמסגרתו שוגרו שלושה לווינים למסלולי LEO: "אופק 1" - ספט' 1988, "אופק 2" - אפריל 1990, "אופק 3" - אפריל 1995. מבת היא הקבלן הראשי והאינטגרטור של הלווינים.

היות והעבודה הינה בסיווג בלמ"ס נתיחס אך ורק למידע שפורסם ברבים ע"י מבת. "אופק" 1 ו-2 הם לוויני LEO סובבים אשר שימשו בעיקר להוכחת יכולת התכנון של פלטפורמה סובבת למגוון משימות. לווינים אלו הם הפחות מתוחכמים במשפחת ה"אופק" אלו לווינים זולים יחסית המתאימים לניסויים מדעיים ומשימות מסחריות או מדעיות לטווח זמן מוגבל (מס' חודשים).

"אופק" 3 הוא המתקדם שבמשפחת לוויני ה"אופק". זוהי פלטפורמה לווינית המיוצבת בשלושה צירים ומיועדת לנשיאת סוגים שונים של מטעדים. משקל הפלטפורמה הוא כ-170 ק"ג והיא מסוגלת לשאת מטעדים במשקל של עד -180 ק"ג. פיתוחם של לוויני ה"אופק" שבוצע תחת מגבלות קשות של משקל ונפח (שנובעים מיכולת השיגור) הביא לכך שהלווין שפותח העמיד את מבת בשורה הראשונה של יצרני הלווינים הקטנים בעולם, עם פלטפורמה מוכחת ומטעד צילום פנכרומטי מוכח בעלות נמוכה וברזולוציה גבוהה מאוד. כדי לא לאבד את היתרון, אשר נסגר במהירות ע"י יצרניות הלווינים הגדולות בעולם, פועלת מבת להפוך את מערכות "אופק" למסחריות.

לאחר שיגור "אופק" 3 עמדה מבת בפני הקטנת זרימת התקציבים ממשרד הבטחון והחלה לחפש ישומים אזרחיים לידע והנסיון שצברה. לאחר שקיבלה אישור ממשרד הבטחון לשווק "אופק מנוו" התחיל תהליך של גיוס שותף בחו"ל לצורך הקמת שרות צילומי לוויין שיתחרה ב-Spot Image ובשרותי צילום לוויני אחרים.

תוכנית "ארוס" היא תוכנית במסגרתה תוקם חברה בבעלות משותפת של מבת ושל חברה אמריקאית, אשר תמכור שרותי צילום לוויני. החברה החדשה תרכוש ממבת לווינים שיתבססו על "אופק" ויספקו תמונות פנורמטיות ברזולוציה של כ-1.5 מ', וכן תחנות קרקע. העלות הצפויה לשני לוויני "ארוס" כולל שיגור היא כ-160 מיליון \$ שהיא זולה מאוד בהשוואה לתוכניות אחרות בעולם שיספקו ביצועים דומים כדוגמת Space Imaging.

כיוון מסחרי נוסף אליו פונה מבת הוא מכירת לוויני צילום מבוססי "אופק" למדינות דרום מזרח אסיה ודרום אמריקה לשימושים לאומיים וכן במסגרת תוכניות ושיתופי פעולה בינלאומיים של סוכנויות חלל.

הקשיים הניצבים כיום בפני פרויקט "ארוס" ובפני הסיכוי של מבת למכור לוויני צילום בעולם הם בתחום השיווק ובתחום גיוס ההון. לטענת מבת הסיוע של המדינה נדרש בשני התחומים האלו. בנושא גיוס ההון יתכן וידרש סיוע של המדינה במתן ערבויות ובתחום השיווק תדרש מעורבות של המדינה במגעים מול מדינות באסיה ובדרום אמריקה, אשר מעונינות ברכישת לוויני צילום לצרכים לאומיים, ברמה הפוליטית והדיפלומטית וכן באמצעות הסכמים לשיתוף פעולה בתחום החלל עם מדינות בדרום מזרח אסיה.

התשתית האנושית שקיימת במבת (ומשרתת גם את נושא "עמוס") כוללת 80-90 איש ובהם חוקרים, מהנדסים וטכנאים. בתקופת שיא פעילות החלל במבת עבדו כ-220 איש בתחום החלל ("אופק" + "עמוס") עקב סיום הפרויקטים הצבאיים בהם עסקה מבת לא גוייס בשנים האחרונות כ"א חדש.

התשתיות הקרקעיות שהוקמו במבת לצורך פעילות החלל בעלות של כ-40 מיליון \$ (מהם כ-14 מיליון \$ ע"ח תע"א), הן:

- תחנת קרקע - פועלת באופן שוטף. משמשת לעקיבה ובקרה בכל שלבי משימת החלל: החל בשיגור דרך כל אורך חיי הלוויין ועד לסוף חייו. כיום משימת תחנת החלל לעקיבה אחרי לוויני "אופק", "עמוס" וקליטה של לוויני SPOT ו-ERS.

- מעבדות תנאי חלל - לביצוע ניסויים בנושא ואקום תרמי ללוין בגודל מלא, ניסויי הרעדות (אשר משמשים בנוסף גם לניסויים של טילים, מזל"טים וכו'), ניסויים אקוסטיים.

מבת פעילה גם בנושא "טכסאט", אשר יזכה להתייחסות מפורטת בהמשך. מבת נכנסה לפרויקט "טכסאט" מתוך ראייה של הפוטנציאל הקיים בתחום המיקרו-לווינים בעיקר ביכולת ליצר לווינים זולים מאוד לאפליקציות שונות וכן מתוך ראייה

שאינן בישראל מקום לשני יצרני לוונינים מסחריים ויש לרכז את כל הפעילות בנושא לוונינים בחברה אחת.

לסיכום, הפעילות שבוצעה בחסות משרד הבטחון בנושא "אופק" הביאה את מבת למצב שבו יש לה הובלה בינלאומית בתחום לווניני צילום קטנים ברזולוציה גבוהה. התשתית האנושית והפיסית שהוקמה במבת לצורך פרויקטי "אופק" מספיקה כדי לאפשר למבת לממש את יתרונה באופן מסחרי. החברה החלה בפעילות בשותפות עם חברה אמריקאית לשיווק יכולותיה בתחום לווניני הצילום - פרויקט "ארוס". בכדי לא לאבד את יתרונה ליצרניות הלווינים הגדולות בעולם נדרש למצות את המאמץ השיווקי תוך הסתייעות בקשרי החוץ של המדינה בעיקר במדינות אסיה אשר מעונינות ביכולת צילום לווניני עצמאית.

## 6.2 - תע"א/מבת - "עמוס"

ההחלטה האסטרטגית להכנס לתחום לווני התקשורת התקבלה בתע"א לאחר שיגור הראשון והמוצלח של "אופק" 1. בהתבסס על סקר שווקים שבוצע בעיקר במזרח הרחוק הוחלט על יצור לווין תקשורת קטן שייועד לתת שירותי תקשורת שונים מקומיים למדינות קטנות. כיום מיוצרים בעולם לווני תקשורת בסדר הגודל של "עמוס" רק ע"י יוז אשר ייצרה בעבר סדרה של 50 לווני תקשורת קטנים אולם בנוסף ישנו פיתוח מתחרה של Lockheed, במידה ונישה זו תתברר כרווחית עפ"י הנסיון של "עמוס" יתכן ויצרניות לווניים נוספות תכנסנה לתחום. פרויקט "עמוס" במבת מנוהל ע"י עמיצור רוזנפלד.

