

# 'מרוץ החידוש'

## שינוי פרדיגמה במערכת המחקר והפיתוח הביטחוני

גיא פאגלין<sup>1</sup>

בעשורים האחרונים לקח המגזר העסקי את ההובלה בתחום טכנולוגיות חדשות. מערכות הפיתוח הביטחוניות עדיין לא השכילו למצות את התופעה הזו בשל שורת חסמים פנימיים. מערכת הביטחון נדרשת לפתח אסטרטגיה שתחתור למיצוי ההזדמנויות הטכנולוגיות הנוכחיות באמצעות שיטת עבודה חדשה שמכירה בפוטנציאל הטכנולוגי שבחוץ וממצה אותו. על אף שמוצרי המדף זמינים לכולם, גם לאויבינו, המיומנות הטכנולוגית הישראלית תאפשר להעצים את היתרון היחסי של ישראל באמצעות פיתוח מערכות לחימה משולבות סנסורים מקושרים רבים עם פלטפורמות לחימה ליצירת 'מערכת של מערכות' של אמצעי לחימה.

### מבוא

בשלושת העשורים האחרונים מתרחשת "העברת מקל" בהובלת החדשנות מיוזמות ביטחוניות בהשקעות המדינה, ליוזמות מסחריות ואזרחיות בהשקעות פרטיות, עד למצב שבו התפתח "מרוץ חידוש" בין המערכת האזרחית המסחרית לבין מערכת החדשנות הצבאית. עניינו של מאמר זה הוא להצביע על התמורה המרכזית שהתרחשה במערכת החדשנות הביטחוניית בישראל, היא תופעת היפוך המגמה בהעברת טכנולוגיות מהמערכת האזרחית למערכת הביטחוניית והשימוש הגובר של מערכות לחימה במוצרי מדף, במקום בפיתוח עצמי.

בימים שבהם משתנה המציאות הביטחונית והעולם הטכנולוגי מתפתח בצורה מעריכית (אקספוננציאלית) ממהפכה למהפכה (מהפכות המחשוב, המידע, הקישוריות

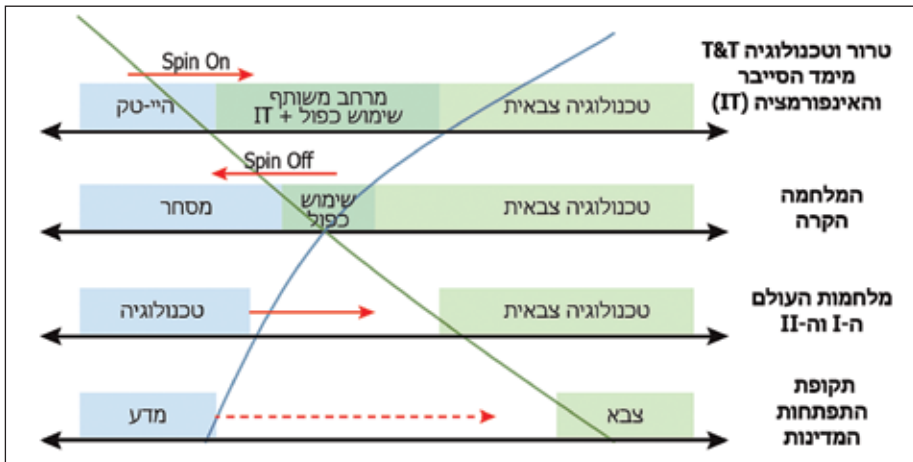
<sup>1</sup> תא"ל גיא פאגלין הוא ראש מנהלת המרכבה והרק"ם במשרד הביטחון. מאמר זה מבוסס בחלקו על עבודתו של הכותב במכללה לביטחון לאומי: גיא פאגלין, 'מרוץ החידוש' - טכנולוגיות צבאיות ואזרחיות באמצעי לחימה - נקודת האיזון המתאימה (מב"ל: ינואר 2018). כמו כן פורסמה העבודה כפרסום של קתדרת חייקין לגאואסטרטגיה. הכותב מבקש להודות למיכאל בן עזרא (CTO בחטיבה הטכנולוגית בזרוע היבשה) ולפארי מוטט (מפא"ת) על סיועם לכתיבת עבודה זו.

והאוטונומיה), קיימות טכנולוגיות מסחריות רבות יותר הרלוונטיות לאמצעי לחימה, לצד טכנולוגיות צבאיות. הנהנה העיקרי הוא דווקא האויב בעל היכולת הטכנולוגית המוגבלת, שנעזר במערכת החדשנות המסחרית כדי לפצות על פערים ביכולות ובמשאבים. כך מצטמצם היתרון האיכותי של ישראל, בעיקר למול אויב לא סימטרי וסבלנות א-סימטרית לפגיעה בשגרת החיים. דווקא מערכת החדשנות הצבאית "העשירה" במשאבים אנושיים וטכנולוגיים, מתקשה לעמוד בקצב השינויים.

הטענה המרכזית במאמר היא שתמורות אלו דורשות שינויים פרדיגמטיים במערכת החדשנות הצבאית - עיצוב אסטרטגיית זינוק. אסטרטגיה זו צריכה להתמודד עם החסמים אשר מונעים מיצוי של ההיצע הטכנולוגי בשוק האזרחי, ובד בבד לפתח את החידוש הבא שהאויב לא יוכל לו - זוהי 'מערכת של מערכות' - שילובים בין פלטפורמות לחימה ומערכות סנסורים שונות, שייצרו יחדיו כוח אחד רובוטי ואפקטיבי יותר מכל מוצר מדף שהאויב יכול לרכוש בשוק האזרחי.

### תופעת היפוך המגמה בהעברת טכנולוגיות והאצה האזרחית

המציאות הקיימת היום, שבה מרכיב גבוה בחדשנות הצבאית נשען על טכנולוגיות מסחריות, כדוגמת יכולות חישוב, תקשורת, עיבוד מידע ועד רחפנים ורובוטיקה, הינה מצב נתון וברור לכל מהנדס אמל"ח צעיר. אך רק לפני עשור או שניים, מציאות זו הייתה שונה לחלוטין; מי היה מאמין לפני עשרים שנה כי כלי טיס בלתי מאוישים שיועדו לשימושים



תמונה 2: התפתחות בארבעה דורות - הטכנולוגיות הצבאיות והאזרחיות.

צבאיים או מערכות לראייה לילה, מערכות הצפנה, יכולות חלל, מכ"מים ומערכות חישוב מתקדם - יפותחו על ידי תעשיות מסחריות למטרות שימוש פרטי ול'תרבות הפנאי' ולא על ידי התעשיות בהשקעה ממשלתית?

