

# עתיד הרק"ם ביבשה

## כיווני התפתחות טכנולוגיים

פריצות הדרך הטכנולוגיות כבר נעשו, וכניסה מסיבית של כלי רק"ם לא מאוישים לשדה הקרב היא בלתי נמנעת. המאמר מתווה דרך כיצד לעשות זאת באופן הדרגתי בלי לזעזע יתר על המידה את עולמם של בוני הכוח

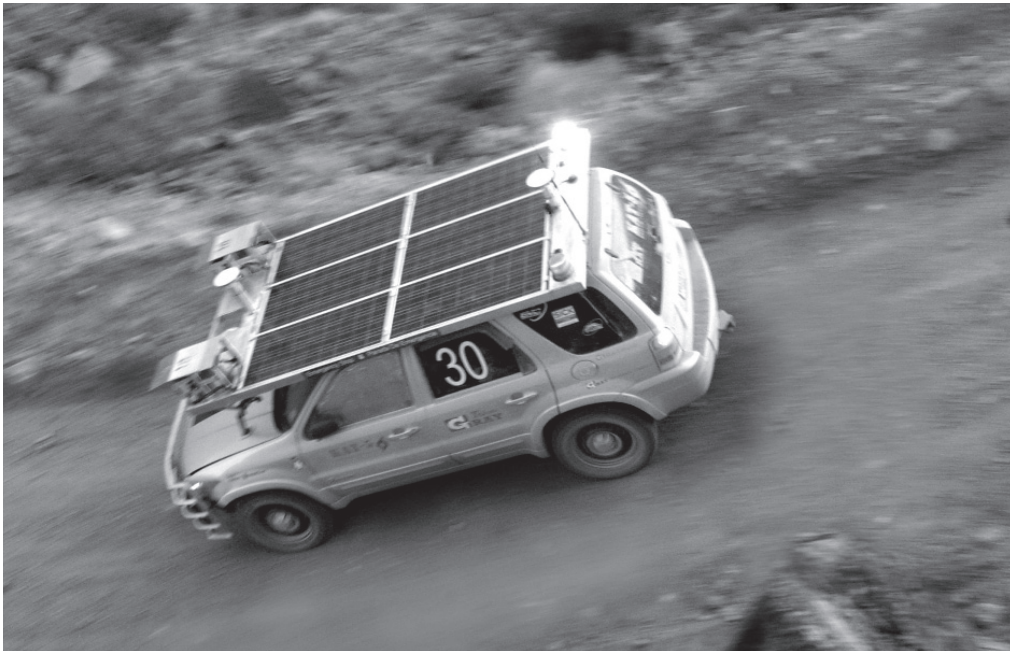


רכב אוטונומי משתתף בתחרות ה-Grand Challenge | הטכנולוגיה של כלי הרכב האוטונומיים כבר כאן



**אל"ם יואב זקס**

לשעבר ראש מחלקה במפא"ת ונציג מפא"ת בארה"ב



**רכב אוטונומי שמונע באמצעות אנרגיה סולרית | רק"ם שיתוכן מראש לפעולה בלתי מאוישת יותאם מראש לביצוע משימתו, ולכן יהיה קל יותר, קטן יותר וזול יותר בהשוואה לרק"ם מאויש**

שינוי נרחב בתפיסות העולם ובכל יתר המרכיבים של ההון הפיזי והאנושי. מכאן שקפיצת מדרגה טכנולוגית תחולל שינויים גדולים בכל מרכיבי הכוח, דהיינו בתפיסת ההפעלה, בהכשרה, בציוד, בלוגיסטיקה וכן הלאה. מדובר בשינויים שהם קשים מאוד למערכת גדולה - במיוחד למערכת שבמהותה שונאת שינויים, כמו צבא. כדי לסבך עוד את המצב יש לזכור שקהילת הפיתוח הטכנולוגית נוחה להתבדר, דהיינו לזרום לכיוונים רבים ושונים. ככלל היא אינה מבינה את העולם המבצעי, וקשה לה מאוד להתאים את היכולות הטכנולוגיות לצרכים המבצעיים.<sup>1</sup> על אף כל אלה אנו עומדים היום בפתחו של עידן חדש בתחום הרק"ם.<sup>2</sup> הטכנולוגיה כבר כאן, ונותר רק לבחון מי יהיה הראשון שיתרגם אותה ליכולת מבצעית.