הלווין "עמוס" 1 שוגר במאי 96. תקציב הפרויקט הכולל הוא כ-215 מיליון \$ מימון הפרויקט התחלק בין משרד התקשורת, המדען הראשי, קבלני המשנה ותע"א באופן הבא:

א. משרד התקשורת	5 מ' \$
ב. המדען הראשי של משרד התעשייה והמסחר	8 מ' \$
ג. אשראי קבלני משנה (דורניר ואלקטל)	18 מ' \$
ד. תע"א	184 מ' \$
ה. הלוואות מבנקים	82 מ' \$
ו. אשראי מבנקים זרים לסחר חוץ	60 מ' \$
ז. מימון שוטף תע"א	42 מ' \$

פרט לסיוע המדינה במימון ישיר סייעה המדינה למבת בשני אופנים. הראשון, ערבויות מדינה להלוואות בסך 100 מ' \$ מתוכן ניצלה רק 82 מ' \$. והשני, ערבות לביקוש ל-3 משיבים מתוך ה-7 הקיימים בלווין בסך 5 מ' \$ למשך 10 שנים.

עפ"י התוכנית העיסוקית של הפרויקט תשכיר החברה את יתרת המשיבים במחיר של 4.4 מ' \$ ותגיע לאיזון כאשר תצליח להשכיר 5.5-6 משיבים לשנה. כיום מושכרים משיבים של הלווין לרשות השידור (ערוצים 1 ו-3) לחברה הונגרית ולחברת HBO.

מבת הקימה במשותף עם מאיר עמית, חברת גילת וחברת מר בחלקים שווים את חברת "חלל" אשר עוסקת בשיווק שירותי "עמוס" בעולם תמורת עמלות שיווק.

הלווין "עמוס" 1 הוא לוויין GEO בגודל בינוני (משקלו 996 ק"ג) המיועד לתקשורת מקומית. ללוין 9 משיבים מהם 7 פעילים, ושניים לגיבוי, ברוחב סרט של 72 Mhz. אורך החיים המתוכנן של הלוויין הוא 11 שנים והוא משוגר ע"י אריאן 4. מטעד התקשורת יוצר ע"י קבלני משנה אירופאים (ALCATEL, D'ASA ודורניר) ואילו אינטגרצית המערכת ויצור הפלטפורמה בוצע ע"י מבת. מבת מאמינה כי ניתן להגדיל את הערך המוסף בישראל במידה והמטעד ייוצר בישראל שכן הטכנולוגיה קיימת והסיכון הוא עסקי בלבד.

השרותים שאותם מסוגל לספק "עמוס" הם:

- שרותי טלוויזיה ווידיאו - משיבי ה"עמוס" מסוגלים לספק שרותי טלוויזיה דיגיטליים ואנאלוגיים וכן שרותי DBS.
- שרותי טלפוניה - "עמוס" מסוגל לספק שרותי תקשורת טלפון לקישור אזורים מרוחקים ודלילי אוכלוסיה למרכזות הטלפון.
- שרותי העברת מידע - "עמוס" מסוגל לספק שרותי VSAT לתקשורת בין מרכזים.

## "עמוס" 2

מבת הקימה את חברת Magersat בהונגריה ביחד עם חברת אנטנה הונגריה. הרעיון שעומד בבסיס הקמת החברה בהונגריה הוא שמבת ואנטנה הונגריה ישקיעו 5 מ' \$ כל אחת ושותף אסטרטגי ישקיע סכום נוסף של כ-60 מ' \$. החברה תרכוש ממבת לוויין "עמוס" 2 ומאנטנה הונגריה שרותי קרקע ותשווק את שרותי הלוויין המרכז אירופה.

הלוויין החדש יהיה בעל הספק מוגדל וישא 16 משיבים ברוחב סרט של 72 Mhz כ"א. ויהיה מסוגל לספק את כל השרותים שמספק "עמוס" 1. מחירו יהיה כ-67 מ' \$ אולם אם ייוצר יותר מלוויין אחד ניתן היה להוזיל את מחירו לכ-55 מ' \$. לדעת מבת יכולה המדינה לסייע למבת בנושא "עמוס" בכמה תחומים:

- סיוע במאמצי השיווק - סיוע בהשתתפות של דרג פוליטי או דיפלומטי בשכנוע מדינות ובהצגת היכולת הלווינית של מבת - בעיקר במדינות אסיה.
- סיוע מימוני - מתן בטחונות וערבויות מדינה להלוואות לצורך הקמת קו ללווינים וכן קו למטעדים.

### 6.3 - תע"א/מל"מ

פעילותה של מל"מ בתחום החלל נחלקת לשני נושאים. הנושא הראשון, הגדול והעיקרי הוא תחום המשגרים. מל"מ תיכננה פיתוח ושיגרה בהצלחה את משגרי "שביט 1" וכיום היא מפתחת את משגר "NEXT" שהוא גרסה משופרת של ה"שביט". עפ"י מאפייניו מתחרה משגר ה"שביט" בשוק המשגרים ללוינים קטנים למסלולי LEO במשגרים כדוגמת "פגסוס" ו"קונסטוגה".

יכולת ה"שביט" וה"NEXT" היא לשגר 300-1000 ק"ג למסלול LEO ועפ"י סקר שבוצע בארה"ב יהיו בארה"ב כ-40 שיגורים לשנה בתחום משקלים זה מהם כ-70% ממשלתיים ולמל"מ אין גישה אליהם. מל"מ תתחרה על 10-12 שיגורים לשנה בארה"ב.

מל"מ מאמינה כי משגריה יתאימו לשיגורים של קונסטלציות ה-Little Leo כגון אורבקום ו-Starsys (50-80 ק"ג ללווין) להחלפת לוינים בקונסטלציות ה-Big Leo. להערכת מל"מ כאשר יתפתחו האפליקציות של מיקרולווינים ויוחל בשיגורים של מיקרולווינים מסחריים יגדל מאוד שוק המשגרים הקטנים. עפ"י הערכת מל"מ לא ניתן יהיה לשגר מיקרולוויין מסחרי כמטען נלווה על משגר גדול כפי שהדבר מבוצע כיום במחירים זולים במיוחד.

משגרי ה"שביט" וה"NEXT" הם משגרים תלת-שלביים המורכבים משני מנועי דלק מוצק זהים, מתוצרת תע"ש, ומנוע שלב ג', Bi-Propellant מתוצרת רפאל. ביצוע שיגורים ע"י מל"מ מחייב שיתוף פעולה לשיגור מאתרי שיגור מתאימים. אתר השיגור היחיד בישראל "פלמחים" אינו מתאים לשיגורים מסחריים עקב מיקום לא אידיאלי המקצר את אורך חיי הלווין.

נושא נוסף שבו עוסקת מל"מ בתחום החלל הוא עיצוב, יצור ואינטגרציה של פנלים סולריים ללוינים. מל"מ סיפקה את תאי השמש שלה ללוויני "אופק" וטכסאט וכן עבור הלווין המדעי Aero-Astro.

#### **6.4 - תע"א/תמ"מ**

תמ"מ החלה פעילותה בתחום החלל בשנת 1985 עם תוכנית "אופק". קו החלל של תמ"מ כולל מגוון של רכיבים אינציאליים ללויני LEO המיועדים לתת ללויין ייצוב ואוריינטציה.

מוצרי החלל של תמ"מ הם:

א. **גלגל תגובה** - מספק ללויין מומנט לתמרון זוויתי. הסתיים פיתוח עבור "אופק".

ב. **גלגל תנע** - מיועד לייצוב הלוויין. המוצר פותח עבור לויין הטכסאט ולוויין HETE של חברת AeroAstro. טרם טס בחלל.

ג. **מגנטומטר תלת צירי** - משמש למדידת זווית האזימוט. פותח עבור "אופק" וטכסאט אולם טרם טס.

ד. **תיבת סביבוני נגזרת** - למדידת מהירות זוויתית ב-3 צירים. פותחה עבור "אופק".

ה. **מערכת ייחוס אינרציאלית** - למדידה מדויקת של מהירות זוויתית. פותח וטס בלוויין "אופק".