אם נעיף מבט על ההיסטוריה הרחוקה יותר של מערכת היחסים שבין צבא ומלחמה לבין

מדע וטכנולוגיה, נראה כי בעבר היה מרחק גדול אף יותר בין עולמות אלה (ראה תמונה 2). בדורות האחרונים חלה התקרבות אשר הגיעה לשיאה בזמן מלחמת העולם השנייה שבה "גויס" העולם התעשייתי והטכנולוגי לטובת המלחמה. לאחריה, נוצרה חפיפה בין שני המושכים העיקריים: הצורך הביטחוני והצורך המסחרי. לפני כעשרים שנה עוד התקיימה תופעת ה-Spin Off, שבה טכנולוגיה ביטחונית בהשקעת מדינה זולגת לשוק המסחרי לשימושים אזרחיים, ואילו בעשור האחרון גוברת הדוגמאות לשימוש בטכנולוגיה בכיוון ההפוך: קרי, מהעולם המסחרי-אזרחי לאמצעי הלחימה (Spin On).

כיום, זמינותן של רוב הטכנולוגיות הדואליות (שימוש כפול) למשתמש הפרטי, בין אם ברכב, בטלפון הנייד, בבית או בשירות ציבורי כלשהו - ברורה מאליה, אך יש לזכור כי רובן המוחלט פותחו במקור כמענה לצורך צבאי, באמצעות המערכת הביטחונית ובהשקעה ממשלתית, בין אם מדובר ביישום ישראלי (כדוגמת העוקב האלקטרואופטי לטנקים) או בטכנולוגיה אמריקנית (המחשב הראשון, רשת האתרנט ועוד). בהקשר זה מעניין לציין כי בארה"ב, בהשקעה פדרלית, פותחו כלל הטכנולוגיות הרלוונטיות לתפעול אמל"ח מתקדם נכון להיום - תקשורת, מעבדים ומחשוב ממוזער, צילום וראייה ממוחשבת, עיבוד תמונה, מסכים דקים (LCD) ואפילו בינה מלאכותית ראשונית לניתוח פקודות קול ('סירי'). אמצעים אלה הפכו תוך עשור וחצי לבסיס שעליו פותחו הטלפונים הניידים הנמצאים בתפוצה עולמית פרטית מתקדמת.<sup>2</sup>

ניתוח מעמיק של תופעה זו, ושל כלל הטכנולוגיות הרלוונטיות לעניין זה בעשרים-שלושים השנים האחרונות,<sup>3</sup> מצביע על תהליך אשר חל בכל משפחה טכנולוגית בנפרד, ובתזמון אחר: תחילתה, כאמור, בהובלה טכנולוגית צבאית וב-Spin Off (שימוש אזרחי/ מסחרי בטכנולוגיה צבאית), המשכה בפיתוח דור מתקדם בעבור משתמש בהיקף רחב (רכב פרטי, בית, משרד, פנאי וכיו"ב), וסופה בהובלה טכנולוגית של העולם המסחרי.



**תמונה 3: תהליך המאפיין את מגמת ההיפוך ואת העברת ההובלה הטכנולוגית ("spin on").**  
בתמונה 3 ניתן לראות את התיאור הכללי של התופעה באופן עקרוני, ובתמונה 4 ניתן לראות את מיפוי השימושים הטכנולוגיים בכל אחת מהמשפחות הטכנולוגיות הרלוונטיות המוצגות, ואת שינוי השימושים, מצבאי לדואלי.

תופעה נוספת שנצפתה היא כי מגמה זו החלה כבר לפני כמה עשורים ברמת הרכיבים הבודדים, התקדמה לאחר כעשור לרמת תתי-מערכות וכיום מדובר כבר ביכולת להתאמת

<sup>2</sup> Mariana Mazzucato, *The Entrepreneurial State: debunking private vs. public sector myths* (Anthem Press: 2013).

<sup>3</sup> עוד על הנושא ראו את עבודתו של כותב מאמר זה במכללה לבטחון לאומי: גיא פאגלין, 'מרוץ החידוש' - טכנולוגיות צבאיות ואזרחיות באמצעי לחימה - נקודת האיוון המתאימה (מב"ל: ינואר 2018).

שמות	שמות	שמות	שמות	שמות	שמות	שמות	שמות
שמות עד 2020	שמות עד 2010	שמות ה-2000	שמות ה-90	שמות ה-80	שמות	שמות	שמות
סלולר	מצלמות מקצועיות	שדודי HD	תצפית ומודיעין	חלל ואויר	חלל ואויר	חלל ואויר	חלל ואויר
היתוך רשתות מתקדם כלל המדיה	זיהוי פנים ולוחית רכב	אוטומציה, עכבר למחשב	עוקב אחר מטרות טילי אוויר	תצפית חלל, עקיבת מטרות	תצפית חלל, עקיבת מטרות	תצפית חלל, עקיבת מטרות	תצפית חלל, עקיבת מטרות
תקשורת מוח מכונה	תשתית אישית	תשתיות תקשורת בין יבשות	שימושים אסטרטגיים	חלל ואויר	חלל ואויר	חלל ואויר	חלל ואויר
רכיב נהיגה אוטונומית	הנדסה אזרחית, טיסה, שרברבות	נהיגה, שימושים טקטיים	תצפיות מודיעין	חלל ואויר	חלל ואויר	חלל ואויר	חלל ואויר
חקר חלל - מסחרי וממשלתי	ניווט אזרחי	תקשורת אזרחית	חקר חלל ותקשורת	שימושים אסטרטגיים	שימושים אסטרטגיים	שימושים אסטרטגיים	שימושים אסטרטגיים
סלולר, נהיגה אוטונומית, בקרית רחפנים	נהיגה	שימושים טקטיים	בקרית אש	חלל ואויר	חלל ואויר	חלל ואויר	חלל ואויר
רובוטיקה לבית	רובוטיקה לתעשייה	שימוש משטרחי (חבלה)	שימוש ביטחוני (חבלה וחלל)	שימוש ביטחוני חבלה	שימוש ביטחוני חבלה	שימוש ביטחוני חבלה	שימוש ביטחוני חבלה
רובוטיקה לתעשיית נפט ומחקר	רובוטיקה לתעשיית נפט	מיפוי צבאי ימי	מחקר ימי מופזי צבאי	מחקר ימי NOAA	מחקר ימי NOAA	מחקר ימי NOAA	מחקר ימי NOAA
רחפנים לחקלאות ושעשוע	שימושי צבא יבשה טקטי	שימושים חיל אוויר טקטיים	מודיעין ח"א ותחילת טילי שיט	משימות תצפית סימון ומודיעין	משימות תצפית סימון ומודיעין	משימות תצפית סימון ומודיעין	משימות תצפית סימון ומודיעין
נהיגה	גילוי חודרים		בקרית ואחיות שטח	איחוד מטוסים וספינות	איחוד מטוסים וספינות	איחוד מטוסים וספינות	איחוד מטוסים וספינות