### מקומו של הרק"ם בצבאות העולם

המאמר הזה עוסק בעתיד הרק"ם ביבשה - ובמיוחד בסוגיות הנגזרות מהצורך לספק מיגון לרק"ם נוכח מגוון איומים - וכן בכיווני התפתחות אפשריים על רקע האילוצים השונים האופייניים לימינו. הרק"ם (רכב קרבי משוריין), שנחשב עדיין לגורם מרכזי בלחימה ביבשה, נולד במלחמת העולם הראשונה. הופעתו חוללה שינוי דרמטי במבנה הכוח היבשתי ובאופן הפעלתו. עם זאת קרבות השריון

## נכונות הצבא להשקיע משאבי זמן, קשב וכסף במהפכות טכנולוגיות ותפיסתיות אינה גבוהה, וזו לשון המעטה

ותורות הלחימה - או שמא תהליך הפיתוח הסדור, הדרוש מהגוף המבצעי לנסח דרישה מבצעית (דמ"צ) שממנו יגזור אפיון טכני ולאורו ייערך מכרז בין מפתחים שונים, יותאמו תפיסות ההפעלה, התורה הלוגיסטית וכן הלאה - הוא הכיוון הנכון אשר יספק לצבא את היכולות העתידיות הנחוצות לו. בשנים האחרונות נוטה הכף לצד התהליך הסדור. יש בכך משום מכשול בפני הנהגת מהפכות טכנולוגיות גדולות והעדפה מובנית של התקדמות איטית במשעולים קיימים. זו התנהגות ראויה וזהירה המגלמת את מהותו השמרנית של כל גוף צבאי. אבל זו גם הדרך להחמיץ הזדמנויות טכנולוגיות לקפיצת מדרגה ביכולת המבצעית. נוסף על נאמנותו של הצבא לתפיסות ההפעלה ולתורת הלחימה הקיימות יש לציין את הצורך להתמודד על מסגרת תקציב נתונה. נכונות הצבא להשקיע משאבי זמן, קשב וכסף במהפכות טכנולוגיות ותפיסתיות אינה גבוהה, וזו לשון המעטה. יישומה של קפיצת מדרגה טכנולוגית דורש תמיד

### בשבחי השמרנות

הראשון בלקחי מלחמת לבנון השנייה הוא הצורך לחזור ולהתאמן. הגישה הזאת זוכה להסכמה רחבה, והמערכת כולה נחלצה לרענון תרגולות הקרב ולתרגול מערכי הלחימה והפיקוד. בכך עושה צה"ל את הדבר הנכון מבחינתו, שכן לב המקצוע הצבאי הוא תרגול מצבי קרב שעומס עלול הוא להתמודד בעתיד ושינון של דרכי הפעולה בתנאים האלה.

אחד ההיבטים המרכזיים של תרגול צבאי הוא התנסות הגייסות בהפעלת הציוד שבו ישתמשו בשעת אמת. לא אחת מדובר בציוד מורכב ויקר, והכשרת הלוחמים לרמת הפעלה טובה דורשת אימון רב. כאשר מדובר בהפעלתו של מערך מילואים גדול, ברור שנדרש פרק זמן ארוך עד אשר כלל הכוחות מגיעים לרמה המקצועית הנדרשת. על הרקע הזה מובן ששינויים תכופים וחדים הם גורם שלילי בתהליך האימון וההכשרה של כוח צבאי. אחת היא אם מדובר בשינויי תפיסה או בהטמעת ציוד חדש המחייב מיומנות מיוחדת בתפעול או בלוגיסטיקה. השמרנות חיונית כדי לבסס את המקצוע הצבאי, והיא הייתה למאפיין של אופן החשיבה הצבאי ולאילוץ המוטל מרצון לא רק על המצביא אלא גם על קהילת הפיתוח. שינויים בתפיסת ההפעלה, באימון, בציוד וכיו מתקבלים לאט. משך הזמן הנדרש כדי להטמיע מערכת נשק חדשה נאמד בשנים.