מקור המימון לפיתוחם של המוצרים הללו היה ממשלתי או פנימי. מכל אחד מהמוצרים יוצרו סדרות קטנות מאוד בלבד עבור תוכניות "אופק", טכסאט ו-HETE. הפיתוח והיצור של מוצרים אלו לא דרש מתממ מאמץ או ארגון נוסף ומיוחד היות והמוצרים בנויים לכישורי הבסיסי של תמ"מ.

כל המוצרים פותחו בהתבסס על טכנולוגיות גנריות בתחום האינרציאלי שהיו קיימות בתמ"מ. לא ניתן להצביע על תרומה טכנולוגית ישירה ומוחשית של פרויקטי החלל לפרויקטים אחרים פרט לפרויקט המגנטומטר, אשר מוצע ללקוחות שונים בורסיה צבאית לשימושים תעופתיים אולם טרם נמכר.

לפרויקטי החלל היתה תרומה טכנולוגית עקיפה לתמ"מ במספר תחומים: מיסבים מדויקים, עיבוד בריליום, תיכנונים מגנטיים, תכנונים חשמליים דלי הספק, סביבוני DTG חלליים, חומרים ותהליכים מאושרים לחלל.

הפוטנציאל העיסקי שרואה תמ"מ בתחום החלל הוא מצומצם יחסית. מתוך ראייה של שיגור כ-30 לויני LEO בשנה שבכל אחד מהם תכולת רכיבים אינרציאליים של 200 אלפי \$ יוצרת פוטנציאל מכירות עולמי מקסימלי של רכיבים אינרציאליים של כ-6 מיליון \$. באם תגיע תמ"מ לנתח שוק של 25% יתבטא הדבר במכירות של 1.5 מ' \$ בלבד.



תממ עורכת פעילות שיווקית במסגרתה מוצגים מוצרי החלל של תממ בפני יצרניות הלווינים הגדולות והמובילות בעולם. תממ משתתפת בכמה מכרזים בינ"ל לאספקת רכיבים אינרציאליים בינהם עבור תוכנית Proteus המיוצר ע"י Aerospatiale. תמ"מ בוחנת אפשרות לשת"פ עם חברה אמריקאית קטנה ופעילה בתחום החלל אשר תוכל לסייע בשיווק ובמתן רקורד חלל.

בשנות השיא של פעילות החלל בתממ העסיק הנושא כ-30 מהנדסים וטכנאים. כח האדם בתממ אשר ניתן לזהותו כמוקד ידע חללי ולא ניתן להחזיקו ללא פרויקטי חלל הוא כ-7 ש"א. לא קיים כ"א מיומן מחוץ לתממ. תהליך ההכשרה עד להגעת עובד לרמת הכשרה מספקת הוא ארוך מאוד.

תשתיות פיסיית שהוקמו בתממ לצורך פעילות החלל כוללות בית מלאכה לעיבוד בריליום, עמדות בדיקה יחודיות ותוכנות לתיכון מגנטי מתקדם.

כיום מהווה פעילות החלל רק כ-5% מהפעילות הכוללת בתממ. הנהלת תממ רואה בחלל כיוון אסטרטגי אולם לא משמעותי. השאיפה היא להביא את פעילות החלל לשיעור של 10% עד לשנת 2005.

לצורך קיום הפעילות הזו רואה תממ חשיבות בסיוע המדינה בעיקר בשני נושאים :

א. קיום תוכנית חלל מינימלית שתחזיק את קבוצת העובדים המהווה גרעין ידע, למען שימור הידע. תממ אומדת את היקף ההשקעה הנדרשת ב-7 שנות אדם.

ב. מתן אפשרות לתעשיות, באמצעות שיגור לוויין ישראלי או שת"פ עם מדינות אחרות, להוכיח יכולת חלל של מוצריהן וכן לצורך אפיון מוצרים חדשים כדי שיהיה בידן תג "הוכח בחלל" שיאפשר מכירתן המסחרית.

## 6.5 - רפא"ל

פעילות החלל ברפא"ל מתבצעת במסגרת מנו"ר (מנהל מנועים ורקטות) החל משנת 1982. עיקר פעילותה של רפא"ל הוא בתחום ההנעה: מנועי משגרים ומנועי לווינים. עיקר הפיתוח בתחום זה בוצע כמענה לדרישות משהב"ט ועם מתן ההיתרים לחשיפת הפעילות הוחל בפעילות לשיווק היכולות באופן מסחרי.

הפעילות של רפא"ל בתחום מנועי החלל מתבצעת באמצעות 20-40 מהנדסים וטכנאים ונחלקת לארבע קטגוריות:

- א. מנועי דלק מוצק, שלב עליון במשגרי לווינים.
- ב. מערכות הנעה הידרזין ללווין ורכיביהן.
- ג. מערכות הנעה ללווין של גז קר ומרכיביהן.
- ד. פתוח מוצרים מתקדמים בהנעה כימית וחשמלית לחלל.

בתחום הראשון, מנועי דלק מוצק, פיתחה, ייצרה וסיפקה רפא"ל את מנוע שלב ג' למשגר ה"שביט". כיום מקיימת רפא"ל שת"פ עם חברת ARC האמריקאית לצורך חדירה לשוק האמריקאי והגדלת יכולת השיווק בעולם. בנוסף משפרת רפא"ל את המנוע הקיים ומוסיפה לו יכולת ניהוג במסגרת שת"פ עם תע"א, המנוע המשופר מיועד למשגר "שביט" ופיתוחו צפוי להסתיים השנה.

בתחום השני, פיתחה רפא"ל את מערכת ההנעה הנוזלית ללוויני ה"אופק" והיא פועלת לשיווק המערכת בחו"ל.

בתחום השלישי, צפויה רפא"ל לסיים, בשנת 97/98, את פיתוחה של מערכת הנעה בגז קר עבור לוויין מחקר של ESA (Stoshsat) כקבלן משנה של חברת NLR בהולנד. בתחום זה קיים פוטנציאל לקבלת הזמנות נוספות בעתיד.

- מעבר למוצרים שהוצגו לעיל פעילה רפא"ל בפיתוח של מערכות הנעה חדשניות:
- מנוע IH - מנוע "שלב 4" למיני לוויין במימון משותף של רפאל ומשהב"ט. נמצא בשלב התחלתי בלבד וישומו מותנה בהצלחה טכנולוגית.
  - מערכת הנעה HALL - מערכת להנעת לוויני תקשורת ומחקר במימון משותף של רפא"ל, ממ"ג ומשהב"ט. קיימת התענינות רבה בנושא בחו"ל מצד NASA ואחרים. הפיתוח נמצא בשלב איתור המימון.
  - טכנולוגיות מיכלי דלק - שיפור אמינות והוזלה של מיכלים קיימים במימון רפא"ל ומשהב"ט.

היקף הפעילות הכולל ברפא"ל מאז תחילת הפעילות נאמד בכ-100 מיליון \$ ומומן ברובו מפרויקטים ממשלתיים - משהב"ט. לא נרשמה ברפא"ל רווחיות של פעילות החלל. רפא"ל רואה בפעילות החלל גורם אשר מגדיל את יוקרתה ומעיד על רמה טכנולוגית גבוהה.

בהתבסס על סקר שוק שנערך בארה"ב ב-1992 הציבה לעצמה רפא"ל יעד של 5%-10% מהשוק העולמי בתחום ההנעה תוך 5-8 שנים. לטענת רפא"ל מרבית התשתיות הטכנולוגיות הנדרשות לצורך פעילות החלל קיימות בישראל, ברפא"ל או מחוצה לה, אולם תדרש השקעה שוטפת בתחזוקה ובהרחבה לצרכים ספציפיים של פרויקטים. מוקדי הידע הוקמו לצורך פרויקט "אופק" וכיום ניתן להציעם לפרויקטים אזרחיים למטרות רווח (לא רק בתחום החלל). כח האדם המיומן ברפא"ל זמין לביצוע הפרויקטים שתוארו לעיל אולם יתכן שבעתיד עם התדלדלות הפרויקטים תפגע זמינותו.