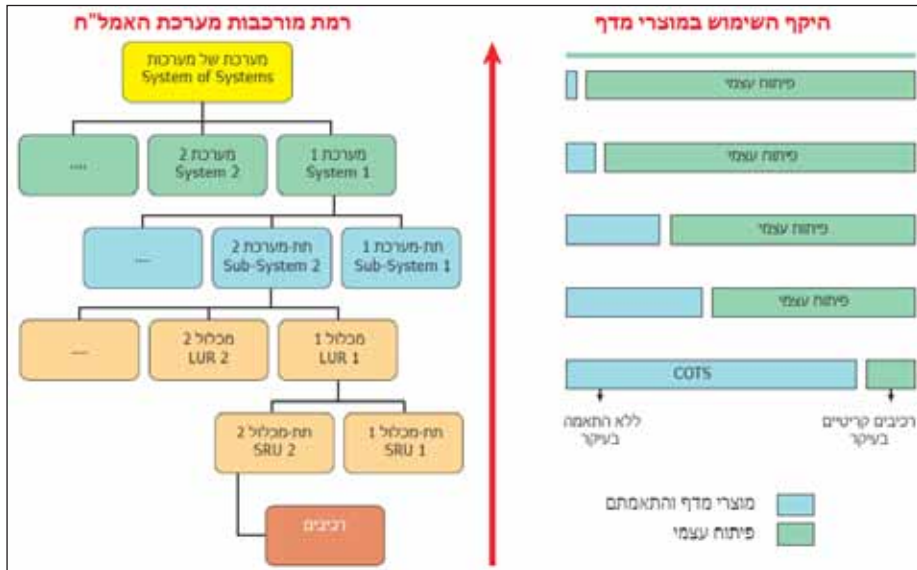
תמונה 4: המעבר משימוש צבאי לשימוש כפול (צבאי ומסחרי). בצבע ירוק צבועים השימושים הצבאיים בשלב שבו המערכת הביטחונית הובילה את החדשנות, ובצבע כחול, השימושים המסחריים שנוספו לטכנולוגיה, המסמנים את תחילת התקופה שבה השימוש בטכנולוגיה הוא שימוש כפול.

מוצרים קיימים לשימוש צבאי. כמו כן, נצפה כי עולם ה-IT היה הראשון לעבור מהפכה זו, בין אם מדובר ביכולות חישוב, עיבוד, תקשורת, הצפנה ועוד. אחריו הגיעו עולמות החישה והסנסורים: ראייה ממוחשבת, ראיית לילה, מכ"מ, שמע וכיו"ב. בתמונה 5 ניתן לראות את מגמת הגידול בשימוש כפונקציה של מורכבות האמל"ח/המערכת.

**הסיבות להיפוך המגמה ולהאצה האזרחית**

ישנם כמה גורמים (גלובליים או לוקליים), חלקם תלויים זה בזה וחלקם בלתי תלויים, אשר עשויים להסביר את התופעה או חלקים ממנה:

- שינוי מגמה בהיקף ההשקעות הטכנולוגיות במחקר ובפיתוח, בעולם בכלל ובישראל בפרט, מהשקעות לאומיות במערכת החדשנות הביטחונית להשקעות פרטיות בעיקר, במערכת החדשנות האזרחית. שינוי זה משך את כוח האדם הטכנולוגי ובעקבותיו את ההתפתחות הטכנולוגית המואצת אל העולם האזרחי. בישראל, לדוגמה, ההשקעה במו"פ צבאי, בהיקף של מאות מיליוני דולרים בשנה, הינה בסדר גודל נמוך יותר מההשקעות הפרטיות (על פי רוב, מחו"ל) בשוק החדשנות ובהייטק, העומדות על מיליארדי דולרים בשוק חברות ההזנק בלבד.
- מגמות של גלובליזציה עולמית, וכן מגמות טכנולוגיות של פיתוח משולב (קוד פתוח, מאגרי נתונים) - מעודדות התייעלות והתמקדות מקצועית מחד גיסא, ושיתופי פעולה מאידך גיסא, על מנת להגדיל יעילות טכנולוגית מחקרית ותעשייתית. זו מגמה מגמה עולמית המגבירה אף יותר את ההתפתחות המואצת של התעשיות



תמונה 5: תיאור המורכבות של מערכות אמל"ח והיקף השימוש ב-COTS.

- הטכנולוגיות בעולם ושל התעשיות הגלובליות המבוזרות (רב־לאומיות). הצרכן הביתי הפרטי - הפוטנציאל הכלכלי העצום המיוחס לשוק הפרטי ובעיקר האישי (בית/רכב) הפך להיות אחד המניעים הגדולים ביותר להשקעות בחברות עתירות הטכנולוגיה ובחברות ההזנק.
- כלים מודרניים למחקר ולפיתוח כמכפילי כוח ביחס לתהליכי המחקר והפיתוח בעבר, ומהפכת המידע כזרז תהליכי גלובלי בהקשר זה.
- צורך ועניין ביטחוני בטכנולוגיות מהתחום האזרחי־מסחרי.

#### דילמת הרכש של מוצר מדף מסחרי (COTS) למול הפיתוח העצמי

תהליכי הפיתוח של אמל"ח מתחילים בחלק מהמקרים על בסיס דרישה או פער מבצעי ("מה צריך?"), ובמקרים רבים אחרים מתוך ניצול הזדמנות טכנולוגית הנותנת מענה לא שגרתי לפער מבצעי, מענה שאינו נמצא ב"ארגז הכלים" המסורתי ("מה אפשר?"). בדרך כלל מענים טכנולוגיים מעין אלה הם ייחודיים ומהווים במידה רבה פריצת דרך טכנר מבצעית או מכפיל כוח. הדרך לפתח יכולות ייחודיות אלה היא באמצעות "חדשנות" או במילים אחרות, עידוד החשיבה היצירתית. בתקופה שבה ההתפתחות הטכנולוגית היא מעריכית והעניין הביטחוני כולל גם את המרחב האזרחי (אויב הפועל מתוך סביבה אורבנית צפופה), רב הסיכוי כי המהפכה הבאה בעניינים הצבאיים (RMA) תנבע משימוש ביכולת טכנולוגית מאפשרת, ומכאן חשיבות היכולת לנצל את כל פוטנציאל החדשנות, לרבות המסחרי, לטובת מערכת החדשנות הצבאית.

כאשר מדובר בצורך המבוסס על טכנולוגיה שעדיין לא קיימת, או שלא הוכחה היתכנות השימוש בה, או שאינה זמינה בישראל, יש צורך להמתין לסיומו של תהליך המחקר הכולל: פיתוח של הטכנולוגיה ובדיקת היתכנות שלה ושל הרלוונטיות שלה באמצעות מדגים טכנולוגי. עם זאת, כאשר מדובר על צורך המבוסס על שימוש אינטגרטיבי ביכולות טכנולוגיות קיימות (מהסוג שניתן לפגוש בסביבה הצבאית או האזרחית), ניתן במקרים רבים להשתמש במוצר מדף (מרמת רכיב אלקטרוני ועד מוצר שלם) ולהתאימו לדרישות המערכת, או לבנות באמצעותו מערכת מורכבת יותר.

מכאן עולה דילמת הרכש של מוצר מדף מסחרי (COTS) למול הפיתוח העצמי. עיקר השיקולים הם: התוצאה הסופית השונה הצפויה בין מוצר מסחרי שהוסב לעומת מוצר המפותח במיוחד למול צורך; משמעות התאמת המוצר מבחינת הקשרים כלכליים, זמן הגעה לשוק ושיקולים טכניים (תנאי סביבה, בטיחות, שרידות וחסינויות); משך החיים הנדרש מהמערכת, כולל תמיכה טכנית ואחזקתית, יכולת השדרוג ורמת השדרוג האפשריות; רמת החיבוריות הנדרשת; הסיכון הביטחוני שבשימוש במוצר המדף; ולבסוף, משמעות ההתמודדות מול החסמים השונים במערכת במקרים שבהם ניתן, מבחינה טכנית, להשתמש במוצר מדף.

