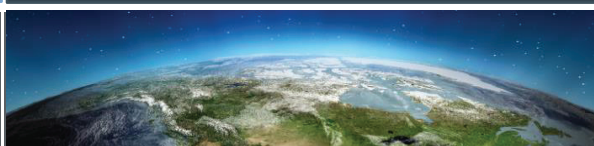
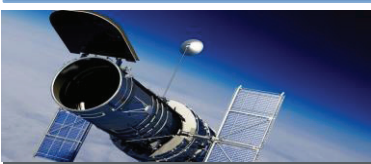




שימוש דו תכליתי (Dual Use) בטכנולוגיות חלל ובלוויינים

כתב: אבי בלסברגר



אודות מוסד שמואל נאמן

מוסד שמואל נאמן הוקם בטכניון בשנת 1978 ביוזמת מר שמואל (סם) נאמן והוא פועל להטמעת חזונו לקידומה המדעי-טכנולוגי, כלכלי וחברתי של מדינת ישראל.

מוסד שמואל נאמן הוא מכון מחקר המתמקד בהתווית מדיניות לאומית בנושאי מדע וטכנולוגיה, תעשייה, חינוך והשכלה גבוהה, תשתיות פיסיות, סביבה ואנרגיה ובנושאים נוספים בעלי חשיבות לחוסנה הלאומי של ישראל בהם המוסד תורם תרומה ייחודית. במוסד מבוצעים מחקרי מדיניות וסקירות, שמסקנותיהם והמלצותיהם משמשים את מקבלי החלטות במשק על רבדיו השונים. מחקרי המדיניות נעשים בידי צוותים נבחרים מהאקדמיה, מהטכניון ומוסדות אחרים ומהתעשייה. לצוותים נבחרים האנשים המתאימים, בעלי כישורים והישגים מוכרים במקצועם. במקרים רבים העבודה נעשית תוך שיתוף פעולה עם משרדים ממשלתיים ובמקרים אחרים היוזמה באה ממוסד שמואל נאמן וללא שיתוף ישיר של משרד ממשלתי. בנושאי התווית מדיניות לאומית שעניינה מדע, טכנולוגיה והשכלה גבוהה נחשב מוסד שמואל נאמן כמוסד למחקרי מדיניות המוביל בישראל.

עד כה ביצע מוסד שמואל נאמן מאות מחקרי מדיניות וסקירות המשמשים מקבלי החלטות ואנשי מקצוע במשק ובממשל. סקירת הפרויקטים השונים שבוצעו במוסד מוצגת באתר האינטרנט של המוסד. בנוסף מוסד שמואל נאמן מסייע בפרויקטים לאומיים דוגמת המאגדים של משרד התמי"ס - מגני"ט בתחומים: ננוטכנולוגיות, תקשורת, אופטיקה, רפואה, כימיה, אנרגיה, איכות סביבה ופרויקטים אחרים בעלי חשיבות חברתית לאומית. מוסד שמואל נאמן מארגן גם ימי עיון מקיפים בתחומי העניין אותם הוא מוביל.

יו"ר מוסד שמואל נאמן הוא פרופ' **זאב תדמור** וכמנכ"ל מכהן פרופ' **עמרי רנד**.



כתובת המוסד :

מוסד שמואל נאמן, קרית הטכניון, חיפה 32000

טלפון : 04-8292329, פקס : 04-8231889

כתובת דוא"ל : info@neaman.org.il

כתובת אתר האינטרנט : www.neaman.org.il

שימוש דו תכליתי (Dual Use) בטכנולוגיות חלל ובלוויינים

מאי 2015



אין לשכפל כל חלק מדו"ח זה ללא רשות מראש ובכתב ממוסד שמואל נאמן מלבד לצורך ציטוט של קטעים קצרים במאמרי סקירה ופרסומים דומים תוך ציון מפורש של המקור. הדעות והמסקנות המובאות בפרסום זה הן על דעת המחברים ואינן משקפות בהכרח את דעת מוסד שמואל נאמן.

תודות

תודה לכל המרואיינים שהקדישו מזמנם, מניסיונם ומהידע שלהם בתחום.
תודה לפרופ' חיים אשד, על ההכוונה, ההערות וההארות לאורך העבודה.
תודה מיוחדת לד"ר דגנית פייקובסקי על הערותיה והעזרה הרבה אשר סייעה לשיפור עבודה זו.
תודה לד"ר דפנה גץ על הערותיה והארותיה במהלך העבודה.
תודה לציפי בוכניק ובלה זלמנוביץ על הסיוע בעריכת הדו"ח.

תוכן עניינים

1	1	רקע
1	2	כללי
2	3	שוק החישה מרחוק - כללי
3	4	סקירת שוק החישה מרחוק ברזולוציה גבוהה בהיבט שימוש דו תכליתי בעולם ובישראל
3	4.1	המודל האירופאי/קוריאני
4	4.2	המודל האמריקאי
5	4.3	מסקנות והמלצות לחישה מרחוק ברזולוציה גבוהה
6	4.4	פערי פיתוח למערכות חישה מרחוק ברזולוציה גבוהה
7	5	לווייני תקשורת
7	5.1	כללי
7	5.2	השוק המסחרי
7	5.3	השוק הצבאי
8	5.4	שימוש דו תכליתי
8	5.5	המלצות
9	6	חישה מרחוק היפר ספקטרלית
9	6.1	כללי
9	6.2	מערכות חלליות מחקריות
10	6.3	מערכות חלליות עם יעדים ברורים למסחור
10	6.4	המלצות
11		ביבליוגרפיה
12		נספח א' – רשימת המרואיינים

1. רקע

הוועדה הלאומית בתחום החלל של המולמו"פ הזמינה סקר ממוסד שמואל נאמן בנושא "פעילות מו"פ, תשתיות וכוח אדם בתחום החלל האזרחי בתעשייה, באקדמיה ובמערכת החינוך בישראל". הדו"ח הנוכחי התבקש כהרחבה לסקר ומטרתו לבחון "שימוש דו-תכליתי" (Dual Use) בטכנולוגית חלל ובלוויינים. במסגרת העבודה התבקש מוסד שמואל נאמן לבחון את הנושאים הבאים:

ההשלכות ל "שימוש דו-תכליתי" במקטע הקרקעי ובמקטע החללי של המערכות הבאות:

1. לוווינים אופטיים ברזולוציה גבוהה ובינונית.
2. לוווינים מולטי והיפר ספקטריים.
3. לווויני תקשורת.