רפא"ל רואה שלושה תפקידים עיקריים למשרד המדע בקידום פעילות החלל. הראשון, הוא במימון (לכל הפחות חלקי) של פיתוח טכנולוגיות ומוצרים חדשים בדומה לפעילות המבוצעת ע"י משהב"ט/מפא"ת. השני, הוא יצירת אפשרות להוכחת טכנולוגיות חלל חדשות בכלל ובתחום ההנעה בפרט. לצורך כך ניתן לדעת רפא"ל לשגר, מדי כמה שנים, לוויין טכנולוגיות או לוויין מדעי אשר ימומן ע"י סוכנויות ממשלתיות או קונסורציום בין מוסדי ויאפשר את צבירת הנסיון ברכיבים נבחנים. התפקיד השלישי אותו רואה רפא"ל למדינה הוא סיוע במאמצי השיווק ברחבי העולם ביצירת הקשרים עם מדינות במזרח ובדרום אמריקה וכן עם סוכנויות חלל בעולם.

## 6.6 - אלאופ

אלאופ פועלת בנושאי חלל למעלה מ-10 שנים בפרויקטים עבור משרד הבטחון ועבור משרד המדע. הפרויקט העיקרי הראשון אותו ביצעה אלאופ הוא פיתוח המטעד האלקטרואופטי ללווין "אופק" עבור משרד הבטחון. ביצועיה של המצלמה מסווגים אולם ניתן לומר כי יחסית לגודלה היא מהמצלמות המתקדמות ביותר בעולם כיום. המצלמה פועלת בחלל כשנתיים ללא תקלות ומפיקה ביצועים גבוהים מהחזוי.

פרויקט החלל העיקרי השני אותו מבצעת אלאופ הוא TAUVEK במסגרתו מפתחת אלאופ טלסקופ UV למחקר אסטרונומי עבור פרויקט בינלאומי שמובילה רוסיה - SRG. המשתתפת הישראלית הרשמית בפרויקט היא אוניברסיטת ת"א אשר תהנה מפירות המחקר המדעי שיפיק הלווין. בפרויקט SRG משתתפות מספר מדינות, אשר כל אחת מהן מספקת רכיב בלווין מחקר, שרוסיה תהיה האינטגרטורית שלו ותשגר אותו לחלל, בין המשתתפות במחקר: הונגריה, דנמרק, בריטניה, איטליה, שוויץ, צרפת וארה"ב.

מימון טלסקופ TAUVEK משותף לאלאופ ולסל"ה. העלות המתוכננת היתה 10 מיליון \$ מתוכם תממן סל"ה 7.5 מ' \$ ואלאופ את היתר. בפועל הסתכמה עלות הטלסקופ ב-11.25 מיליון \$ מתוכם 3 מ' \$ ע"ה אלאופ והיתר ע"ה סל"ה. פיתוח הטלסקופ הסתיים למעשה. אספקת הדגם המוטס תהיה במרץ 97 ושיגור הלווין צפוי בתחילת-אמצע 1998.

שני פרויקטים קטנים יותר בהיקפם בהם עסקה אלאופ הם פרויקט ERMS ופרויקט מד האופק. ERMS היא מצלמה פנכרומטית בעלת שדה רחב ורזולוציה בינונית (16.5 מ' מגובה 400 ק"מ) ברוחב סריקה של כ-100 ק"מ. המצלמה לא שולבה בלווין וכיום נעשים מאמצים לשיווק המצלמה וקיימות מחשבות להשביחה תוך שיפור הרזולוציה והפיכתה למצלמה מולטיספקטרלית. מימון הפיתוח היה בתחילה ע"י משהב"ט.

מד האופק של אלאופ פותח עבור טכסאט ומבוסס על גלאי יחודי - Thermopile, המיוצר בחו"ל ונרכש ע"י אלאופ. תכונותיו החשובות הן: סטטיות (אינו מכיל חלקים נעים), דיוק גבוה מיתר מדי האופק הסטטיים הקיימים, משקל נמוך, הספק של פחות מ-1W, שדה ראייה רחב, יחס מחיר לביצועים גבוה. פיתוח מד האופק עבור הטכסאט מומן במלואו ע"י אלאופ. הדגם הראשון היה אמור לטוס על טכסאט 1 ובעקבות השיגור שנכשל ישוגר דגם נוסף על טכסאט 1A.

אלאופ בוחנת כניסה לפרויקטים נוספים בעתיד : "דוד" ו"ארוס". פרויקט "דוד" הוא פרויקט משותף ישראלי-גרמני במסגרתו יבנה לוויין צילום, במשקל 180 ק"ג, שיכיל מצלמה (מתוצרת אלאופ) שתספק תמונות ב-12 צבעים ברזולוציה של 5 מ' מגובה 670 ק"מ. הפרויקט עבר בדיקת התכנות וכעת מנסות השותפות - אלאופ ו-OHB - לגייס את ההשקעה הנדרשת להרמת הפרויקט. ההשקעה הנדרשת היא כ-50 מיליון \$.

פרויקט "ארוס" במשותף עם תע"א/מבת תואר לעיל. המצלמה שיכיל הלוויין תתבסס על המטעד האלקטרו אופטי של "אופק".

השקעותיה של אלאופ בפרויקטי TAUVEX ומד האופק לטכסאט נעשו משיקול אסטרטגי להרחיב את פעילות החברה לתחום החלל מתוך ראיית תחום החלל כשדה התרחבות "טבעי" לתעשייה בטחונית, אשר רוצה להכנס לתחום אזרחי-מסחרי דומה ככל האפשר במאפייניו לתחום הבטחוני. הנהלת אלאופ רואה בהשקעה שנעשתה בפרויקט השקעה בכניסה לתחום פעילות חדש מתוך ידיעה שכניסה לתחום פעילות חדש אחר היתה דורשת השקעה בהיקף גדול הרבה יותר.

שיקול נוסף של הנהלת אלאופ בכניסה להשקעות בתחום החלל היא שפרויקטי החלל יקדמו וישביחו את הרמה המקצועית והטכנית של החברה בתחום ההיי-טק וישפיעו על איכות כח אדם, התשתיות, היכולת האנליטית, היכולת הפיתוחית והיכולת היצרית. הפעילות בתחום הפרויקטים המדעיים תחשוף את אנשי הפרויקט לקהילת המדענים הבנילאומית ועשויה להוות בעתיד מנוף להתפתחות הצד העיסקי של תחום החלל.

בראיית מנהלי אלאופ היוו פרויקטי TAUVEX ומד האופק תשלום עבור כרטיס כניסה למועדון האקסקלוסיבי של יצרניות מערכות החלל תוך השתתפות בפרויקט בינ"ל וחשיפה לקהילת החלל הבינ"ל.

לדברי אלאופ ההשתתפות העצמית של אלאופ בפרויקטים הניבה אך ורק הפסדים ישירים. מנגד הפיקו הפרויקטים תרומות עקיפות לחברה כולה דרך תרומה לטכנולוגיה המשמשת את החברה בפיתוח מערכות תצפית ארוכות טווח לשימוש קרקעי. ניתן להצביע ישירות על שתי מערכות שפיתחה אלאופ בהתבסס על ידע שנצבר בפיתוח המערכות החלליות.

את הפוטנציאל העיסקי של פעילות החלל נחלק לשני תחומים : מדי האופק והמצלמות/צילום. מד האופק של אלאופ כבר זוכה להתענינות רבה בעולם ולטענת אלאופ שיווקו תלוי רק בהוכחת חלל שצפויה להיות ע"ג טכסאט 1A. ההערכה היא כי צפויים בשנים הקרובות שיגורים של 50-100 לוויינים קטנים ובכל אחד מהם שני

מדי אופק. אלאופ הציבה לה כמטרה לכבוש כ-10% משוק זה ולמכור כ-15-30 מדי אופק בשנה בהכנסה כוללת של כ- 2.5-4.5 מיליון \$ לשנה.