היתרונות שבשימוש במוצר (או בפריט) מדף קיים הם מובהקים: עלות סדרתית נמוכה;

איכות ואמינות הנובעים משימוש רב עד המוני במוצר (לדוגמה, כאשר מדובר ברכיבים אלקטרוניים) וההדירות הגבוהה, הנובעת מדרישות הייצור של כמויות גדולות יותר; חיסכון בעלויות הקמת קווי ייצור; קיצור משך זמן ועלויות הפיתוח והניסויים, ועלותן בהתאם ועוד. ברמת הפריט הבודד או הרכיב במערכת (כרטיס אלקטרוני, ספק כוח, מנוע חשמלי למערכת, גלגל לרכב ועוד) - מזה שנים שכדאיות השימוש במוצר מדף גבוהה יותר בהשוואה לתועלת הנובעת מפיתוח עצמי.

לעומת זאת, כאשר מדובר בפריט/ברכיב מבוקר (כדוגמת פריטי dual-use שבפיקוח), או פריט שהסיכון הביטחוני/אבטחת המידע שבו הם גבוהים, או פריט שיש צורך לבצע לו התאמה לשימוש צבאי, מתחדדת הדילמה שבין פיתוח עצמי או רכש, מתוך הרצון לשמור על עצמאות בייצור, על גמישות לשינויים, על צמצום התלות באחרים, ועל הקטנת הסיכונים הביטחוניים/ אבטחת מידע הקיימים.

#### החסמים במערכת החדשנות הביטחונית הישראלית

בקיץ האחרון "המציא" החמאס נשק חדש, המבוסס על מוצר מדף, בדמות עפיפונים, בלונים ורחפנים עם מנגנוני נפץ המבוססים גם הם על מוצרי מדף זמינים וזולים, ומימש אותם תוך שבועות ספורים. מגמה זו של החמאס ניכרת גם מתוך כרזה שפרסם השנה במלאת 30 שנה, ובה הוא מציג את "מפת הדרכים הטכנולוגית" שלו, המבוססת בקצה



תמונה 6: מפת הדרכים הטכנולוגית של חמאס

על מוצרי מדף. צה"ל בתגובה, הצליח גם הוא להפעיל מוצרי מדף בזמן קצר (רחפנים מסחריים שהותאמו והופעלו בזמן קצר ע"י יחידת מטמו"ן), כנגד האיום. "קרב" מסוג זה יכול היה להתרחש גם בין שני ארגונים לא מדינתיים בתוך מרחב מסוים, ללא מיצוי היתרון המדינתי הקיים לאחד הצדדים. הרחפנים שהפעילה יחידת מטמו"ן כאמצעי נגד עפיפוני הנפץ והתבערה הם דוגמה חיובית לגילוי תושייה של צה"ל אל מול צורך בוער.

טענתי בהקשר זה היא כי מה שנתפס כגילוי תושייה בעת חירום, יכולת לרכוש במהירות מוצר מדף וללמוד כיצד ניתן למצות את הפוטנציאל המבצעי שלו - צריך להפוך להיות שריר קבוע ושיטתי במערכת בניין הכוח שלנו וכן ניתן גם לנצל יכולות מסחריות אלו, בצורה אפקטיבית יותר, כצבא.

ניצול החסר של טכנולוגיות מתפתחות בשוק האזרחי לטובת מערכת הביטחון נובע מחסמים אחדים המעכבים את יכולת המיצוי הביטחוני של ההיצע הטכנולוגי בשוק האזרחי. להלן אמנה את העיקריים שבהם:

#### חסם עסקי-רגולטורי (במו"פ, בייצור ובהתאמה)

בשונה מתעשיות ביטחוניות גדולות, המבוססות על כך שמכירה למערכת הביטחון הישראלית מקדמת עסקאות בשווקים זרים, לתעשיות הטכנולוגיות האחרות אין תמריץ אמיתי לפנות לשוק הביטחוני ולהתגבר על חסמי הבירוקרטיה שבו. משרד הביטחון, הפועל גם כרגולטור וגם כלקוח, קובע את הכללים להתקשרות עם תעשיות. על מנת להפוך לספק של משרד הביטחון נדרש הקבלן לעבור תהליך ארוך ובירוקרטי, שרק בסיומו ניתן לבצע התקשרות. השאלה הראשונה ששואלת חברה מסחרית עתירת ידע, המכוונת את עצמה לייצור (בדרך כלל המוני) של מוצרים טכנולוגיים, היא: "למה לי לעבוד עם משרד הביטחון?" על פי רוב, הדרישות הטכניות של הלקוח הזה הן ייחודיות ודורשות זמני פיתוח והוכחת תוכן ייחודיים (בדרך-כלל ארוכים, או נוספים) אשר בסופם כמויות הייצור הפוטנציאליות (ובעיקר בישראל) הן מזעריות. לעומתן, השוק הפוטנציאלי האזרחי אטרקטיבי הרבה יותר בכמויות הייצור, בתהליך וברווחים. נוסף על כך, הצגת משרד הביטחון כלקוח של תעשיית הזנק, עלול לדחות משקיעים מחשש להגבלות ייצוא בעתיד. עניין זה נחשב כ"מגדיל סיכון" והוא מקטין את הסיכוי להשקעות.<sup>5</sup>

#### החסם החוזי (מחקר ופיתוח)

האופן שבו מקדמת מערכת הביטחון מחקר ופיתוח בתעשיות הביטחוניות הוא פרטני מדי, כובל מדי והגיונו נעוץ במאפייני התעשיות הביטחוניות ולא במאפייני השוק הטכנולוגי האזרחי. דוגמה לכך הם מנגנוני ההתקשרות הסטנדרטיים שנבנו על ידי מערכת הביטחון, תוך כדי יישום לקחים רבי שנים מתוך התקשרויות עבר. כללי הרכש מבוססים על חוק חובת המכרזים ועל הסכמים רבי שנים בין התעשיות הגדולות למערכת הביטחון במקרים של פיתוח מצוינות (הגדרה פורמלית של תעשיות כ"מוקדי ידע לאומיים" או "בית מערכת"). הדינמיקה המאפיינת את הכללים ואת החוקים בתחום זה נמוכה מאוד, ויש לכך יתרונות, אך בהקשר ניצול COTS, גם חסרונות. על פי רוב, כאשר מדובר בפיתוח, כמות המתחרים היא קטנה, דבר ההופך את התחרות לבעלת "חיכוך" גבוה בין התעשיות, ולעיתים יש לכך מחיר, כלכלי או חדשני. אפיון המערכת לפיתוח הוא מסמך מגביל מבחינת

<sup>5</sup> ראיון עם צחי שנוך, מנהל המערך הטכנולוגי ברשות לחדשנות טכנולוגית, משרד הכלכלה והתעשייה (30.4.2017).