עיקרי ההמלצות הנדרשות מעבודה זאת רלבנטיים לתחומים הבאים:

1. פערי המו"פ למקסום ערך השימוש הדו-תכליתי.
2. המלצה על אופן עבודה אופטימלי אשר ימקסם את ערך השימוש הדו תכליתי.

אופן ביצוע העבודה, כפי שהותווה, הוא ראיונות עם אנשי מפתח רלוונטיים מהתחומים השונים ולימוד/בחינה של הנעשה בעולם בתחום זה. נספח א' כולל את רשימת המרואיינים.

2. כללי

אופי המערכות החלליות מכתוב שיטות פיתוח ומאפייני מערכות היוצר דמיון בין המערכות החלליות הביטחוניות והאזרחיות/מסחריות. כתוצאה מכך, ניתן לומר, כי חלק ניכר מתוצרי הפיתוח של מערכות אלה מתאים לשימוש דו תכליתי. סינרגיה זאת בין השווקים מספקת הזדמנות למקסום האמצעים לטובת השוק המסחרי/אזרחי כמו גם לשוק הביטחוני. בכדי להשיג יעד זה יש לנקוט בצעדים הבאים:

1. מתן אפשרות לשימוש בטכנולוגיות אשר פותחו במסגרת צבאית לשימושים מסחריים/אזרחיים ולהפך.
2. שימוש יעיל יותר במקורות תקציביים שונים לפיתוח יישומים מסחריים/אזרחיים וביטחוניים וכתוצאה מכך שימוש יעיל יותר בתקציב הביטחון ובתקציב החלל האזרחי.
3. מתן אפשרות למכירת עודף כושר איסוף במערכות תצפית אשר בשימוש מערכת הביטחון לגורמים מסחריים על בסיס חלוקת זמן ו/או חלוקת אזורי העניין.
4. שימוש משותף בלווייני תקשורת לצרכים מסחריים וצבאיים.
5. יצירת מכפילי כוח על ידי יצירת תעשיות/מיזמים אשר יתפתחו כנגזרות של גידול היקף תעשיית החלל ובפרט תעשיית המידע מהחלל.

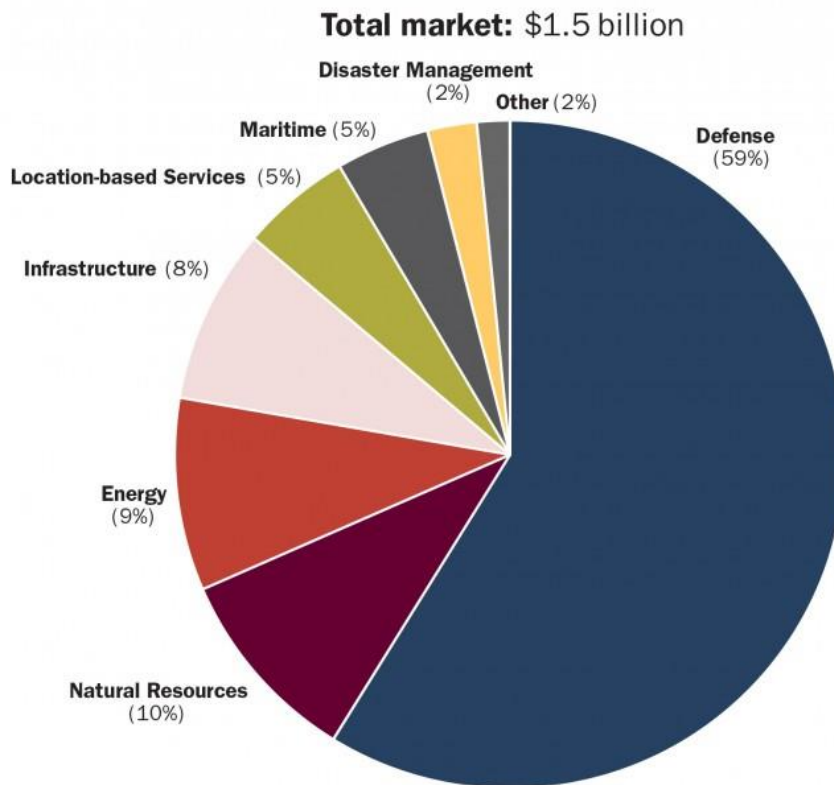
במערכות אשר כבר פותחו והוגדרו, יש לקיים את התיאום כך שהשימוש בהן יהיה המיטבי לתרומה לשוק הביטחוני והמסחרי כאחד. יעילותו של תיאום שכזה תהיה גבוהה יותר אם יתקיים כבר בשלב הגדרת המערכות העתידיות.

3. שוק החישה מרחוק - כללי

בתקציר מחקר שפורסם בשנת 2014 על ידי חברת BCC Research¹ (הדו"ח המלא אינו נמצא בידינו) הוערך שוק החישה מרחוק הלווייני והאווירי בכ- 8.1 ביליון דולר לאותה שנה. בנוסף, ההערכה היא כי קצב הגידול בחמש השנים הקרובות יהיה של כ- 8% בשנה ויגיע ל- 12.1 ביליון דולר בשנת 2019. מאחר והדו"ח לא נמצא בידינו, אין לנו את הנתונים לגבי הפילוח בין השוק האווירי לחללי, יחד עם זאת הדו"ח מצביע על גידול מתמיד בשוק זה.