השמרנות החיונית לצבא היא האתגר הגדול של קהילת הפיתוח, וזאת משני טעמים עיקריים: ראשית, פרק הזמן החולף מהשלב של הרעיון הגולמי ועד לגיבושה של יכולת מבצעית הוא ארוך בהרבה מפרק הזמן הנדרש לאיום להשתנות או לצורך המבצעי להתעדכן. בה בשעה הטכנולוגיה אצה קדימה בקצב המבטיח שכל מערכת המפותחת בשיטה הנהוגה היום תהיה מיושנת (בהיבט המבצעי ובהיבט הטכנולוגי) במועד שבו תיכנס לשירות מבצעי. (זו גם הסיבה שהשיטה הזאת אינה מתאימה לפיתוח יעיל של אמצעים למלחמה בטרור, אולם על כך יכתב במאמר אחר). המשמעות המיידית של כל אלה היא שבסופו של תהליך ניוותר עם מערכת יקרה מדי (לרכש ולאחזקה) הנותנת פחות מדי (ביחס לצורך המבצעי וביחס לאפשרויות הטכנולוגיות).

נוסף על כך קיימת שאלת "הביצה והתרנגולת" או מה קודם למה: ההזדמנות הטכנולוגית או הצורך המבצעי. במילים אחרות: האם חידושי הטכנולוגיה צריכים (ואם צריכים האם הם יכולים) להוביל את תהליכי הפיתוח של יכולות חדשות, ובעקבותיהן יותאמו תהליכי בניין הכוח - ייבנו תפיסות הפעלה

חידושים בשנים האחרונות. עיקר תשומת הלב הושקעה בפיתוח חימוש מונחה מסוגים שונים.<sup>8</sup> הפיתוח הזה אינו מותאם לרק"ם ספציפי או לרק"ם בכלל, ובמהותו הוא חותר תחת העלויות שממנה נהנה בעבר רק"ם המצויד בתותח מדויק. בעבר רק תותח מדויק (ולכן גם כבד ומסורבל) היה מסוגל לפגוע במטרות המרוחקות בין קילומטר אחד לחמישה קילומטרים. הופעתו ההדרגתית של החימוש המונחה החל משנות ה-70 של המאה הקודמת ואילך הביאה ליכולת משופרת לפגוע במטרות בכל קשת הטווחים הזאת ומעבר לה באמצעים מסורבלים פחות ובמיוחד ללא צורך ברק"ם לצורך ניוד החימוש הזה המותאם הן לנשיאה רגלית<sup>9</sup> והן למגוון של פלטפורמות נוספות.

בתחום המיגון התמונה מורכבת מעט יותר. מגוון האיומים על כלי רכב משוריינים הוא גדול, ואפשר לחלק אותו לארבע משפחות: רקטות ונשק מונחה - על-פי רוב בעלי רש"ק חלול (כימי),<sup>10</sup> פגזים חודרי שריון, מוקשים ומטענים, אנרגיה מוכוונת<sup>11</sup> ולוחמה אלקטרונית. תפיסת האיום ברוב המדינות נתנה את המשקל העיקרי למשפחה הראשונה, משפחת הנשק המונחה. מיגון אקטיבי נגד האיום הזה פיתח משרד הביטחון באמצעות מפא"ת.<sup>12</sup> בכך הייתה ישראל למובילה עולמית בתחום הפיתוח של האמצעי המורכב הזה. המיגון האקטיבי מאפשר להתמגן ביעילות מפני האיום החמור ביותר (נשק מונחה), אולם מפאת מחירו הגבוה אפילו המדינות העשירות ביותר לא מיגנו עד כה את צי הרק"ם שלהם באמצעותו. טבלה 1 מציגה את מידת הסכנה

ה-Grand Challenge שניהלה סוכנות הפיתוח האמריקנית (DARPA) ב-2005 הצליחו חמישה צוותים לתכנן כלי רכב בגדלים שונים אשר צלחו מרחק של כמעט 200 ק"מ במסלולים יבשתיים מגוונים ללא התערבות אנושית כלל.<sup>5</sup> בעת כתיבת המאמר הזה הושלם בהצלחה החלק השני של ה-

## מיגון רק"ם משיג במקרים רבים את התוצאה ההפוכה מזו שקיוו מתכנני להשיג: הוא נאלץ לשאת טונות של ברזל ושל מערכות מיגון, ולכן נעשה מסורבל, איטי, בעל צללית גדולה, יקר לרכש, לתפעול ולאחזקה