אופקים טכנולוגיים מתוך הצורך לאפשר מכרז שוויוני בין כולם. יוצא אפוא שמרחב הפתרונות והאפשרות לחדשנות מוגבל באופן מובנה. למערכת הביטחון אין מגוון כלים התקשורתיים המאפשרים לה לפנות לחברות החדשניות ביותר, מהתעשייה הביטחונית ועד תעשיות ההיי־טק עתירות הסיכון, ואין לה מנגנון של "מכרז על מחקר ופיתוח". נוסף על כך, אין מנגנוני התקשורת מודרניים, המאפשרים השקעה ללא תמורה במקרה של כישלון, טיפול בסיכון (אי־פיצוי על מחקר ופיתוח לא מוצלחים), טיפול בקניין רוחני ועוד.

### חסם הקניין הרוחני

בעיית הקניין הרוחני נוצרת בעת השקעה של גוף ממשלתי בחברת הזנק, שלה שאיפות מסחריות גלובליות, ולא דווקא שאיפות הממוקדות בשוק הביטחוני. למערכת הביטחון כללים קשיחים לגבי הבעלות על הידע בכל הזמנת פיתוח היוצאת ללקוח, ולמעשה "דרישת המחדל" היא כי הידע יהיה בבעלות המשרד. לכן עלולה מערכת הביטחון להמשיך ולהחמיץ יכולת מיצוי של טכנולוגיות רבות בגין חוסר מוטיבציה של תעשיות חדשניות לסכן את הידע; מחד גיסא, מעוניינות החברות האזרחיות לשמור אצלן את זכויות היוצרים על הטכנולוגיות שאותן הן מפתחות, זאת כדי להגביל את היכולת של חברות אחרות להתחרות בהן, כדי לאפשר להן תמיכה בלעדית בטכנולוגיה בעתיד, כדי לאפשר להן הפצה אזרחית של הטכנולוגיה בשוק האזרחי הגלובלי, הגדול והרווחי הרבה יותר מהשוק הביטחוני, וכדי לשמור על יכולתן לפרוץ (לבצע אקזיט) בהמשך. מאידך גיסא, מעוניין משרד הביטחון לשמור את זכויות הייצור אצלו, הן כדי להוזיל את התמיכה בטכנולוגיה, הן כדי לאפשר תחרות והן כדי להגביל את הייצוא של הטכנולוגיה לגורמים זרים.

### חסם אבטחת המידע, משטר ספקים

הזמינות הגבוהה של רכיבים מסחריים רלוונטיים מגדילה את האטרקטיביות שלהם לשימוש במערכות צבאיות, ובכך מאפשרת לחסוך פעילויות פיתוח של מוצרים קיימים ("להמציא שוב את הגלגל"). עם זאת, היצע זה עלול להיות, במקרים רבים, "מלכודת דבש" המאלצת את מערכת הביטחון להשתמש בפריטים מסחריים לא מבוקרים בתשתיות אשר במתקניה (מזגנים, מחשבים, טלפונים וכדומה), ואף באמצעי לחימה (יחידות תפעול, מחשבי משימה, מרכזיות תקשורת, חוזי ועוד). הרצון להימנע מסיכון שביצירת "דלת אחורית", מהווה חסם משמעותי אשר צפוי לגדול בעתיד במקרה שיתגלו כשלים במערכות קיימות מבוססות טכנולוגיות מסחריות. מרחב האפשרויות להתמודדות עם חסם זה כולל: פיתוח עצמי על ידי מערכת הביטחון; משטר ספקים מצומצם של ספקים מאושרים ומבוקרים; תכנון ארכיטקטורה ייעודית המקשה את השליטה מבחוץ, או מקטינה נזקים ובקורות נוספות.

### חסם ההתנגדות החיצונית לשינוי

המעבר מהמערכת הישנה המוכרת למערכת הכוללת שחקנים אזרחיים רבים יותר, מהווה סיכון לתעשיות הביטחון הן בהיבט הכלכלי, הן בהיבט הידע המתפתח והאובדן של תחומי חדשנות והתמקצעות, והן בהיבט היקף הפעילויות וכוח האדם. באופן טבעי, כמות המשאבים שתושקע בפרויקט עתיר טכנולוגיית מדף מקטינה את היקף הפרויקטים ואת עלות היחידה, יחד עם הגדלת התחרות והגדלת הסיכון.<sup>6</sup> תעשיות הביטחון מייצאות לחו"ל כ-74% מתוצרתם, גם בזכות היותם ספק ישיר של צה"ל, שלו ערך מוסף בטבילת האש המהירה והמוערכת בעולם, של האמל"ח הנבחן. על כן, יש לזכור כי כל פעולה במערכת "אקולוגית" זו נדרשת להתבצע בשום שכל בכדי לשמור על נכס ייחודי זה.

ל"שיבוש" שוק ('disruption'), כלומר לשינוי המודל העסקי שלו ומערכת היחסים בין השחקנים, השפעות כלכליות רבות. הסיכונים והחסרונות הם בעיקר לשחקנים הישנים במערכת, קרי לתעשייה הביטחונית, הרואה בעצמה הנפגעת העיקרית מכניסת גורמים מסחריים אזרחיים, ולכן התייחסותה הטבעית למגמה המתוארת היא גם כסיכון. היתרונות והסיכויים, הם לאותם גורמים המזהים בזמן את המגמה המתפתחת ומנצלים אותה לטובתם.

התבוננות היסטורית על התעשייה הביטחונית בישראל מראה שעם הזמן עברו תחומים טכנולוגיים נוספים את מגמת ההיפוך בהעברת הטכנולוגיות, כך שהיקף העיסוק של התעשייה הביטחונית בהם, הצטמצם. דוגמאות לכך הן: תחום הצגים (באלביט), מחלקות פיתוח המחשבים בתעשיות הביטחוניות, תחום פיתוח המצלמות הצבאיות, תחום פיתוח רכיבי חישוב כדוגמת ASIC, פיתוח מערכות הפעלה, פיתוח חומרות תקשורת מהירה וחומרות הקלטת וידאו RT.<sup>7</sup>

בד בבד ובעקבות תהליכים אלה, התרחשו בתעשיות הביטחוניות שתי מגמות קוטביות חיוביות אשר פיצו על הירידה ואף הביאו להגדלת החדשנות הצבאית: הראשונה, עיסוק בפיתוח של מערכות מורכבות (מערכת של מערכות), זוהי התמקצעות בתחום הנדסת מערכות ותכנון של "מערכות-על", להן אין תחליף מסחרי כמוצר מדף. מגמה שנייה היא מיצוי טכנולוגיות מסחריות והתאמתן למערכות לחימה, תוך התמקדות טכנולוגית בתחומים הצבאיים בלבד.

הבעיה העיקרית העומדת כיום בפני תעשיות אלה היא ההשתנות המהירה שעדיין מתקיימת, והסיכון שב"השתלטות" השוק המסחרי על תחומים נוספים, או על רמות תוכן נוספות. האתגר הגדול ביותר של תעשיות אלה הוא ההחלטה באיזה תחום חדשנות לבצע מיקוד והשקעה כדי להישאר משמעותיות בהמשך.