מתוך מידע של חברת Euroconsult² הזמין ברשת האינטרנט, בשנת 2013 שוק הנתונים מלוויינים הסתכם ב- 1.5 ביליון דולר, לפי החלוקה הבאה:

EO Commercial Data: Demand by Sector (World, 2013)



source: Euroconsult (2014). Satellite-Based Earth Observation: Market Prospects to 2023.

מספר זה תואם את הנתונים בדו"ח של חברת Tauri Group³ עבור ה- Satellite Industry (SIA) Association על פי הדו"חות הכספיים של חברת DigitalGlobe⁴, בשנת 2014 מכירות החברה עמדו על בסך 654.6 מיליון דולר, גידול מ- 612 מיליון דולר בשנת 2012. הנתח של ממשלת ארה"ב במכירות החברה

¹<http://www.bccresearch.com/market-research/instrumentation-and-sensors/remote-sensing-technologies-ias022d.html>

² <http://ejournal.com/print/articles/emerging-programs-markets-drive-earth-observation-growth>

³ <http://www.sia.org/wp-content/uploads/2014/09/SSIR-September-2014-Update.pdf>

⁴ <http://finance.yahoo.com/news/digitalglobe-reports-fourth-quarter-full-210200130.html>

⁵ <http://investor.digitalglobe.com/phoenix.zhtml?c=70788&p=irol-reportsannual>

היה 395.6 מיליון דולר, המהווה עלייה של 10% לעומת השנה הקודמת. בשנת 2015, צופה החברה מכירות הנעות בין 725-750 מיליון דולר. מאחר והחברות האירופאיות הגדולות הן חלק מחברות ענק, והן אינן מפרסמות דו"חות נפרדים, אין נתונים ברורים על הכנסותיהן בתחום זה וניתן להתבסס רק על הערכות. דו"ח אירופאי משנת 2012 אשר נערך על ידי EARSC⁶ בהזמנת סוכנות החלל האירופאית (ESA) סוקר את תעשיית הערך המוסף מהדמאות (מכירת פרויקטים מבוססי הדמאות - שירותים). דו"ח זה מציין מכירות של כ- 750 מיליון דולר בשנת 2012 עם קצב גידול של למעלה מ 10%. כמו כן הדו"ח מציין, כי אחד החסמים לגידול הוא מחסור בנתונים.

לא כל הנתונים משלימים אחד את השני אך ניתן להסיק מהם מספר מסקנות, בהנחה ששוק ה"ערך המוסף" האמריקאי לא נופל מזה האירופי, הרי שוק הערך המוסף אינו נופל בגודלו משוק הנתונים ואולי אף גדול ממנו. מפילוח שוק הנתונים כפי שמופיע בגרף למעלה ניתן לראות כי עדיין, נכון לשנת 2013, 60% מהנתונים הם ברזולוציה גבוהה מאוד לצרכים ביטחוניים. יחד עם זאת ניתן להסיק כי יש חשיבות גדולה לפיתוח תוצרים והרחבת מגוון השירותים המתבססים על התוצרים. יתר על כן גישה לנתונים חדשים (שונים מאלה הקיימים היום) תאפשר פיתוח יישומים ושירותים חדשים.

4. סקירת שוק החישה מרחוק ברזולוציה גבוהה בהיבט שימוש דו תכליתי בעולם ובישראל

ב- 1972, עם שיגור הלוויין LANDSAT1 של נאס"א החל להתפתח תחום התצפית האזרחי. בשנת 1986, החל בצרפת הניסיון הראשון הרציני למסחור תחום התצפית האופטי עם שיגור הלוויין SPOT1. הנושא הוא בשנת 1999 עם הכניסה לתחום הרזולוציה הגבוהה⁷ המסחרית באמצעות שיגור לוויין ה- IKONOS האמריקאי.

תחת הכותרת "שימוש דו-תכליתי" פותחו מספר מודלים למימוש השימוש הדו תכליתי, המודלים הנפוצים ביותר היום הם:

4.1 המודל האירופאי/קוריאני

במודל האירופי אותו אימצו גם בקוריאיה - הממשלה מממנת ובונה את הלוויין, לדוגמה, הלוויינים SPOT ו- Pleiades בצרפת, הלוויין Cosmo SkyMed באיטליה וסדרת לווייני ה-KOMPSAT בקוריאיה. לאחר השיגור וההפעלה הראשונית (השלב בו הופך הלוויין למבצע), הממשלה מוסרת את הלוויין לחברה אזרחית/מסחרית אשר מפעילה את הלוויין ומסחרת את תוצריו. הממשלה שותפה בחברה המפעילה. "ההחזר" לממשלה קיים באופן ישיר בקבלת ההדמאות ובעדיפות הניתנת ללקוחות הממשלתיים לשימוש בלוויין בכל עת. הממשלה לא נהנית מהחזר כספי ישיר, אלא מהרווחים. כמו כן, קיים רווח עקיף משמעותי לממשלה בנושאים הבאים:

⁶ European Association of Remote Sensing Companies - <http://ears.org>

⁷ רזולוציה מרחבית בעלת ערך מודיעיני צבאי

1. תלות קטנה יותר בלוויינים צבאיים ייעודיים והפחתת מספרם.
2. פיתוח ושמירת תעשיית הלוויינים הלאומית לצרכים אזרחיים וצבאיים – דבר המהווה נכס אסטרטגי מוכר.
3. יכולת ייצוא של לוויינים זהים או דומים לאלו שפותחו לשימוש הממשלה.
4. פיתוח יישומים אזרחיים המאפשרים צמיחה של תעשייה רחבת היקף של תוצרים ויישומים מעבר לאלה שנועדו למטרות לאומיות ביטחוניות.
5. תרומה לנושאים כמו חינוך, קידום מדע וכו'.