ההתייחסות לשוק המצלמות מורכבת יותר וניתן לחלקה לשלוש:

א. שוק הצילום המדעי נהנה מתקציבים מוסדיים ואלה מופנים בדרך כלל לתעשייה של המדינה ממנה הגיעו. לכן יקשה על אלאופ להתחרות בשוק זה ללא תמיכה של המדינה בפרויקטים כגון TAUVEX או בשת"פ עם מדינות אחרות.

ב. שוק המדינות הרוצות יכולת חלל מוגבל כיום בעיקר משיקולי בטחוניים אשר אינם מאפשרים לאלאופ להשתמש ביתרון היחסי שלה לתחרות בשוק זה.

ג. שוק הצילום מהחלל הוא שוק שעל פי ההערכות (ראה התייחסות לשוק זה בהרחבה לעיל) צפוי לצמוח במהירות בשנים הקרובות. הרזולוציה בשוק זה תוגבל ל-1 מ' ויתחרו בו השחקנים הגדולים ביותר בשוק החלל. אלאופ תשאף להצטרף לאחד המיזמים של חברות אלו כספקית המטעד האופטי בעדיפות ואולי אף למיזם EROS שבו תדרש ממנה השקעה גדולה יותר.

לסיכום, אלאופ רואה בתחום החלל פוטנציאל לגידול עתידי ומשקיעה בכניסה לתחום (TAUVEX וטכסאט) ובקבלת חותמת "נבחן בחלל" למוצריה. החברה גם רואה תועלת בקיום פעילות חלל כגורם ממריץ טכנולוגית. לטענת מנהליה המשך פעילותה של אלאופ בחלל תלוי מאוד בתקציבים הממשלתיים שיופנו לתחום ויאפשרו את שמירת המסה הקריטית של העובדים הדרושה בכדי לשמר את הידע ובהקלת הדרישות הבטחוניות, אשר יהפכו את תחום החלל באלאופ לעצמאי כלכלית.

## **6.7 - הטכניון - מכון אשר לחקר החלל**

מכון אשר לחקר החלל בטכניון הוא מרכז מחקר המנכר כלאומי ומשלב פעילות רב יחידתית ובין תחומית. ראש המכון הוא פרופ' גיורא שביב. בקיץ '97 יתמנה פרופ' משה גלמן לראשות המכון.

עיקר פעולתו של המכון עד היום התרכזה בפיתוח לוויין טכסאט 1. על כיוון המשך פעולתו של המכון חלוקות הדעות בטכניון כפי שיובהר בהמשך.

### **6.7.1 פרויקט טכסאט**

פרויקט טכסאט פועל במסגרת מכון אשר לחקר החלל בטכניון. התוכנית נועדה להניח ולקדם תשתית טכנולוגית, מומחיות ואמצעים המאפשרים לפתח ולהוכיח יכולות ומערכות חדשניות בתחום הלווייניות. מטרת הפרויקט הן לפתח לוויין מדעי שיאפשר :

- פיתוח טכנולוגית לוויינים.
- חינוך מהנדסים בתחום הנדסת מערכות חלל.
- יצירת שיתוף פעולה בין התעשייה והאקדמיה.
- יצירת אמצעי לבחינה מהירה וזולה של מוצרי חלל חדשים וטכנולוגיות.
- יצור מיקרולווין עם פוטנציאל בתחומי תקשורת, חישה מרחוק וחקר החלל.

לוויין טכסאט 1 נבנה בטכניון ובתעשייה כמיקרולווין במשקל 50 ק"ג, מיוצב בשלושה צירים ובעל צריכת הספק נמוכה. פילוסופיית התכנון שהנחתה את הפרויקט היא יתירות, שימוש ברכיבים אלקטרוניים תעשייתיים ובדיקות סביבה מלאות. המשימות שלהן תוכנן הלוויין הן תצפית מהחלל באמצעות מצלמת CCD ומערכת UV ותקשורת S&F.

עיקר המערכות מהן מורכב הלוויין נתרמו ע"י התעשייה הישראלית :

- מבת - מצברים.
- מלמ - פנלים סולריים.
- תממ - רכיבים אינרציאליים.
- אלאופ - מד אופק ומצלמה.
- אלביט - מחשב.
- אלישרא - דוחס אותות.

•תדיראן - רכיבי תקשורת.

•רפאל - אנטנות.

•ועוד..

הרכיבים שנתרמו ע"י התעשייה יעברו הכשרת חלל ע"י הלווין. חלקו של הטכניון בפיתוח הלווין כולל פיתוח המודמים, תחנת הקרקע, סנסור אוזון וגלאי X-RAY וביצוע בקרת המבנה, הניתוח התרמי, ואינטגרציה מערכות התקשורת, בקרת הגישה וכו'.

צוות הפיתוח של הלווין במכון אשר מורכב מגרעין של כ-25 עובדים קבועים מרביתם עולים חדשים ומפרויקטנטים שהם סטודנטים בפקולטה לאוירונאוטיקה וחלל והפקולטות לפיסיקה, חשמל ועוד אשר מקבלים פרויקטים דו-סימטריאליים כחלק מתוכנית הלימוד שלהם ומסטודנטים לתואר שני ושלישי.

טכסאט 1 שוגר בפעם הראשונה במרץ 95 באמצעות משגר רוסי שיגור שנכשל והלווין אבד. לווין טכסאט 1 נוסף נבנה בימים אלו וישוגר באמצע שנת 1997.

ראש הפרויקט מציע את המשך תכנית טכסאט ע"י מימוש שני קונספטים יישומיים בתכניות עסקיות כלל עולמיות. קונספטים אלו מהווים לדעתנו סיכון טכנולוגי גדול, מה עוד שעדיין לא גובשו ברמת תכן מבוקר, ומותנים ברכישת המערכות ע"י תכנית בינלאומית גדולה. ככל הידוע לנו חלוקות הדעות בטכניון לגבי אימוץ האסטרטגיה של פיתוח הנדסי - מסחרי ולגבי ישימות הקונספטים. (הערה: הצוות לא נפגש עם ראש המכון מסיבות שאינן תלויות בצוות). פרוט הצעת ראש המכון, להלן.

מטרת תוכנית טכסאט 2 היא לשלב לקדם ולהעמיק את התשתית לכיוון מערכות המהוות מפצח להשגת יתרונות יחודיים בתחום המיקרולווינים שיהיו בעלי כושר תחרותי יישומי בעולם. הטכסאט 2 יתבסס על הפלטפורמה של הטכסאט 1 ויתווספו לה מערכת הנעה (שמתחייבת כאשר מדובר בקונסטלציות), מקלט GPS, הספק גבוה יותר, ומשקל גבוה יותר (75-95 ק"ג).

לגבי אופי המטעד קיימות 2 אופציות: מטעד חישה מרחוק, "SensTech", או מטעד תקשורת, "ComTech". לווין "SensTech" יבוסס על טלסקופים שעברו הוכחה בחלל ויהיה מיקרולוויין לצילום מולטיספקטראלי. הכוונה היא להגיע לרזולוציה של 4.5 מ' ב-3 צבעים (מגובה של 600 ק"מ) הטכנולוגיות שיפותחו במסגרת הפרויקט הן: מערכת טלסקופ מולטיספקטראלי, אנטנה רב אלומתית, דחיסת תמונה, אמצעי אכסון, מודם X-Band ולצורך תחנת הקרקע אנטנת 1.5 מ' זולה.



## 6.7.2 התוכנית המוצעת ע"י ראש המכון המיועד

משיחה שקיימנו עם פרופ' משה גלמן שמיועד להחליף את פרופ' גיורא שביב בראשות המכון לחקר החלל לאחר שיגור הטכסט 1 עולה כי הוא רואה עתיד שונה למכון ולתוכנית טכסט.