Grand Challenge<sup>6</sup>, ובו הצליחו כמה צוותים לפתח כלי רכב עצמאיים לחלוטין שנעו בסביבה עירונית, השתלבו בתנועה, צייתו לחוקי התנועה והגיבו על מכשולים לא צפויים. בעבור הטכנולוגים יש בכך הוכחת היתכנות. רק שני דברים מפרידים עתה בין הטכנולוגיה הזאת לבין יישומה במערכת מבצעית: החלטה ומימון. עם זאת משמעות ההישג הזה עדיין לא עוכלה במלואה,<sup>7</sup> אף שאנו עדים במידה הולכת וגוברת לניצנים של שימוש צבאי בתחום הזה. צפוי שהראשונים שירתמו את החידוש הזה, יפנימו ויטמיעו אותו ייצרו פער טכנולוגי ענקי על יתר העולם בתחום של הפעלת הכוח ביבשה. בתחום האש הנורית מרק"ם כמעט שלא היו

הגדולים האחרונים התרחשו לפני 35 שנים - בסיני וברמת הגולן במהלך מלחמת יום הכיפורים. מאז הופעל רק"ם במקומות רבים נוספים בעולם, אך לא באותם היקפים ענקיים. בד בבד התפתחו שני כיווני פיתוח טכנולוגיים ותחרות ביניהם: "הציידים" המפתחים מערכות תקיפה שמטרתן היא להשמיד את הרק"ם או לכל הפחות להופכו לבלתי שמיש לפרק זמן ארוך, ולעומתם "המגינים" המפתחים מערכות מיגון שמטרתן היא למנוע פגיעה ברק"ם (ואם נפגע - למנוע פגיעה בצוות ולאפשר את חזרת הרק"ם לכשירות מהר ככל שניתן).

במאבק הזה בין "הציידים" למגינים ידם של "הציידים" היא על העליונה: רק"ם נחשב היום למטרה שקל לאתרה וקל להשמידה. מיגון רק"ם משיג במקרים רבים את התוצאה ההפוכה מזו שקיוו מתכנני להשיג: הוא נאלץ לשאת טונות של ברזל ושל מערכות מיגון, ולכן נעשה מסורבל, איטי, בעל צללית גדולה, יקר לרכש, לתפעול ולאחזקה.<sup>3</sup>

רק בהתמודדות של מעצמה טכנולוגית מול מדינה הנחותה ממנה משמעותית ניתן עדיין להצדיק שימוש נרחב ברק"ם יבשתי מאויש.<sup>4</sup> רק"ם קרבי משמש לתובלת לוחמים בשטחים מוכי אש וללחימה. שלושה נכסים יש לרק"ם בשדה הקרב: הניידות, כוח האש והמיגון. החידוש העיקרי שהושג בשנים האחרונות בתחום הניידות הוא פתרון של בעיית התנועה האוטונומית, דהיינו פיתוח היכולת להניע כלי יבשתי מכל סוג בין נקודה לנקודה ללא נהג אנושי. מדובר היה בבעיה קשה בהרבה מזו שעמדה בפני מי שפיתחו את יכולת התנועה העצמאית של כלי טיס או שיט. בתחרות

### טבלה 1: הסכנה הנשקפת לאנשי צוות ברק"ם מאמצעי לחימה שונים

ל"א ונשק אנרגיה <sup>13</sup>	מוקשים ומטענים	פגזי ח"ש	רקטות ונשק מונחה	
קלה	בינונית	בינונית	גבוהה	חומרת האיום <sup>14</sup>
מלחמה	טרור	מלחמה	מלחמה/טרור	שימוש נפוץ
נמוכה	בינונית	נמוכה	גבוהה	שכיחות האיום
גבוהה	נמוכה	בינונית	גבוהה	המורכבות
רק"ם	רק"ם, חי"ר	רק"ם	רק"ם, מבנים	מטרה אופיינית
קל-בינוני	בינוני-קשה	קשה	קשה	נזק בפגיעה <sup>15</sup>
נמוכה	נמוכה	בינונית	גבוהה	עלות התקיפה <sup>16</sup>

## טבלה 2: היעילות של אמצעי ההגנה השונים במקרה של פגיעה ברק"ם

עלות המיגון <sup>17</sup>	ל"א ונשק אנרגיה	מוקשים ומטענים	פגדי ח"ש	רקטות ונשק מונחה	טכנולוגיית המיגון
	קלה	בינונית	בינונית	גבוהה	חומרת האיום <sup>18</sup>
בינונית	נמוכה	נמוכה	נמוכה	בינונית / נמוכה	מיגון פסיבי
גבוהה מאוד	נמוכה	נמוכה	בינונית <sup>19</sup>	גבוהה	מיגון אקטיבי
נמוכה	בינונית	בינונית	נמוכה	בינונית / נמוכה	תכן הנדסי
בינונית	נמוכה	בינונית	נמוכה	בינונית	שיבוש וחסיומה