דוגמאות למודל זה הן:

e-GEOS האיטלקית, החברה היא שותפות של ASI⁸ (20%) ו-Telespazio (80%). החברה ממסחרת את תוצרי לווייני המכ"ם האיטלקיים Cosmo SkyMed אשר מומנו במלואם על ידי סוכנות החלל האיטלקית/ממשלת איטליה. לוויינים אלה הם בעלי יכולת לשימוש דו תכליתי ומספקים מידע למשרד ההגנה האיטלקי. כמו כן, החברה מספקת שירותים מסחריים של הלוויין בזמן התצפית הפנוי. החברה גם מספקת שירותים, כקבלן משנה/בעלת זיכיון, לכל הלוויינים האמריקאים באירופה. העדיפות הניתנת ללקוחות הממשלתיים מייצרת בעיה של חוסר זמינות מצד הלוויינים הממשלתיים למטרות מסחריות, המקשה על החברה האזרחית להתחייב לפעילות ארוכת טווח ללקוחות אחרים.

דוגמה נוספת היא של חברת Airbus Defense & Space (EADS לשעבר) אשר הקימה חטיבת שירותים שאחת המחלקות שלה היא - GEO information. החברה ממסחרת את תוצרי הלוויינים Terra-Sar, Pleiades, SPOT ובנוסף לכך היא ממסחרת את תוצרי הלוויין הספרדי Deimos-1 והלוויין הטאיוואני FORMOSAT-2. החברה מספקת שירותי מידע וגם תוצרים מעובדים. הבסיס המסחרי דומה לזה של ה-e-GEOS בכל האמור ללווייני ה-Pleiades ולכן גם כאן קיימת בעייתיות דומה במסחור.

בקוריאה אימצו את המודל האירופי וחתמו על הסכם מסחור של לוויין KOMPSAT-3 (אופטי) ו-KOMPSAT-5 (מכ"ם) על ידי חברת SATREC. בנוסף למערכות ב "שימוש דו-תכליתי", בצרפת ובגרמניה מחזיקים במערכת תצפית צבאית אשר משרתת את שתי המדינות (ומדינות נוספות בעדיפות נמוכה). צרפת אחראית על המערכת האופטית המבוססת על לווייני Helios בעוד גרמניה אחראית על לווייני המכ"ם המבוססים על לווייני SAR-Lupe כך שהמערכות המסחריות מהוות יכולת משלימה למערכות הצבאיות.

4.2 המודל האמריקאי

האמריקאים היו הראשונים להיכנס לתחום המסחרי בלווייני רזולוציה גבוהה כאשר Space Imaging שיגרה את לוויין ה-IKONOS בשנת 1999. זמן קצר לאחר מכן, הצטרפו חברת Orbimage עם סידרת לווייני ה-Orbview וחברת Digitalglobe (בעבר Earth Watch) עם סידרת לווייני ה-Quickbird.

⁸ Agenzia Spaziale Italiana - סוכנות החלל של איטליה

חברות אלה נקלעו לקשיים למרות שקיבלו חוזים ממשלתיים "שמנים" לרכש ההדמאות. בשנת 2005, רכשה חברת Geo-Eye (לשעבר חברת Orbimage שעמדה על סף כונס נכסים) את חברת Space Imaging ובינואר 2013 התאחדה Geo-Eye עם Digitalglobe, כך שהיום, יש רק חברה אמריקאית אחת העוסקת בנושא.

המודל לפיו פועלות החברות האמריקאיות מתבסס על כך שהממשל מתחייב לרכש הדמאות ושירותים בהיקף גדול, זאת בנוסף לשותפות של הממשל במימון הפיתוח והייצור. את יתרת היכולת של הלוויינים ניתן למכור בשוק החופשי. במודל זה "המפתחות" של הלוויין נמצאים בידי הממשל בארה"ב והוא הקובע את סדר העדיפויות. יתר על כן, בחוזים של החברות האמריקאיות עם הממשל יש סעיף מפורש המאפשר לממשל להלאים את הלוויינים על פי הצרכים הביטחוניים. למיטב ידיעתי, עד כה לא הופעלה אופציה זאת במהלך שנות קיומה של הלוויינות המסחרית האמריקאית.

לאחרונה נכנסה חברה חדשה לשוק זה, חברת Skybox והיא פועלת במודל מסחרי לחלוטין (ללא תמיכת הממשל). כיום, אין מספיק ניסיון והיסטוריה בכדי לשפוט את השפעתה על שוק השימוש הדו תכליתי, יחד עם זאת עצם העובדה ששחקנים חדשים במודלים שונים לחלוטין נכנסים לשוק יכולה להצביע על מגמת המסחר.

כמו בצרפת, גם בארה"ב מתקיימת פעילות מקבילה במערכת הצבאית לטובת כל הצרכים האסטרטגיים. לרשויות האזרחיות אין כלל גישה לפעילות זו. מבחינת הממשל האמריקאי, המערכות המסחריות משמשות למילוי צרכים בעדיפות ב' (או "להלבנת מידע מודיעיני" בפני שותפים) ולקבלת נפח גדול במחיר "סביר".

4.2.1 המודל הישראלי

המודל הישראלי הקיים היום מבוסס על מודל מסחרי לחלוטין, קרי החברה המסחרית רוכשת את הלוויינים מהונה העצמי, ללא כל מחויבות מהממשלה להשתתפות או לרכש של התוצרים. יחד עם זאת החברה פועלת מתוך הנחה שהיא תקבל את האישורים המתאימים להשתמש בטכנולוגיה אשר מפותחת עבור משרד הביטחון. בתחילת הדרך של השימוש הדו תכליתי בישראל התמונה היתה שונה.

חברת ImageSat International הוקמה ב-1997 על ידי התעשייה האווירית לישראל, אל-אופ ומשקיעים פרטיים. מטרת החברה הייתה למכור הדמאות ותוצרים סופיים המבוססים על תצלומי לוויינים שהם פועל יוצא של פיתוח שממומן על ידי משרד הביטחון. כוונת החברה הייתה לרכוש מהונה העצמי את הלוויינים. בשנת 2000 שיגרה החברה את לוויין התצפית המסחרי הראשון ארוס A, בעת שיגור הלוויין היה לחברה חוזה עם משרד הביטחון על פיו מכרה החברה את תוצרי הלוויין באזור העניין של משרד הביטחון באופן בלעדי למשרד. החברה רכשה את הלוויין מהתעשייה האווירית באמצעות הון עצמי. בהמשך, רכשה החברה לוויין נוסף מהתעשייה האווירית, ארוס B, אשר שוגר בשנת 2006. כיום החברה בבעלותה המלאה של התעשייה האווירית, ובוחנת את דרכה לעתיד.