בעניין המעבדות הלאומיות ומוקדי הידע (המלמי"ב) נעיר שכמו בתעשייה הביטחונית, גם כאן עוברים חלק ממוקדי הידע ומהמעבדות הלאומיות תהליך של שינוי בתחומי העיסוק עקב ההתפתחות המעריכית של טכנולוגיות מסחריות, שבחלקן עסק בעבר

<sup>6</sup> ראיון עם דובי אוסטר, CTO במפא"ת (8.1.2017).

<sup>7</sup> ראיון עם מיכאל בר-עזרא, CTO בחט"ל, בזרוע היבשה (27.2.2017).

המלמי"ב. השינוי הנכפה על גופים אלה בעקבות השימוש בטכנולוגיות מסחריות אינו מתקבל בהכרח באור חיובי, וכופה על גופים אלה ועל הגופים המנחים אותם, בחינה מחדשת ורציפה של הנושאים שבהם יתמקדו. עם זאת, חשיבות המיקוד והשמירה על המחקר הבסיסי ועל המשך הנבטת טכנולוגיות צבאיות לשימוש צבאי, הינה עדיין קריטית לשימור היתרון היחסי הצבאי של מדינת ישראל, ותמשיך להוות את "ליבת האיכות" שממנה מתאפשרות יכולות צבאיות ייחודיות חדשות, כדוגמת עולמות המיגון (משכבות ההגנה האסטרטגיות ועד למיגון האקטיבי הטקטי), האש והאלקטרואופטיקה.

### החסם הארגוני וההתנגדות הפנימית לשינוי

נוהל הפיתוח הצבאי מגדיר בעלי סמכויות שונים בתהליך הפיתוח. בין הסמכויות השונות קיימת חלוקת תוכן בין קציני התורה והאמל"ח, אשר כותבים את האפיון המבצעי ומתרגמים אותו לדרישה מבצעית, לבין הקצינים הטכניים, אשר כותבים את האפיון הטכני ואת מסמכי ההתקשרות לצורך פיתוח וייצור. חלוקה זו היא דיכוטומית, ומבוססת על האוכלוסיות השונות בגופים השונים: בגופי התורה והאמל"ח משרתים קצינים שלהם אמור להיות ניסיון מבצעי, ובגופי הפיתוח, מהנדסים. הדרישה מקציני האמל"ח והתורה היא כי יכירו את השטח, וכי יהיה להם ניסיון מבצעי, והדרישה מקציני הפיתוח היא כי תהיה להם הכשרה הנדסית פרויקטלית. בדרך כלל, אין מעבריות יתרה בין היחידות (יש מעט קצינים העונים על שני הקריטריונים), אך ישנה היכרות מעמיקה ושותפות עמוקה בין הקצינים בצוות הפרויקט.

בימים שבהם כמות ההזדמנויות הטכנולוגיות גבוהה מאוד, ואפיון מבצעי ודרישה מבצעית יכולים בהחלט להיוולד מהזדמנויות טכנולוגיות המגיעות לבשלות מספקת, נשאלת השאלה עד כמה יעילה חלוקה דיכוטומית זו? בשונה מהימים שבהם היה זמן ארוך מהופעת ההזדמנות (המדעית או הטכנולוגית) דרך הגותה של מכונת נשק חדשה ועד לתכנונה ובנייתה - היום, היכולת להפתיע את האויב קשורה, גם ובעיקר, ביכולת המהירה ביותר לנצל את ההזדמנות הטכנולוגית הבאה ו"לרכוב על הגל".<sup>8</sup>

### אסטרטגיית הזינוק של מערכת החדשנות הביטחונית

כדי לאפשר למערכת החדשנות הביטחונית להתמודד עם האתגרים של הדור הבא, בכל ממדי הלחימה, ולבצע את 'קפיצת המדרגה' שתשאיר אותה ביתרון יחסי, צריכה מערכת הביטחון לנצל באופן משולב את יתרונותיה הייחודיים של מדינת ישראל הן בעולם החדשנות הטכנולוגי (העולם המסחרי), והן במערכת החדשנות הביטחונית. על כן, נדרש לתכנן אסטרטגיית זינוק לעולם המחקר והפיתוח, שתתאים למציאות המתהווה ושתתמודד עם החסמים שתוארו תוך כדי מיצוי הפוטנציאל בישראל. זהו בעצם שינוי פרדיגמה שישפיע הן על אופי הפרויקטים, הן על תהליכי העבודה, הן על החשיבה של צוות הפרויקט והן על היעדים האסטרטגיים של מערכת הביטחון.

<sup>8</sup> ניר חלמיש, לרכב על הגל - אתגרי המו"פ הביטחוני בתר"ש גדעון (צה"ל: מפא"ת, 2017).

אסטרטגיית הזינוק תלויה בתשובה על שתי שאלות. ראשית **שאלת ה"איך?"** - איך מנצלים בצורה הטובה ביותר את משאבי מערכת הביטחון ואת יתרונותיהן היחסיים של מערכת החדשנות הביטחונית ושל מערכת החדשנות האזרחית? השאלה השנייה היא **שאלת ה"מה?"** - איזה כוח צבאי נבקש לפתח בשיטות החדשות שנעצב? כוח שיצליח ליצור "שיבוש" מהותי של אסטרטגיית האויבים.

נפתח בשאלה הראשונה. הפיצוח כאן טמון בהתמודדות מוצלחת עם החסמים שאותם מנינו לעיל. להלן נציג כמה סוגיות עקרוניות שחלקן מיושמות כבר היום:

**ה"תעשייה הביטחונית המתוכנת";** במקרים רבים נדרשות התאמות ייחודיות של מוצרי מדף טכנולוגי לדרישות מבצעיות ספציפיות, אך לרוב, ליצרן של מוצר שכזה אין ידע ורצון (בדרך כלל) לעסוק בכך. לכן יש צורך בחיזוק ובמיסוד התעשייה הביטחונית המסורתית כ"תעשייה מתוכנת" שלה יש את הידע, היכולת והמוטיבציה לבצע את ההתאמות הנחוצות, כמו גם מנגנוני עבודה קיימים מול משרד הביטחון.

**שינוי פרדיגמטי באופי הפרויקטים והדרישות;** הכוונה היא לשינוי באופי ובהיקף הדרישות הטכניות ה"מסורתיות" בעיקר במקרים שבהם מדובר במוצר מדף טכנולוגי זול שנדרש לבצע לו התאמה לדרישות המבצעיות. מכיוון שאורך חייהם של מוצרי מדף טכנולוגיים קצר, מחירים נמוך, תהליך אישורם קצר וזול יותר, ולכן מתאים להם מודל פרויקטלי שונה מרוב אמצעי הלחימה המאופיינים היום על ידי הצבא. בפרויקטים מבוססי מוצרי מדף, או עתירי מוצרי מדף, ייתכן שניתן להגיע לפתרון טכנולוגי מהיר וקצר חיים (בהשוואה לעשרות השנים שבדרך כלל מאפיינות דרישות מבצעיות) הכולל מענה מבצעי יחד עם מענה אחזקתי, והוא כלכלי בהיבט מחזור החיים (Life Cycle Cost - LCC) הכולל עלויות פיתוח, ייצור וחלפים. דוגמה לכך היא שימוש ברחפנים מסחריים והתאמתם לצרכים הצבאיים, תוך פיתוח ממשק ההתאמה בלבד, והשארית היכולת "לדלג" לאחר שנים ספרות לרחפן הבא שייבחר מן המדף לביצוע המשימה.