די אפילו במנגנון בסיסי ביותר, כגון רקטות אר-פי-ג'י,<sup>21</sup> שעלותה נמוכה והיא קיימת כבר עשרות שנים, כדי להעמיד את מפתחי המיגון בפני אתגרים קשים. בניסוח פשטני של הטיעון הכלכלי אפשר לומר שהשקעה של דולר באמצעי תקיפה מחייבת השקעה של מאה עד אלף דולר במיגון. בתנאים האלה ברור מדוע הכלכלה של מדינות רבות אינה יכולה לעמוד בהיקף ההשקעה הנדרשת למיגון טוב של צי הרק"ם שהיא מפעילה.

לסיבה השנייה שבגללה הציידים יעילים יותר מהמגינים ניתן לתת את הכותרת "פער הדורות". חולפות עשרות שנים מהרגע שמופיע איום ועד שיפותחו נגדו אמצעי מיגון יעילים. לרוב קיים פער של שני דורות בין פיתוח אמצעי התקיפה לפיתוח אמצעי המיגון המתאימים להם.<sup>22</sup> מכאן שרק מדינות בעלות אורך נשימה, חזון טכנולוגי ותקציב פנוי וגמיש יכולות לספק מענה טכנולוגי לאיומים המתפתחים באופן שהמיגון תמיד יקדים בצעד אחד את אמצעי התקיפה.

### ציידים ומגינים - כיווני ההתפתחות

- ניתן להבחין בכמה כיווני התפתחות אפשריים:
- כלי לחימה יבשתיים לא מאוישים. רק"ם שיתוכן מראש לפעולה בלתי מאוישת יותאם מראש לביצוע משימתו, ולכן יהיה קל יותר, קטן יותר וזול יותר בהשוואה לרק"ם מאויש. ניתן יהיה להפעילו בניהוג מרחוק או להקנות לו יכולת פעולה עצמאית. שתי התכונות האלה יכולות כמובן לדור בכפיפה אחת. לרק"ם הזה תהיה יכולת לפעול בקבוצה של כלים דומים, במשולב עם כלים מאוישים או לבד. המשמעות המלאה של מעבר לדור של רק"ם לא מאויש היא שינוי דרמטי באופן שבו מופעל כוח צבאי<sup>23</sup> ולא רק ביבשה.<sup>24</sup> על אף התועלת המבצעית

הרק"ם. שילוב מאוחר יהיה יקר מאוד ופחות יעיל.

### מדוע הציידים יותר יעילים מהמגינים?

ישנן שתי סיבות שבגללן ידם של הציידים היא על העליונה בקרב שהם מנהלים נגד המגינים. באופן לא מפתיע שתי הסיבות האלה הן זמן וכסף. לסיבה הראשונה ניתן לתת את הכותרת "כלכלת הביטחון". עיקר המאמץ בתחום הפיתוח הביטחוני בשנות ה-80 וה-90 הושקע בהשגת יכולות לתקיפת

## בניסוח פשטני של הטיעון הכלכלי אפשר לומר שהשקעה של דולר באמצעי תקיפה מחייבת השקעה של מאה עד אלף דולר במיגון

רק"ם, כלומר בפיתוח יכולת לתקיפה מטווח ארוך יותר, בדיוק רב יותר ובאמצעות חימוש בעל ממדים קטנים יותר. בהדרגה קטנה ההשקעה בפיתוח פגזי טנקים (הטווח של פגז מתקדם הוא עד חמישה ק"מ, ומחירו עומד על פחות מ-5,000 דולר), והוגדלה ההשקעה בפיתוח טילים (הטווח של טיל מתקדם הוא יותר מ-5 ק"מ. מחירו עומד על יותר מ-50 אלף דולר). ההגנה מפני איום כזה דורשת השקעות עתק בתשתית, במחקר ובפיתוח. נוסף על כך נדרשת השקעה משמעותית בהצטיידות בשל המספרים הגדולים של כלי הרק"ם (אלפי כלים). ההשקעה הכוללת הנדרשת נאמדת אפוא במאות מיליוני דולרים.

לכאורה אפוא די בהשקעה של כמה מיליוני דולרים כדי להצטייד במאות טילים כדי ליצור איום שעלות ההתנגדות מפניו היא בשני סדרי גודל גבוהה יותר.

הנשקפת לאנשי צוות ברק"ם מאמצעי לחימה שונים. טבלה 2 מציגה את היעילות של אמצעי ההגנה השונים במקרה של פגיעה ברק"ם.