4.3 מסקנות והמלצות לחישה מרחוק ברזולוציה גבוהה

אין מחלוקת שיישום מערכת בשימוש דו-תכליתי תאפשר שימוש יעיל יותר במקורות התקציביים של מדינת ישראל ותאפשר פיתוח שוק מסחרי גדול בצורה משמעותי מזה הקיים היום וזאת ללא פגיעה בשירות שיקבלו המשתמשים. אין גם מחלוקת כי יש משפט קיום לשימוש מסחרי בעודף כושר האיסוף של המערכות הצבאיות באזורים מסוימים.

השאלה העיקרית היא האם יש להמשיך במודל הנוכחי או לאמץ מודל אחר? האם מערכת הביטחון תמשיך ותשגר את לווייניה ובמקביל חברה מסחרית תשגר אף היא לוויינים? להלן יוצגו מספר אפשרויות למימוש שימוש דו תכליתי:

1. גם במידה ולא יהיה כל שינוי במודל הנוכחי, ניתן לבצע שיפורים בתהליכים. מכירת עודף כושר האיסוף של מערכת הביטחון לחברה המסחרית תאפשר פיתוח השוק המסחרי והקטנת העומס על תקציב הביטחון. יחד עם זאת החיסרון הבולט של שיטה זאת (בעיקר לצד המסחרי) הוא חוסר יכולתה של חברה מסחרית להתחייב לשירות לטווח ארוך (המבוסס על לוויינים ביטחוניים), דבר המטיל ספק ביעילות שיטה זאת.
2. בד בבד עם המשך השיגורים הביטחוניים, משרד הביטחון יתחייב לחוזה ארוך טווח מול החברה המסחרית ובכך יפחית את מספר הלוויינים הביטחוניים הנדרש. מצד שני יובטח מימון לחברה המסחרית אשר יאפשר לה לקחת התחייבויות ארוכות טווח הן ללקוחות והן לשיגורים – בדומה למודל האמריקאי בו קיימות שתי מערכות מקבילות.
3. דרך נוספת למימוש השימוש הדו תכליתי היא ביצוע שיגורים אזרחיים/מסחריים בלבד למערכות הקיימות ויצירת קונסטלציה משותפת ביטחונית/מסחרית של לוויינים. במודל זה על המדינה להעמיד את התחייבות לרכישת תוצרים בעלות מוסכמת ועל החברה להעמיד התחייבות לרציפות השירות. בשיטה זאת יש להתגבר על המחסומים הקיימים בהפעלת מערכת מסחרית/ביטחונית משותפת, למשל, באמצעות הפעלת הלוויינים על ידי מערכת הביטחון באזור העניין של מערכת הביטחון. בשיטה זאת ניתן להגיע לחסכון המקסימלי בהוצאות משרד הביטחון, וליעילות מקסימלית במסחור התוצרים.

במדינת ישראל קיים ידע רב בפיתוח יישומי מערכות תצפית בתחום המסחרי כמו גם בתחום הביטחוני. הגמשת השימוש הדו תכליתי בפיתוחים הביטחוניים תגדיל את היכולת למסחור לוויינים כמו גם מסחור תוצרים.

4.4 פערי פיתוח למערכות חישה מרחוק ברזולוציה גבוהה

מסחור המערכות הקיימות בצורה יעילה ידרוש סגירת מספר פערי פיתוח:

- מסחור המערכות על ידי מכר של לוויינים ו/או על ידי מכירה של תוצרי המערכת הקיימת דורש תוספת של פסי צבע. יש מובהקות בצורך המסחרי ליכולת זאת.
- פיתוח יישומים ושירותים המבוססים על תוצרי המערכות.

5. לווייני תקשורת

5.1 כללי

שוק לווייני התקשורת הוא התחום היחידי בכלכלת החלל בעולם (עד היום) אשר הגיע למסחור מלא. את תחום התקשורת הלוויינית ניתן לחלק לשני מרכיבים עיקריים: האחד הוא הפעלת לווייני התקשורת והפצת השירותים, ואילו השני הוא בנייה ושיגור הלוויינים. סך היקף השירותים משוק החלל הוא כ- 60% מהיקף שוק החלל, קרי למעלה מ- 116.4 ביליון דולר⁹.

למעלה מ- 90% משוק השירותים הנשענים על תוצרי לוויינים הינם שירותים של לווייני תקשורת (טלוויזיה, רדיו, תקשורת רחבת סרט, טלפוניה ועוד). מתוך מספר השיגורים שבוצעו בשנת 2013, 40% היו של לווייני תקשורת מסחריים ועוד 13% היו של לווייני תקשורת ממשלתיים. אם ניקח בחשבון, שמחירם של לווייני תקשורת בדרך כלל הוא גבוה יחסית, הרי היקף לווייני התקשורת מסך היקף הפעילות הכולל אף גבוה מחלקם במספר השיגורים. על כן ניתן לומר כי נכון לשנת 2013 שוק לווייני התקשורת לא רק שהגיע למסחור מלא, אלא אף מהווה כ- 75% משוק החלל העולמי.