פרופ' גלמן אינו רואה את את עתיד פעילות החלל בטכניון בתחום הפעילות הכלכלית. בראייתו עיקר החשיבות של הטכניון היא בפיתוח תשתית ושיתופי פעולה עם התעשייה כשהמטרה הסופית היא הפריית התעשייה. לצורך כך רואה את תפקיד הטכניון והאקדמיה בכלל בקיום מחקרים ישומיים (ולא מדעיים טהורים).

לדעת פרופ' גלמן מה שנעשה עד כה בפרויקט טכסט הוא חשוב מאוד ותרם להעלאת הטכניון וישראל מדרגה בחקר החלל ויאפשר קיום שיתופי פעולה בינ"ל, אך אין להמשיך בפרויקטים דומים ליישום מסחרי.

לדעתו של פרופ' גלמן יש להגדיר את פעילות מכון החלל כלהלן:

### יעוד

- להשתתף באופן פעיל בהרחבת חזית הידע בחלל, בפתוח התעשייה הישראלית ולתרום לחיזוק ישראל.
- לפתח שיטות וטכניקות חדשות לכלי חלל.
- לבסס את תפקידה של ישראל בקהילת החלל הבינ"ל באמצעות שיתופי פעולה.
- לקדם ולהרחיב את החינוך המדעי והטכני בכל הרמות ובנושא החלל בפרט.

### תוכניות

#### טכנולוגיות

- פיתוח כלי חלל אוטונומיים, קטנים וזולים למשימות חלל חדשות.
- פיתוח כלי תכנון, שיטות, סימולציה ואינטגרציה ללוויינים קטנים.
- להקטין את התלות של כלי החלל באמצעי הפעלה קרקעיים ולפתח אמצעי הפעלה אוטונומיים בחלל.
- פיתוח נושא הנעה חשמלית סולרית.

#### מדע החלל

- קידום שיתופי פעולה בינ"ל.

- השתתפות בתכנון משימות חלל באסטרופיסיקה ופיסיקת חלל.
- פיתוח מכשירים חדשים לחקר החלל.

#### חישה מרחוק

- לפתח יכולת חישה מרחוק של אוקינוסים, יבשות והאטמוספירה תוך שימוש בטכנולוגיות חדשות.

#### תקשורת

- פיתוח שיטות תקשורת אופטית בחלל.
- פיתוח שיטות תכנון של תחנות קרקע במטרה לפשט את הפעלתן ולהוזילן.

#### חינוך וטכנולוגיה

- להרחיב ולהעמיק את מעורבותם של הסטודנטים במדע וטכנולוגית חלל.
- לקדם שימוש ומעבר טכנולוגית חלל.
- לתמוך בניטור ושימור הסביבה.

לפי ראייתו של פרופ' גלמן לצורך השגת היעדים הנ"ל יהיה למכון גרעין מרכזי שיורכב מחברי סגל הטכניון ומדענים אשר יעסקו במחקר ובהנחית סטודנטים לתארים מתקדמים. המחקרים שיבצעו חברי המכון בסיועם של הסטודנטים יהוו בסיס לפרויקטי החלל של המכון.

לצורך מימוש הפרויקטים תפעל במסגרת המכון קבוצה של מהנדסים שיהוו את היחידה ההנדסית של המכון ויהיו עובדיו. לדעת פרופ' גלמן על הגרעין ההנדסי של המכון לכלול כ-10 חברים אשר יכסו תחומים שונים: אסטרודינמיקה, הנעה, בקרה, תקשורת, מבנה, אלקרטואופטיקה, רובטיקה וכו'. תפקיד חשוב נוסף של הקבוצה ההנדסית הוא העברת הטכנולוגיות שיפותחו לתעשייה.

עלות ההפעלה של המכון במתכונת המוצעת ע"י פרופ' גלמן תהיה כ-1.0-0.5 מיליון \$ לשנה מתוכם כ-0.25 מ' \$ למימון שכר הגרעין ההנדסי והיתר למימון במחקר. התקציב צריך להגיע לדעתו מהמדינה (משרד המדע - סל"ה) ומהטכניון.

השיגור הראשון נכשל עקב כשל המשגר ושיגור נוסף נקבע לאמצע 97. הראיה של ראש הפרויקט של המכון היא כיוון הפעילות העתידית, טכסאט 2, לאפיק מסחרי כדי להוכיח ישימות מסחרית. הלוויינים אינם מכילים חדשנות טכנולוגית ומעורבות הסגל האקדמי של הטכניון ושל הסטודנטים היא זעומה ביותר עקב מגמה זו.

הכיוון העתידי של המכון כפי שמשקף מתוכניתו של פרופ' גלמן היא להפוך את המכון למכון מחקר מדעי אשר יעסוק במחקר ישומי ובפיתוח טכנולוגיות חדשות תוך שיתוף הסגל האקדמי של הטכניון והסטודנטים וישאף לשתף פעולה עם מוסדות אקדמיים בעולם בפרויקטי חלל ולבצע פרויקטים שיתבססו על הטכנולוגיות שיפותחו במכון בשיתוף פעולה מירבי עם התעשייה כאשר הכיוון הכללי אינו מסחרי דווקא אלא מדעי-מחקרי.

לסיכום, פרויקט טכסאט מהווה כיום את עיקר פעילותו של המכון לחקר החלל. פעילות זו הניבה עד כה את הלוויין טכסאט 1 שעיקר ההישג שבו הוא שיגור של מיקרולוויין על מערכות הקיום שלו וקיום צוות פיתוח של כ-25 מהנדסים.

## 6.8 - מחקרי תשתית והכשרת חוקרים ומהנדסים

### 6.8.1 הטכניון - הפקולטה להנדסת אוירונאוטיקה וחלל

הפקולטה לאוירונאוטיקה החלל לעסוק בחלל באמצע שנות ה-80. הפקולטה רואה עצמה כממלאת 4 תפקידים בהקשר לפעילות החלל:

א. הכשרת חוקרים, מהנדסים, ומנהלי פרויקטים המזינים את התעשייה בארץ.

ב. יצירת נכסי ידע הניתנים לניצול כלכלי.

ג. בנית תשתית חיונית למחקר, לפיתוח ולהכשרת מהנדסים.

ד. העברת טכנולוגיה וסיוע בשיווק ע"י הישגי מדענים וקשריהם הבינלאומיים.

כיום הכניסה הפקולטה את נושא החלל לתוכנית הלימוד כמקצוע חובה וניתנים מספר קורסים בנושא. הפקולטה הכירה בחשיבות נושא החלל לא רק במסגרת הפקולטה ויזמה ביחד עם הפקולטה לפיסיקה את הקמת המכון לחקר החלל (שנידון בהרחבה לעיל) בראיה שהמכון יקדם את החיבור בין הצד האקדמי הטהור של החלל עם הצד הישומי - הנדסי.

כוונה של הפקולטה בהקמת המכון היתה שתנתן לסטודנטים הזדמנות לישיב פרויקטים שביצעו במסגרת הכשרתם - "פרויקטי נייר", ובכך לתרום תרומה חשובה לתהליך הכשרתו של המהנדס.

אין לפקולטה ענין בהרחבת הפעילות ההנדסית-מסחרית במסגרתה מכיוון שבראייתה פעילות זו גורעת מהיקף ומכושר המחקר בפקולטה. לפי חוות הדעת של ועדה פנימית שבדקה את הנושא פעילות אשר מקבלת אופי מסחרי צריכה להתבצע ביחידה נפרדת מהפקולטה (אולם עם זיקה אליה ואל התעשיות) אשר תנוהל באופן כלכלי.

בראיית הפקולטה פעילות טכסאט במכון לחקר החלל פגעה בפעילויותיה האחרות משום שדרשה משאבים ניהוליים רבים מצד הפקולטה. לדעת הפקולטה אין לאפשר להחזרת מצב כזה בעתיד כדי שלא יפגעו האינטרסים האקדמיים בעתיד.