**שיתופי פעולה טכנולוגיים עם העולם המסחרי והתקשוריות מתקדמות;** הפתרונות המתבקשים לטיפול בחסם זה הם פיתוח ומיסוד של מנגנוני התקשורת מודרניים, הסכמי שיתוף פעולה והשקעות מוגבלות (הון-סיכון) בטכנולוגיות רלוונטיות נבחרות, במטרה להעלות את פוטנציאל החברות המסחריות המשתתפות בפרויקטי החדשנות של צה"ל. מנגנונים אלה מאפשרים השקעה ללא תמורה במקרה של כישלון, טיפול בסיכון (אי-פיצוי על מחקר ופיתוח לא מוצלחים), טיפול בקניין רוחני ועוד. בתמצית, מערכת הביטחון הישראלית נדרשת לפתח לעצמה מנגנונים של קרנות השקעה הדומים לאלה שהקימו הזרועות של הכוחות המזוינים האמריקאים, ובישראל - השב"כ והמוסד.<sup>9</sup>

מגמה חיובית ניתן למצוא בכמה מנגנוני רכש חדשים, בעיקר בתחומי המחקר והפיתוח.<sup>10</sup> למשל, שיתוף הפעולה שבוצע בין מפא"ת לבין המדען הראשי להקמת מימ"ד,

<sup>9</sup> ראו, למשל, יובל אזולאי, "קרן החדשנות של המוסד נחשפת: תשקיע ב-5 חברות בשנה הקרן החדשה", גלובס <https://www.globes.co.il/news/article.aspx?did=1001194317> (27/06/2017).

<sup>10</sup> ניר חלמיש, **לרכב על הגל - אתגרי המו"פ הביטחוני בתר"ש גדעון** (צה"ל: מפא"ת, 2017). עמ' 7.

מנגנון המאפשר התקשרות עם חברות הזנק, וזאת בהשקעה משותפת לפיתוח טכנולוגי חדשני על בסיס השקעה ללא החזר, בעלות על הידע ליישומים צבאיים בלבד, והחזר השקעה במקרה שחברת ההזנק מגיעה ל'אקזיט'. באופן זה הותנעו מעל 100 פרויקטים חדשניים בחמש השנים האחרונות, בהשקעה שנתית לא גבוהה, אך משמעותית ביותר לחברות ההזנק, המקבלות מימון ממשלתי כפול הן ממוסד הביטחון והן ממוסד הכלכלה והמסחר.

דוגמאות נוספות: השת"פ שבוצע בין המדען הראשי, מפא"ת והתעשייה הביטחונית לפתח טכנולוגיית בסיס חדשה בתחום ההדמאה, שיש לה פוטנציאל שוק מסחרי לצד ביטחוני; מנגנון חממה טכנולוגי בחסות תעשייה ביטחונית, שהוקם במטרה להנביט טכנולוגיות רלוונטיות לשימוש כפול, תוך טיפול בסוגיית העברת הידע, התגמולים וחלוקת השוק במקרה של הצלחה.<sup>11</sup>

**התמודדות עם סוגיית הקניין הרוחני;** מרחב הפתרונות לבעיה זו דורש ממערכת הביטחון פתיחות והתפשרות על חלק מדרישות הבעלות על הידע על מנת לאפשר לחברת ההזנק ליהנות מהשקעת מערכת הביטחון בטכנולוגיה, ולאפשר לה להתפתח בכיוונים מסחריים בהמשך, ועם זאת, נדרש להגן על האינטרסים של מערכת הביטחון. כיוון מחשבה מסוג זה אף הוא נוסה לאחרונה במערכת הביטחון, אך טרם מוסד באופן שמאפשר את השימוש בו בצורה מלאה.

וכעת לשאלה השנייה. אלו פיתוחים יאפשרו לצה"ל עוצמה צבאית רלוונטית יותר, כזו שתאפשר לו לשבש את צורת הלחימה של האויב? - **מה צריך** (להבדיל מ"מה אפשר?") **לפתח מכל המגוון הטכנולוגי, בכדי לשמור על היתרון?**

רכש מוצרי מדף טכנולוגיים מאפשר למערכת החדשנות הביטחונית לא לאבד יתרון בזירות מסוימות, ולהיות לפחות באותה שורה עם אויבנו העושים רכש דומה של רחפנים, טלפונים, רובוטים וכלי IOT. אך אנחנו לא מעוניינים להיות רק במצב של שוויון, אלא לשאול מה צריכה מערכת החדשנות הביטחונית לפתח כדי להשיג יתרון על האויב, ומה יכולים להשיג המשאבים הייחודיים שלנו, הטכנולוגיים והאנושיים, שהאויב לא יכול לחקות או לקנות?

לצד הגדלת הנתח של פריטי מדף ורכיבים מסחריים, ולצד הצורך לבצע התאמה שלהם לשימוש כאמל"ח (כפי שהוצג לעיל), מתפתחת למול עינינו מגמה מעניינת במיוחד והיא התפתחות תחום **המערכות המורכבות והמשולבות, בעלות הארכיטקטורה הפתוחה וריבוי המרכיבים** ('מערכת של מערכות' במובן הקישוריות הגבוהה). פיתוח פלטפורמות חכמות - במתכונת של '**מערכת של מערכות**' - היא שתביא ליתרון של צה"ל על האויב. קווי העברת נתונים בין תתי-מכלולים באמל"ח, שבעבר אפיינו אמצעי לחימה מתקדמים ושלחם מרכיבים שונים (שנות ה-80 וה-90), הפכו בשנות ה-90 וה-2000 לתקשורת מהירה בזמן אמת של כמה תתי-מערכות בפלטפורמה אחת בכדי לאפשר פונקציונליות מתקדמת (הפלטפורמה הפכה ל-System, ראה דוגמת מרכבה סימן 4

<sup>11</sup> ראיין עם חיים רוסו, יו"ר 'תעשייה' (27.2.2017).

דור ראשון). בהמשך, עם מימוש רעיון המובייל (תקשורת מבוססת תוכנה מעל גלי רדיו), התפתחו מערכות שליטה ובקרה בין כמה פלטפורמות/כלים ותפיסת ה-System of Systems התבססה על הקישוריות המתאפשרת (ראה דוגמת מערכות השר"ב השונות בעידן צי"ד). כיום, אנו לקראת עידן שבו מהירות תעבורת התקשורת וכמות הנתונים המיוצרים על ידי כל ישות מקושרת, מאפשרים תכנון מערכות של מערכות הפועלות בתיאום ביניהם בזמן אמת. יתרה מכך, אנו נמצאים בעידן שבו פיתוח הסנסורים (חושים אלקטרוניים) המסחריים מאפשר הכללת מערכות רבות ושונות על גבי פלטפורמה אחת והשילוב ביניהם הינו מכפיל כוח. פוטנציאל היכולות בעידן זה עשוי להיות אחד הבסיסים הטכנולוגיים לשמירה בעתיד על יתרונו היחסי של צה"ל ולזינוק הנכסף ביכולותיו.