5.2 השוק המסחרי

כאמור, השוק האזרחי של לווייני התקשורת מפותח וקיימות חברות רבות המספקות שירותי תקשורת כגון PanAmSat, SES, Intelsat, Globecom, חלל תקשורת וחברות רבות נוספות. חברות אלו רוכשות לוויינים מיצרנים שונים, מפעילות את הלוויינים ומוכרות ערוצי תקשורת. בנוסף לכך, מאחר ומדינות רבות רואות בשליטה בשירותי התקשורת שלהן נכס אסטרטגי, הן אינן רוצות להיות תלויות בחברות מסחריות זרות ובשירותי תקשורת שאינם מקומיים, על כן הן משגרות לוויינים "שלהן" אשר נרכשים מיצרנים שונים שאינם מקומיים. מדינות אלה מפעילות את הלוויינים או נעזרות בחברות מסחריות מקומיות או בחברות ממשלתיות מקומיות, כך השליטה עוברת לידיהן לאחר השיגור. דוגמאות למדינות אלו- דרום קוריאה, וייטנאם, ערב הסעודית, יוון ועוד מדינות רבות אחרות.

5.3 השוק הצבאי

רק צבאות גדולים אשר יש להם צרכים גלובליים ו/או ייחודיים ואשר במדינתם יכולת לבנות לווייני תקשורת ומשגרים, משגרות לוויינים ייחודיים לצרכים צבאיים בלבד. בדרך זאת הם יכולים להפעיל מטע"דים ייחודיים ומסווגים. גם כאן המדינות נחלקות למעטות אשר יכולות לבנות ולשגר לעצמן ומדינות אשר בעלות יכולת בניה בלבד. דוגמאות למדינות המחזיקות בלווייני תקשורת ייחודיים הן ארה"ב, רוסיה, צרפת, בריטניה, גרמניה, איטליה, סין והודו. כמובן שהפעלת הלוויין והשליטה בו מתבצעת על ידי מערכת הביטחון. דרך נוספת לשימוש בערוצים למערכת הביטחון היא על ידי רכש של ערוצי תקשורת מלוויינים מסחריים קיימים. כמובן שבדרך זאת ערוץ התקשורת הוא מסחרי לחלוטין והשליטה בו היא על ידי החברה המפעילה אותו.

כפי שהודגם בשוק המסחרי (ראה סעיף 5.2) קיימת דרך ביניים, הממומשת על ידי רכש לוויין מסחרי המשמש את מערכת הביטחון ומופעל על ידה. היתרון בדרך זו הוא שלאחר השיגור, השליטה המלאה בלוויין ובערוצי התקשורת עוברת למערכת הביטחון. אולם החיסרון הוא שאף אם הותקנו מטע"דים מיוחדים למערכת

⁹ להרחבה בנושא ראה/ גץ, ד. ואחרים (2014). פעילות מו"פ תשתיות וכוח אדם בתחום החלל האזרחי בתעשייה, באקדמיה ובמערכת החינוך בישראל. הטכניון, מוסד שמואל נאמן, עמודים 19-23.

הביטחון הרי או שהם מתוצרת זרה במקרה אחד או שהאינטגרציה שלהם נעשית בארץ זרה (הארץ בה נרכש הלוויין), כך שאין למערכת הביטחון שליטה מלאה במט"עדים, אלא רק בהפעלתם לאחר השיגור. מערכות ביטחון רבות משתמשות רק באופציה של רכש לוויין ו/או רכש ערוצים, לעומתן מערכות הביטחון אשר מפעילות לוויינים ייחודיים משתמשים אף הן בערוצים המסחריים כתוספת עבור תקשורת "פחות מסווגת".

5.4 שימוש דו תכליתי

הדרך הפשוטה ביותר של שימוש דו תכליתי בערוצי תקשורת היא על ידי שימוש של גורמים ביטחוניים בערוצים מסחריים. לאחרונה נעשה ניסיון באיטליה/צרפת בפרויקט Athena-Fidus למכור לגורמים מסחריים עודף ערוצים של הלוויין - שימוש דו תכליתי מהכיוון הצבאי. היתרון למערכת הביטחון בשיטה זו היא שהלוויין הוא צבאי באופיו והשליטה המלאה בו היא ביטחונית ולמפעילים המסחריים יש גישה ללוויין רק לאחר השיגור. שיטה נוספת מקובלת היא מטע"ד צבאי "מתארח" (Hosted payload). בשיטה זאת משרד הביטחון/ההגנה – הצבא הוכש למעשה "נדל"ן" על גבי הלוויין ומתקין ב"נדל"ן" זה את המט"עדים הצבאיים המיוחדים שלו (שיטה זו מקובלת יותר והפוכה לזאת שתוארה קודם).

כאשר מתקנים "מטע"ד מתארח" חייבים להתקיים מספר תנאים:

1. תפעול הלוויין חייב להיות מהמדינה בעלת המטע"ד, אם על ידי חברה מסחרית או על ידי מערכת הביטחון באופן ישיר. אין בכך חריג - דיונים קודמים הראו כי הפעלת/השליטה בלוויין נחשבת כנכס אסטרטגי.
2. בכדי שלמערכת הביטחון תהיה שליטה מלאה על המטע"ד הייחודי, האינטגרציה וכיול המטע"ד חייבים להיעשות בשליטה מלאה של מערכת הביטחון, קרי הביצוע יתקיים במדינה. רצוי אף שהתכן יתבצע במדינה בשליטת מערכת הביטחון.

5.5 המלצות

מההנחה כי עצמאותה של ישראל בהפעלת תקשורת מהחלל הינה נכס אסטרטגי שיש לשמרו בכדי להבטיח את רצף השירות ומניעת חסימת ערוצים, נובעות המסקנות הבאות:

1. שמירת יכולת תפעול עצמאית מישראל – חברת תפעול ישראלית (חלל או אחרת) היא נכס אסטרטגי הכרחי.
2. שמירת יכולת תכן מטע"דים ייחודיים בישראל היא נכס אסטרטגי.
3. שמירת יכולת אינטגרציה בישראל היא נכס אסטרטגי.
3. בכדי לקיים היכולות האסטרטגיות יש צורך להשקיע בתעשייה האווירית לישראל (יצרנית לווייני התקשורת בישראל), בפיתוח קבוע על מנת להשאירם תחרותיים תוך אבטחת צמצום ה"סובסידיה". השקעה זאת תאפשר את שימור היכולת וכוח האדם הייחודי לתחום. יחד עם זאת, יש להבטיח כי התעשייה האווירית לישראל תתחייב למחירים תחרותיים כתוצאה מהשקעה זו.
4. את ההשקעה יש לתעל לשווקי נישה, אשר יאפשרו לשמור את הנכסים האסטרטגיים בד בבד עם הגדלת היתרון התחרותי. כדוגמה לכך, ניתן לקחת לווייני תקשורת עם מנועים חשמליים קטנים המתאימים לשוק הישראלי ולמפעילים קטנים ו/או פיתוח מטע"ד דיגיטלי.