### סוגי המיגון ומגבלותיהם

- המיגון הפסיבי והמיגון הריאקטיבי** מבוססים על שריון (על פי רוב על בסיס פלדה) ועל תוספות שונות - על-פי רוב חומרי נפץ מיוחדים המופעלים בעקבות מגע של קליע או של ראש נפץ. פיצוץם יוצר גל הלם המקטין את עוצמת הפגיעה ברק"ם. המגבלות: כדי להתמודד בהצלחה עם איומים מתקדמים נדרשת תוספת משקל כה רבה, עד כי הפתרון הזה לבדו אינו מעשי.
- המיגון האקטיבי** הוא מערכת המיירטת את האיום (טיל מונחה או רקטה) לפני פגיעתו ברק"ם. המגבלות: הוא יקר יחסית, אינו יעיל נגד מטענים, ורק בדור הבא יהיה יעיל (חלקית בלבד) נגד פגזי ח"ש.<sup>20</sup>
- תכן הנדסי** הוא תכנון מראש של מבנה הרק"ם כדי לקבל עמידות גבוהה מפני האיומים השונים. ככלל ניתן להגדיל מאוד את עמידות הרק"ם בפני חלק מהאיומים אם הוא תוכנן מראש כך שיוכל לעמוד בפניהם. במיוחד ניתן לשפר מאוד את העמידות בפני מטענים ומוקשים, אבל ההגנה שמספק המיגון הזה מפני טילים היא קטנה. (עלות היישום של הגישה הזאת קטנה ככל ששילובה קרוב יותר לשלב של תכנון הרק"ם. רק"ם שלא תוכנן כהלכה - כמעט שלא ניתן יהיה ליישם בו את הטכנולוגיה הזאת).
- שימוש בלוחמה אלקטרונית ובאנרגיה מוכוונת** יכול לסייע בהתמודדות עם חלק מהאיומים. כדי להגיע לרמת הגנה סבירה יש לשלב את האמצעים האלה כבר בשלב התכנון של



**רכב אוטונומי משתתף בתחרות ה-Grand Challenge | ניתן להקנות לכל כלי רכ"ם מודרני יכולת הפעלה מרחוק באופן שיאפשר לפרוק את הצוות ולבצע משימות בעלות אפיונים מיוחדים כגון סיכון רב, מונוטוניות ומשימות לוגיסטיות**

אכן גישתם של בוני הכוח מאז ומעולם ובמידה רבה זו הסיבה לכתיבתו של המאמר הזה. שני גורמים יאלצו בסופו של דבר את כולם להכיר בחיוניות של התהליך שתוארה: ראשית, האלטרנטיבה תהיה יקרה (הרבה יותר, ושנית, כוח שייבנה על-פי התפיסה הזאת יהיה יעיל יותר. לרוע המזל יחלוף זמן רב עד אשר ניתן יהיה לראות את שתי המגמות האלה, ועד אז ייבנה מהן רק מי שישכיל להשקיע בכיוון הזה, או במילים אחרות: יתחיל ליישם את מפת הדרכים שלהן.

### **מתווה למפת דרכים: שלבי המעבר מרק"ם מאויש לרק"ם לא מאויש**

1. **כניסת רכ"ם רובוטי (קרי: מופעל מרחוק באמצעות מפעיל) בתפוצה רחבה (בתחילה כלי אחד בכל פלוגה ועד כלי אחד בכל מחלקה).** המעבר מהמצב היום לשלב הזה מצריך החלטה ותקציב מתאימים. ניתן להשלים את המעבר בתוך תקופה קצרה יחסית (כמה שנים). גולת הכותרת של השלב הזה היא שיפור הדרגתי של המצב הקיים תוך הכנסת תיקונים קלים

### **נדרשים הרבה פחות חימושים מונחים מאשר חימוש סטטיסטי כדי להגיע לאותו הישג מבחינת מבצעית, ולכן החתימה הלוגיסטית שלהם קטנה בהרבה**