בראיית ראשי הפקולטה, הטכניון יכול לשמש כצינור לקשירת קשרים עם מדינות ואירגונים בינ"ל בתחום החלל, גם באמצעות שיתופי פעולה מדעיים, אשר יהיו סגורים בפני חברות מסחריות ובכך היא עשויה לשרת את התעשייה הישראלית.

## 6.8.2 - רפואת חלל

לתנאים השוררים בחלל, ובעקר - חוסר משקל, יש השפעה על מערכות חיות, מרמת המולקולה והתא ועד לתפקוד בעלי חיים ובני אדם. למחקר הביולוגי בחלל יש חשיבות בהקשרים:

- הבנת תנאי החיים בחלל לצורך פיתוח משימות מאוישות בחלל.
- הבנת תהליכי החיים על הארץ דרך ניסויים בחלל, לצורך פיתוח שיטות ריפוי ותרופות.
- פיתוח וייצור תרופות בתנאי חלל (חוסר משקל).

דרך פיתוח וביצוע משימות חלל הכוללות מערכות ביולוגיות, ובייחוד מערכות חיות, מתפתחות שיטות ניסוי ייחודיות, ומפותח מיכשור מדידה וניטור שעשוי לשמש גם בתעשית הרפואה: ניטור והעברת מידע על מצב רפואי לצורך ריפוי מרחוק (telemedicine).

המדינות המובילות באופן מסורתי ברפואת חלל הן ארה"ב ורוסיה, היחידות שביצעו משימות חלל מאוישות. פעילות מחקר ביולוגי מבוצעת בשיתופי פעולה עם NASA (שיגורים במעבורת) ועם הסוכנות הרוסית (שיגורים בחללית "מיר"). משימות קטנות מבוצעות במעבורת באמצעות חברה קבלנית ITA המשכירה תאים קטנים (סיג 5 סמ"ק) לניסויים.

אין כיום שוק לרפואת חלל. גם ניסויי ITA נשכרים בעקר ע"י אוניברסיטאות. לא ידוע על השקעות גדולות של חברות תרופות במשימות חלל. גם יישום מיכשור הניטור אינו מתפתח בקצב ניכר.

נוכחות ישראל בפעילות זו היתה עד היום מצומצמת ולא הביאה לגילויים או לאמצאות היוצרות הזדמנות תחרותית. התבצעו עד כה 4 ניסויים: ניסוי צרעות, ניסוי ביצי שלווים, ניסוי עוברי עכברים וניסוי סידן בעצמות.

כאמור, לא קיים כיום שוק. היישומים המובטחים ע"י החוקרים וסוכנויות החלל לא הצליחו עד כה לגרות את תעשיית הרפואה והתרופות בעולם. הערכת הפוטנציאל, והשוק הנגזר מכך, היא עדיין נחלת הקהילה המדעית. מוצע כי הצעות מחקר בנידון תעבורנה בחינת מדענים כמקובל להצעות מחקר במחקר בסיסי.

## 6.9 סיכום

תעשית החלל בישראל אינה יציבה כיום. צמיחת התעשייה הושגה בעיקר מתוך התעשייה הבטחונית ובאמצעות תוכניות שמומנו מתקציב משרד הבטחון ובראשן פרויקט "אופק". התעשייה פותחה בעיקר משיקולים לאומיים ומכילה את מירב מרכיבי העצמאות. אולם לא בהכרח קיימת חפיפה בין יכולות התעשייה לפוטנציאל המסחרי-עיסקי בשוק האזרחי העולמי.

- בהישגי ויכולות תעשית החלל הישראלית רשימת הנכסים הקיימים :
  - לוויין GEO בגודל בינוני (AMOS 1000 ק"ג) (פעיל בחלל)
  - לוויין OEL בתחום 200 ק"ג אופק (פעיל בחלל)
  - לוויין LEO זעיר טכסט (שיגור נכשל. שיגור שני בקיץ 1997)
  - משגרים ללוויני LEO (שיגרו את "אופק")
  - מנוע שלב ג' (שיגר את "אופק")
  - מנועים ללווינים (נכללים ב"אופק", ואחרים)
  - הנעה חשמלית בחלל (פותח מנוע חדשני. לא נוסה בחלל).
  - רכיבים אינרציאליים ללוויני LEO (נכללים ב"אופק" ו טכסט)
  - מד אופק (נכלל בטכסט)
  - טלסקופ אופטי, טלסקופ רב ספקטרלי (מבוססים על טאווקס)
  - מחשב ללוויין (נכללים ב"אופק" ובטכסט)
  - תאי שמש ללוויין (נכללים ב"אופק" ובטכסט)
  - מערכות VSAT
  - תקשורת פרצים ליחידות קרקעיות.

רשימת הנכסים המוצגת לעיל מציגה תמונה של עצמאות מסוימת שיש לתעשית החלל ואי תלות בתעשיות חלל במדינות אחרות. התעשייה בישראל מצטיינת, באופן מסורתי, בחדשנות בעיקר מערכתית אך לא בגודל. מסקירת תעשית החלל ניתן לזהות פוטנציאל חדירה לתחום תחכום המשימות והמכלולים ולתחום הלווינים הקטנים.

ניתן לזהות מספר יתרונות ברורים, אם כי לא גדולים, של תעשית החלל הישראלית. יתרונות אלו נוצרו כתוצאה מפיתוח תחת אלוצים שונים: אילוצי תקציב, אילוצי

זמן ואילוצי משגר (נפח ומשקל). מנסיון עבר בתחומים אחרים (פיתוחים של מערכות נשק) היתרון הישראלי לא ימשך לאורך זמן באם מתחרים עתירי משאבים יגלו את הפוטנציאל ויסגרו את הפער במהירות.

### התחומים העיקריים בהם יש לישראל יתרון מסוים הם:

- לווניס קטנים וזולים למשימות חישה מרחוק וצילום ברזולוציה גבוהה עפ"י דוגמת "אופק".
- מטעד אלקטרואופטי קל משקל וזול ברזולוציה גבוהה.
- לווני תקשורת בינוניים (כ-1000 ק"ג) לשידורים לציבור ושרותים אחרים.
- מד אופק סטטי חדשני בעל דיוק גבוה וצריכת הספק נמוכה.

נושאים נוספים המצויים בפיתוח ויתכן ויתבררו כבעלי פוטנציאל בעתיד הם בעיקר מנועי לווניס מתוצרת רפא"ל וקמ"ג.

יתר תחומי הפעילות של תעשית החלל לא זוהו על ידנו כיתרון יחסי של התעשייה הישראלית על פני התעשייה העולמית אולם אין משמעות הדבר כי אינם תחרותיים או בעלי פוטנציאל מסחרי. דוגמה למוצרים בהם לא קיים לישראל יתרון על פני שאר העולם אולם יש לישראל יכולת לתחרות בעולם הם משגר הלווינים "שביט" והרכיבים האינרציאליים של תמם.

הסיוע הממשלתי מבוקש בארבעה תחומים:

א. סיוע מימוני - כאשר נוצרת הזדמנות עיסוקית לפרויקט חלל כדוגמת פרויקט "ארוס" של מבת ואלאופ או פרויקט "דוד" נוצר קושי בגיוס הון להנעתם. החברות סבורות כי על המדינה למלא חלל זה באמצעות מתן ערבויות מדינה (בדומה לערבויות "עמוס") או מתן מענקים והלוואות יעודיים מעבר לתמיכה הרגילה דרך המדען הראשי וכד'.

ב. סיוע שיווקי - שוק החלל אינו שוק חופשי במובן הרגיל עקב מעורבות רבה של ממשלות דרך סוכנויות חלל והגנות על תעשייה מקומית משיקולים שאינם כלכליים בדרך כלל. עובדה זו מחייבת מעורבות של הממשלה בסיוע לחברות בשיווק באמצעות מעורבות מיניסטרילית או דיפלומטית.