כיוון מרכזי רב עוצמה הוא להתקדם שלב מהמצוינות הטקטית של כל פלטפורמה בפני עצמה, לשילובים בין פלטפורמות ובין מערכות סנסורים שונות, שייצרו יחדיו כוח אחד רובוטי. כך, למשל, ניתן לעצב פלטפורמה נושאת או מובילת יכולות רובוטיות אוויריות ו/או יבשתיות שיאפשרו לה לחלוש על שטח עניין רחב יותר באמצעות תצפית עילית, איתור אויב וסגירה/הכוונה של אש מגוונת. קישוריות של הפלטפורמה עם כלים אחרים הנושאים טילים, ארטילריה ולוגיסטיקה, יזכירו אולי לחובבי ההיסטוריה הצבאית את המעבר מלוחמה ימית מבוססת ספינות לתותחים ללוחמה המבוססת על נושאות מטוסים וקבוצות המשימה שלהן.<sup>12</sup> על מנת ליישם פוטנציאל זה, רצוי כי יוקם גוף הנדסת מערכת רב-זרועי, שלו יהיו פרספקטיבה ועניין ממוקד טקטי.

ההתפתחות ביכולות עיבוד המידע ("Big Data", היתוך מידע, AI) של חיישנים מאפשרות כבר היום לפלטפורמה בודדת להיות אפקטיבית בשטח גדול בהרבה מבעבר. מטוס ה-F35 וטנק המרכבה 4 ברק (דור חמישי של הכלי) הם דוגמאות ראשוניות לפלטפורמות המקיימות עליונות טקטית בזכות היכולת לבצע היתוך מידע מהחיישנים העצמאיים שלה, מכלים אחרים בסביבה וממקורות מידע אחרים המקושרים אליה.

## סיכום

מאמר זה עסק בשינוי המרכזי אשר חל בשניים-שלושה העשורים האחרונים בהעברת הטכנולוגיה בין המערכת הצבאית למערכת האזרחית/מסחרית ובשימוש בה במערכות ובאמצעי לחימה. בישראל קיימת ייחודיות רבה הן בעולם הטכנולוגי המסחרי, בהיותה "מדינת היי-טק", והן בעולם הביטחוני, בהיותה מדינה עם חיכוך ביטחוני גבוה ומגוון במיוחד. ישראל הנחית באופן מסורתי גם ממערכת חדשנות ביטחונית (הכוללת את צה"ל, מערכת הביטחון והתעשייה הביטחונית), שידועה במצוינות מקצועית ובמקוריות טכנולוגית. כל אלה, יחד עם "שדה הניסויים" הביטחוני הייחודי של מדינת ישראל, צריכים להשתלב יחדיו למערכת פיתוח משוכללת יותר שתבטיח לצה"ל עוצמה צבאית עם יתרון בר-קיימא על האויב.

מיפוי המגמה על פי משפחות טכנולוגיות מלמד כי ייתכן ומדובר ב"עניין של זמן" עד

<sup>12</sup> שיחה עם אל"ם ערן אורטל, ראש צוות החשיבה במרכז דדו (6.6.2018).

לאזרוח ולמסחור של מרבית המשפחות הטכנולוגיות שבתחילת הדרך הוגדרו כצבאיות (במימון מדינתי).

בשלושת העשורים האחרונים החלה מערכת החדשנות הביטחונית להבין כי ניצול טכנולוגיות שהתפתחו בשוק המסחרי הן מכפיל כוח וברצונה להגדיל ככל הניתן נתח זה, מכמה סיבות: היקף השקעות המו"פ בעולם המסחרי, שהוא גבוה בסדר גודל מהשקעות המערכת הביטחונית-מדינתית; ההתקדמות בטכנולוגיה ו"צמצום פערים" טכנולוגיים על ידי מדינות וארגוני אויב של ישראל שאינם מתירים מצב של "במקום דרוך"; לחימה לא סימטרית מול אויב מעודכן טכנולוגיות בסביבה אורבנית וסבלנות לא סימטרית לנזק סביבתי ולנזק לכוחותנו בלחימה זו; היווצרות ממד הלחימה החדש, ממד הסייבר, הדורש התערבות של מערכת הביטחון לצורך הגנה על תשתיות לאומיות ועל הרשת הצה"לית. בשנים האחרונות ניתן לראות מגמות של שינוי גם במערכת הביטחון הישראלית, כמו גם

במשרד ההגנה האמריקאי העוסק בנושא זה (Third Offset) במקביל.<sup>13</sup>

שמירת היתרון היחסי שלנו על האויב, תישען על היכולת להנביט טכנולוגיות חדשות רלוונטיות (מחקר בסיסי צבאי מוכוון), **למצות** טכנולוגיות מתפתחות בעולם המסחרי **ולהתאימן**, ולפתח **מערכת של מערכות** לחימה שבה אפקטיביות קישוריות רבה בין מערכות הלחימה, כך שהאפקטיביות שלהן תהיה גבוהה יותר.

<sup>13</sup> שמואל שמואל, המסע לאסטרטגיית ההיסט השלישית במערכת הבטחון האמריקאית 2012-2016 (מרכז דדו: נובמבר 2016).

**רשימת מקורות:**

- אזולאי, יובל. "קרן החדשנות של המוסד נחשפת: תשקיע ב-5 חברות בשנה הקרן החדשה". גלובס. <https://www.globes.co.il/news/article.aspx?did=1001194317>. 27/06/2017.
- חלמיש, ניר. לרכב על הגל - אתגרי המו"פ הביטחוני בתר"ש גדעון. צה"ל: מפא"ת, 2017.
- פאגלין, גיא. 'מרוץ החידוש' - טכנולוגיות צבאיות ואזרחיות באמצעי לחימה - נקודת האיזון המתאימה. המכללה לביטחון לאומי, ינואר 2018.
- ראיון עם אוסטר, דובי - CTO במפא"ת. 8.1.2017.
- ראיון עם בן-עזרא, מיכאל - CTO בחט"ל, בזרוע היבשה. 27.2.2017.
- ראיון עם רוסו, חיים - יו"ר 'תעשידע'. 27.2.2017.
- ראיון עם שניר, צחי - מנהל המערך הטכנולוגי ברשות לחדשנות טכנולוגית, משרד הכלכלה והתעשייה. 30.4.2017.
- שיחה עם אל"ם אורטל, ערן - ראש צוות החשיבה במרכז דדו. 6.6.2018.
- שמואל שמואל. המסע לאסטרטגיית ההיסט השלישית במערכת הבטחון האמריקאית 2012-2016. צה"ל: מרכז דדו, נובמבר 2016.
- Mazzucato, Mariana. *The Entrepreneurial State: debunking private vs. public sector myths*. Anthem Press: 2013.