6. חישה מרחוק היפר ספקטרלית

6.1 כללי

החישה מרחוק ההיפר ספקטרלית הוא תחום בעל פוטנציאל רב לפיתוח עתידי של מערכות חישה מרחוק, זאת בעיקר בשל הפוטנציאל הגדול לפיתוח **יישומים ושירותים** המבוססים על מידע היפר ספקטרלי כגון גילוי מינרלים, ניטור חקלאי, ניטור, איכות מים, ניטור דגה, ניטור זיהומי אויר ועוד יישומים רבים מסחריים וביטחוניים.

במערכות היפר ספקטרליות אנו עוברים ממד, מחישה מרחוק של הדמאות בממד החזותי, לחישה מרחוק בממד של החתימות הספקטרליות של החומרים. ניתן להשתמש במידע בפני עצמו ועל בסיסו לפתח יישומים רבים, כמו כן ניתן להשתמש במידע כמשלים למידע המתקבל מחישה מרחוק ברזולוציה גבוהה. מערכות אלו הן בעלות יישומים רבים ומגוונים בתחום המסחרי כמו גם בתחום הביטחוני ועל כן הפוטנציאל שלהן לשימוש דו תכליתי הוא רב. יחד עם זאת, בגלל חדשנותן של מערכות אלו ורמת מורכבותן הן לא מומשו עדיין בחלל בצורה מסחרית ו/או צבאית. כיום, קיימות מספר מערכות אך כולן מערכות ניסיוניות. ניתן ללמוד על הגידול בצורך למידע היפר ספקטרלי מהגידול המשמעותי של הסנסורים המוטסים והשימוש בהם וממספר היישומים ההולך וגדל (דרך דומה לזאת שעברו גם המערכות ברזולוציה גבוהה). דוגמה לכך היא חברת Specim הפינית אשר מכרה בשנת 2010 שבעים מכשירים מוטסים למטרות מחקר ומסחריות¹⁰.

6.2 מערכות חלליות מחקריות

קיימות היום מספר מערכות חלליות בשלבי עבודה שונים:

1. EnMAP - תכנית הממומנת על ידי ה-DLR (סוכנות החלל הגרמנית) ומבוצעת על ידי חברת Kyser Therede (חברת בת של OHB) וחברת OHB. התוכנית היא ללוויין בתחום אורכי הגל $0.4-2.5 \mu$ וברזולוציה מרחבית של 30 מטר. הלוויין מיועד למשימות מדעיות. חלק מהתוכנית הוא פיתוח יישומים לשימוש במידע.
2. פריזמה - תכנית הדומה במאפייניה ל-EnMAP וממומנת על ידי סוכנות החלל האיטלקית (ASI). התוכנית מוגדרת כמדגים טכנולוגי ומדגים ליישומים. התוכנית מבוצעת על ידי Carlo-Selex-Galileo ו-Gavazzi. התוכנית היא ללוויין בתחום אורכי הגל $0.4-2.5 \mu$ וברזולוציה מרחבית של 30 מטר. גם בתוכנית זו קיים חלק של פיתוח יישומים לשימוש במידע.
3. HISUI - תכנית יפנית הדומה במאפייניה לשתי התוכניות שתוארו לעיל, אך סטטוס המימון שלה לא ברור. אף אחת מהתוכניות המוזכרות לא מיועדת בשלב זה להיות ממוסחרת, אלא לשמש לצרכים מדעיים/אקדמיים. יתר על כן, למיטב הבנתנו התכן שלהם לא לוקח בחשבון אפשרויות של מסחור, כמו גם אפשרויות לשימוש דו תכליתי.

¹⁰ Wendisch, M., Brenguier, J.L.,(Eds.) (2013). Airborne Measurements for Environmental Research: Methods and Instruments

להרחבה בנושא הסנסורים, ראה/י פרק 8 בו מתוארים סנסורים מוטסים וחללים ויישומים פוטנציאליים, עמודים 413-456.

6.3 מערכות חלליות עם יעדים ברורים למסחר

להלן שתי מערכות חלליות מסוג זה:

- ישראל – איטליה "שלום" - מערכת היפר ספקטראלית בתכנון וייצור משותף ישראלי איטלקי במימון סוכנויות החלל של שתי המדינות. ההסכם הראשון בין סל"ה וסוכנות החלל האיטלקית נחתם בשנת 2009 וחקר ההיתכנות יצא לדרך והסתיים בהצלחה. בשנת 2015 חודש ההסכם והפזה הראשונה של התוכנית תתממש עם אשרור ההסכם. המפרט הטכני של המערכת מאפשר מסחר התוצרים ויעדי התכנית כוללים מסחר מלא של התוצרים.
- ארה"ב - ביוני 2014 הכריזה חברת בואינג כי חברת הזנק בשם HySpecIQ¹¹ מזמינה לווין היפרספקטראלי מסחרי. לאחרונה (ספטמבר 2014)¹² יצא פרסום נוסף הטוען כי המימון הראשוני קיים וההזמנה לשני לוווינים מומשה. החברה הזמינה את המטע"ד מחברת Raytheon. לא ניתן לדלות מידע רב על המפרט, אך מהמעט שניתן לדלות, נראה כי המערכת דומה לזאת של "שלום" ויעדיה דומים גם הם.