ג. סיוע ב"הכשרת חלל" - בשוק החלל המסחרי יש חשיבות רבה להוכחת ביצוע בחלל של מוצר חדש לפני שירכש. העלות הגבוהה של מתן "הכשרת חלל" למכלולים הביאה למצב שמרבית הטכנולוגיות והמכלולים החדשים בחלל נוסו באמצעות פרויקטים במימון ממשלתי ורק אח"כ הפכו

מסחריים. מרבית המכלולים והמערכות שפיתחה התעשייה הישראלית עברו כבר הכשרת חלל בפרויקט "אופק" ואחרים, אולם נדרשת מעורבות המדינה לקיום ערוצים של הכשרת חלל גם בעתיד לנוכח תהליכי הפיתוח המתקיימים כיום. עזרה כזו של המדינה יוכלה להיות בשני אופנים. היקר שבניהם יהיה שיגור לוויין הדגמת טכנולוגיות מדי תקופת זמן והאופן השני והזול יותר הוא השתתפות בפרויקטים בינ"ל בהם תורמת ישראל מערכות ובתמורה הן מנוסות בחלל.

ד. סיוע בקיום "מוקדי ידע" - בתעשית בהן ביקרנו זוהו ע"י המנהלים גרעיני כ"א בהיקף של כ-150 איש שמהווים מוקדי ידע. אי קיום פעילות חלל יחייב העסקתם בתחומים אחרים ואיבוד הידע. החברות רואות חשיבות לאומית בסיוע של המדינה באמצעות זרימה שוטפת של פרויקטים לאחזקת מוקדי הידע הללו.

ה. תמיכה במחקר תשתיתי - תמיכה במחקר תשתיתי שתכליתו יצירת חדשנות והבאתה לשלב הוכחת ישימות. מחקר כזה צריך להתבצע בחממה בין תחומית קשורה בקשר הדוק לאקדמיה ובמגע עם התעשייה. המכון לחקר החלל בטכניון מהווה אכסניה טבעית למחקר התשתיתי ועל המדינה לטפחו ע"י מימון והכוונה אסטרטגית.



## רשימת מקורות

1. "A space policy for australia", Australian Academy of Technological sciences, 1985.
2. L.Bach, P.Cohendet, G.Lambert, M.J.Ledoux, "Measuring & Managing spinoffs: The case of spinoffs generated by Esa programs", Space Economics, Ed. Greenberg & Herzfeld, 1992.
3. M.W. Brackenreed, "Countertrade - A necessary part of marketing or an expensive diversion?", Space- technology & opportunities, 1985.
4. N.C. Goldman, "Space commerce", 1985.
5. J.S.Greenberg, "Commercial development of space: Government/Industry relationship", Space economics, Ed. Greenberg & Herzfeld, 1992.
6. H.R.Herzfeld, "Measuring returns to space research & development", Space economics, Ed. Greenberg & Herzfeld, 1992.
7. Jane's Space directory '95-'96, edited by Andrew Wilson, 11th Edition.
8. D.J.Shapland, "The European space agency & the private sector", Space-technology & opportunities, 1985.
9. J.Simonoff, "Financing space projects", Space economics, Ed. Greenberg & Herzfeld, 1992.
10. R.S.Sowter, "financial structure for participation in industrial space projects", Space- technology & opportunities, 1985.
11. "Bank, corporations to assume bigger financing role" Space News, Oct 30 -Nov 5, 1995.
12. "Small Launch vehicle Disasters Plague 1995", Space News, Dec 11-17, 1995.
13. "Companies vie for small payloads", Space News, Aug 5-11, 1996.
14. "European efforts persevere despite failure", Space News, Aug 5-11, 1996.
15. "Launch market heats up", Space News, Aug 5-11, 1996.
16. "U.s. Warily eyes Ukraine's Cyclone", Space News, Aug 5-11, 1996.
17. "The global mobile systems at a glance", Mobile satellite news, dec 12, 1996.
18. "Delta launch failure investigation delays Iridium's first launch", Mobile satellite news, jan 23, 1997.
19. "U.S. imposed quotas on launches will be lifted over time", Satellite news, Feb 3, 1997.
20. "Demand for telecom infrastructure creating opportunity in Asia", Satellite news, Jan 27, 1997.
21. "The satellite blasts off", Businessweek, Jan 16, 1997.
22. World space industry survey - 10 year outlook - 1991-1992, Euroconsult.
23. 1996 - European space directory , 11th edition, Sevirig Press.
24. 1996-1997 U.S. space directory, Space publication.

## רשימת טבלאות

42	2.1 - תוצאות מחקרי BETA בשנים 82, 91, 93	.1
43	2.2 - התפלגות Spin-off בין הרמות השונות של היצרנים	.2
60	4.1 - פילוח 10 תקציבי החלל הגדולים לשנת 1993 לפעילויות	.3
61	4.2 - התפלגות תקציב NASA לפעילויות עיקריות בשנים 94-95	.4
62	4.3 - תקציבי החלל האמריקאיים בשנים 89-96	.5
62	4.4 - תקציבי החלל של רוסיה בשנים 1991-1996	.6
63	4.5 - כמות השיגורים של רוסיה מול ארה"ב בשנים 90-94	.7
66	4.6 - תקציב ESA בחלוקה למדינות התורמות בשנים 91-96	.8
67	4.7 - שיעור תקציב המדינות ב-ESA מתוך סך תקציב החלל שלהן בשנים 91-96	.9
68	4.8 - תקציב החלל של צרפת בשנים 89-96	.10
69	4.9 - תקציב החלל של גרמניה בשנים 89-96	.11
70	4.10 - תקציב החלל של בריטניה בשנים 89-96	.12
71	4.11 - תקציב החלל של איטליה בשנים 89-96	.13
72	4.12 - תקציב החלל של הודו בשנים 90-96	.14
74	4.13 - תקציב החלל של יפן בשנים 90-96	.15
84	5.1 - תוכניות ה-Big Leos לתקשורת אישית ניידת	.16
85	5.2 - מערכות תקשורת אישית רחבת סרט גלובלית מתוכננות	.17
90	5.3 - התפלגות השיגורים לחלל בין המדינות המשגרות בשנים 57-94	.18
93	5.4 - מצאי המשגרים הגדולים הפעילים בעולם	.19
96	5.5 - מצאי המשגרים הקטנים הפעילים בעולם	.20
100	5.6 - פרוט התוכניות העיקריות לצילום מהחלל בעולם	.21
103	5.7 - שיגורי מיקרולווינים עד היום	.22
105	5.8 - שיגורי מיקרולווינים תזויים לשנים הקרובות	.23
109	5.9 - תקציבים שהוקדשו למחקרי מיקרוגרביטציה בשנים 93-94	.23
110	5.10 - % מתקציבי החלל האזרחיים למדע ומו"פ בחלל	.24

## רשימת דיאגרמות

48	3.1 - עקומות שוות סבירות השקעה	.1
52	3.2 - מודל לקבלת החלטות בנוגע לסיוע למגזר הפרטי	.2
59	4.1 - תקציב החלל האזרחי במדינות שונות כ-% מה-GDP	.3
59	4.2 - שיעור המו"פ לחלל מתוך המו"פ הממשלתי במדינות השונות	.4
64	4.3 - תרומה ל-ESA מול חוזים שהתקבלו בשנים 72-95 - התורמות העיקריות	.5
65	4.4 - התרומה ל-ESA מול חוזים שהתקבלו בשנים 72-95 - המדינות הקטנות	.6
87	5.1 - מספר לווייני התקשורת בשנים 80-91 מול 1992-2004 - לפי מדינות	.7

87	5.2 - ערך לווני התקשורת בשנים 80-91 מול 92-2004 - לפי מדינות	.8
95	5.3 - תחזית שיגורי לוינים קטנים לשנים 1997-2005	.9

### רשימת איורים

41	2.1 - תהליך יצירת Spin-off בפעילות החלל	.1
----	---	----