לחזון החדש, שכן עליו לספק ביטחון ולעשות זאת מייד. לכן הוא יאמר לנוחני התקציב ולבעלי החזון שישפכו עכשיו עוד מרכיבי כוח ידועים, בדוקים ומנוסים (כגון תחמושת, רכב, שעות מנוע, והרשימה תמיד ארוכה). במילים אחרות: השינוי המוצע אינו עומד במבחן ההשקעה הסבירה של השקל הבא. אין תשובה מוצלחת ופשוטה לשתי הסוגיות האלה. אציין רק שבשלב הראשון והשני של מפת הדרכים שאתווה בפסקה הבאה אין כלל דרישה לכך, קרי: די ביכולות בסיסיות שאינן דורשות אוטונומיה או בינה מלאכותית כדי להביא להישג של ממש בשטח. הישג כזה יאפשר להפעיל את המשאבים הקיימים ביעילות גדולה יותר. אשר להעדפת ה"ציפור ביד" - זו

הרבה שניתן להפיק ממעבר לשימוש נרחב ברק"ם לא מאויש יש להניח שהמניע העיקרי להתפתחות בכיוון הזה יהיה הרצון להפחית את עלות האחזקה של המערך המאויש.

- **צעד ביניים.** את כלי הרק"ם החדשים יותר של הדור הנוכחי ניתן להפעיל באופן מלא באמצעות שליטה מרחוק גם בלי לבנות מערך חדש ובלי להנהיג שינויים באופן הפעלת הכוח - כפי שמתחייב מהיכולת החדשה. ניתן להקנות לכל כלי רכ"ם מודרני יכולת הפעלה מרחוק באופן שיאפשר לפרוק את הצוות ולבצע משימות בעלות אפיונים מיוחדים כגון סיכון רב,<sup>25</sup> מונוטוניות, משימות לוגיסטיות<sup>26</sup> וכן הלאה.

- **ציידי הדור הבא.** פריצת הדרך המשמעותית הבאה בתחום החימוש תהיה בשני מישורים, ולהם רציונל משותף: הקטנת הזנב הלוגיסטי<sup>27</sup> של היכולת ההתקפית. המישור הראשון הוא הגדלה משמעותית של השימוש בחימוש מונחה על חשבון חימוש בלתי מונחה (הרעיון הוא פשוט: נדרשים הרבה פחות חימושים מונחים מאשר חימוש סטטיסטי כדי להגיע לאותו הישג מבחינת מבצעית,<sup>28</sup> ולכן החתימה הלוגיסטית שלהם קטנה בהרבה). במקביל יינקטו צעדים שונים כדי להקטין עוד יותר את החתימה הלוגיסטית של החימושים המונחים המתקדמים. המישור השני הוא פיתוח אמצעים מגוונים בתחום של נשק האנרגיה המכוונת. האמצעים האלה - בחלקם - מוגדרים נשק שאינו קטלני (מונע הפעלת מערכות או תפקוד קרבי שלהן באופן זמני או קבוע). היכולת האלה מתאפיינות בחתימה לוגיסטית מופחתת, ויש להן פוטנציאל רב למזעור ולהוזלה.

- **הרהורי כפירה: לחימה היא יותר מתנועה ואש.** לפני דיון טכנולוגי באפשרות להפעיל בשדה הקרב היבשתי מערכות לא מאוישות יש מקום לשני סוגים של הרהורי כפירה: ראשית, כל לוחם יודע מניסיונו האישי שכל מהלך בשדה קרב אמיתי, כל בחירה של מסלול ממחסה למחסה, התזמון של כל תנועה, התיאום עם גורמים בתוך הכוח ועם כוחות שכנים וכמובן ביצוע ירי - כל אלה דורשים הבנה של מטרת המהלך, יכולת להסיק מסקנות, נחישות, אומץ לב וכיוצא באלה תכונות אנושיות שבלעדיהן תהיה כל מכונה מוגבלת מאוד ואולי אפילו נטל ולא נכס. האחר הוא מבחן ה"ציפור ביד". מכיוון שמדובר בהשקעה משמעותית של משאבים, יבקש בונה הכוח לא להטריד אותו בחזון טכנולוגי ובבניית תפיסה חדשה שתתאים

לתפיסות ההפעלה. בשלב הזה ישתפרו היכולות המבצעיות, אבל הצבא עדיין לא ייחנה מהפחתה בעלויות הקיום.

2. **הופעת רק"ם אוטונומי למשימות נישא כגון מודיעין, לוגיסטיקה, סיורי גבול, הונאה ועוד.** המעבר משלב א' לשלב ב' יהיה טבעי ויתרחש כמעט מאליו עם הצטברות הניסיון ובסיוע התחרות המסחרית בין ספקי הרק"ם השונים. ניתן להאיץ מאוד את השלב הזה בעיקר באמצעות הפניית תקציבים וקביעת סדר עדיפויות תומך. זה השלב שבו שיתוף פעולה בין-זרועי יתקדם בקפיצת מדרגה בשל האפשרות לנהל את המשימה כולה ממפקדה אחת שתשלב ציוד, אימון, הכנת הכוח, בניין הכוח והפעלתו.