6.4 המלצות

הידע לפיתוח מערכות היפר ספקטראליות קיים בארץ ואף מומש במערכות מוטסות. מדינת ישראל אף מובילה בפיתוח יישומים. על כן יש כאן הזדמנות פז למימוש מערכת דו תכליתית בעלת יתרון תחרותי משמעותי. כמו במרבית פיתוחי מערכות חלליות מורכבת ללא התערבות ממשלתית משמעותית, הסיכוי למימוש המערכת נמוך.

אופן המימוש המומלץ:

1. מימון ממשלתי של המערכת עם או בלי שותף מאחר והזמן נושף בעורפנו. בשנת 2009 מדינת ישראל הובילה את הנושא, כעת בשנת 2015 קיימים מתעניינים נוספים.
2. "דמי רצינות"
 - a. התחייבות של מערכת הביטחון לרכש תוצרים.
 - b. התחייבות של המפעיל לפיתוח יישומים על חשבוננו במהלך פיתוח הלוויין.
3. תמלוגים מוגדלים מהרווחים.

¹¹ <http://www.hyspeciq.com>

¹² <http://spacenews.com/41823world-satellite-business-week-hyperspectral-imaging-startup-orders>

Bcc Research (2013). Remote Sensing Technologies and Global Markets.
<http://www.bccresearch.com/market-research/instrumentation-and-sensors/remote-sensing-technologies-ias022d.html>

DigitalGlobe (26 February 2015). DigitalGlobe Reports Fourth Quarter and Full Year 2014 Results.
<http://finance.yahoo.com/news/internet-mapmakers-helping-nepal-151000619.html>

Ferster, W. (10 September 2014). World Satellite Business Week | Hyperspectral Imaging Startup Orders First Satellites on Boeing's 502 Phoenix Platform
<http://spacenews.com/41823world-satellite-business-week-hyperspectral-imaging-startup-orders/#sthash.QtgkG7bw.dpuf>

Keith, A. (2015). Emerging Programs, Markets Drive Earth Observation Growth
<http://eijournal.com/print/articles/emerging-programs-markets-drive-earth-observation-growth>

Tauri Group (2014). State of the Satellite Industry Report
<http://www.sia.org/wp-content/uploads/2014/09/SSIR-September-2014-Update.pdf>

גץ, ד', בוכניק, צ' ואחרים (2014). פעילות מו"פ, תשתיות וכוח אדם בתחום החלל האזרחי בתעשייה, באקדמיה ובמערכת החינוך בישראל. חיפה: מוסד שמואל נאמן.
<http://www.neaman.org.il/Neaman2011/Templates/ShowPage.asp?DBID=1&TMID=581&LNGID=2&FID=646&IID=10768>

אתרי אינטרנט:

DigitalGlobe
<http://investor.digitalglobe.com>

HySpecIQ
<http://www.hyspeciq.com>

נספח א' – רשימת המרואיינים

מנכ"ל חברת Effective space solutions, לשעבר ראש מפעל מבת חלל וחבר ועדת החלל במולמו"פ	אריה הלזבנד	1
יועץ לסל"ה, פרופסור בטכניון, לשעבר ראש מת"א, חבר במולמו"פ וראש ועדת החלל במולמו"פ	פרופ' חיים אשד	2
מנהל מפעל מבת חלל	עופר דורון	3
מנהל פיתוח נושאים עתידיים, מבת חלל	מאיר חן	4
ראש מנהל לווייני תקשורת, מבת חלל	צביקה קופלמן	5
סמנכ"ל שיווק, אימג'סאט	נועם צפיר	6
סמנכ"ל פיתוח עסקי אימג'סאט, לשעבר חמ"ן	רני הירמן	7
יועץ לסל"ה לשיתופי פעולה בין לאומיים לשעבר מנהל שיווק ב ISL, מנהל שיווק באל-אופ ושירת בחמ"ן	דני ברוק	8
מנהל סוכנות החלל הישראלית	מנחם קידרון	9
יועץ לסל"ה, לשעבר סגן ראש מת"א	שמריהו אביעד	10
ראש מת"א	אמנון הררי	11
סגן ראש מת"א	שמעון לביא	12
סמנכ"ל הנדסה חברת חלל	אלדד שמש *	13
מנהל פרויקט עמוס 4 חברת חלל	דוד זוסמן *	14
CTO חברת חלל	דוד גזל	15
מנכ"ל גילת	ארז ענתבי *	16
סמנכ"ל פיתוח עסקים חברת גילת	דורון אלינב	17
מנהל פיתוח, חברת גילת	אבי גל	18
ראש מינהלת חלל אל-אופ, אלביט	אילן פורת	19
אל-אופ – אלביט, לשעבר בחמ"ן	רון כהן	20
יועץ עצמאי	עופר בראון	21
סמנכ"ל לחדשנות, אלביט מערכות	חיים רוסי *	22
יועצת למולמו"פ בנושא החלל במולמו"פ	דר' דגנית פייקובסקי	23
החוג לאסטרופיסיקה אוניברסיטת תל אביב חבר ועדת חלל במולמו"פ	פרופ' חגי נצר	24
מפא"ת - תקשורת	אקלר שמואל	25
ראש מכון אשר לחקר החלל בטכניון, חבר ועדת החלל במולמו"פ	פרופ' אהוד בכר	26
החוג לגיאוגרפיה, אוניברסיטת תל-אביב	פרופ' איל בן-דור	27
ראש מחלקת מערכות משולבות תקשורת ויישומים, סוכנות החלל האירופית (ESA)	פרופ' אמנון גינתי	28
יו"ר סל"ה, יו"ר המולמו"פ	פרופ' יצחק בן-ישראל	29

*בזמן הראיון עבד בתפקיד זה. כיום בתפקיד אחר.

מוסד שמואל נאמן
למחקר מדיניות לאומית
הטכניון – מכון טכנולוגי לישראל
טל. 04-8292329, פקס 04-8231889
קרית הטכניון, חיפה 32000
www.neaman.org.il