3. **מהפכת היכולות האוטונומיות - שימוש מלא ברק"ם רבועי אוטונומי ללחימה.**<sup>29</sup> המעבר לשלב ג' ידרוש נכונות לבצע שינוי תפיסה נרחב המשולל לדילוג על פני דור טכנולוגי ותפיסתי. תהליך כזה מתרחש אחת לכמה עשרות שנים, והוא דורש מחויבות רבה של בוני הכוח יחד עם יכולת מימוש המגובה בתקציב. ניתן יהיה להגיע ליכולת כזאת ביבשה מהר יותר ממה שנדמה במבט ראשון. ה"מנוע" העיקרי שידחוף לכיוון הזה יהיה ההפחתה המשמעותית בעלות הקיום של הכוח. (כדאי לתעשיות הרלוונטיות להפנים זאת משום שבאמצעות הצבת מודל עלות שיבטיח למקבלי החלטות בניין כוח יעיל יותר בפחות משאבים הן יבטיחו לעצמן שוק ענקי ויאיצו מאוד את התהליך). סביר להניח שהטכנולוגיה תבשיל לפני שתגובש תפיסת הפעלה שתתאים לה במלואה.

### מחשבות על היום שאחרי: מהפכת היכולות האוטונומיות

מוטב ליחד לנושא הזה מאמר נפרד, אך להלן ראשי הפרקים למאמר כזה: המציאות שבה אנו דנים קרובה יותר ממה שרבים מעלים על דעתם.<sup>30</sup> כבר עכשיו מפעילים חילות האוויר בעולם המערבי כלי טיס רבים שאינם מאוישים, והמגמה הזאת גדלה משנה לשנה. היום ברור שאין משימה קרבית אווירית שלא ניתן לבצע באמצעות כלי לא מאויש, והסיבה היחידה שבגללה מופעלים מטוסים מאוישים במשימות לחימה היא שבוני הכוח עדיין לא השכילו להצטייד במגוון הכלים הנדרשים ולעדכן את תפיסות העולם שלהם במקביל.<sup>31</sup> אין סיבה שתהליך כזה לא יתרחש גם ביבשה. התהליך המעניין שישלים את המהלך הטכנולוגי הוא כתיבתה המיוחדת של תפיסת העולם של בניין

הכוח הצבאי בעולם שבו מערכות הלחימה - לפחות בחלקן - אינן מאוישות. כל אחד מהנושאים שהם כיום לב העיסוק הצבאי יצריך עיון מחודש - החל מערכי היסוד כגון דוגמה אישית, נחישות, אומץ לב ורעות, דרך האופן שבו מגדירים את מטרת המערכה וקובעים כיצד ומתי מושגת הכרעה וכלה בשאלות של מוסר. שדה הקרב העתידי הזה לא יהיה ריק מאדם, אבל הדרג הלוחם יתמקד במשימות שבהן יתרון האדם על המכונה הוא מובהק. ככלל, נצפה שהלוחמים יעסקו יותר בנייתו תנוונים ובקבלת החלטות ופחות באיסוף התנוונים ובהובלת כלי המלחמה שלהם ליעדיהם.

### שדה הקרב העתידי הזה לא יהיה ריק מאדם, אבל הדרג הלוחם יתמקד במשימות שבהן יתרון האדם על המכונה הוא מובהק

#### הערות

1. שלא כמו במדינות המערב - בישראל העולם המבצעי אינו כה מרוחק מהתעשיות הביטחוניות. אף-על-פי-כן, מטעמים שונים גם בישראל דרושה הכוונה הדוקה של התעשייה הביטחונית, וזו מקדמת בברכה הכוונה כזאת.
2. תחום הרק"ם מצוי היום באותו שלב שבו היה מצוי עולם התעופה ערב עידן המזל"טים. תהליך דומה ולבטים דומים ליוו אז את הכניסה של הכלים האלה לשירות מבצעי, שנראה היום לכולם מובן מאליו.
3. אימונים בטנקים עולים הרבה מאוד כסף משום שהם צורכים הרבה מאוד דלק, חלפים וכוח אדם, ובכלל זה צוותים טכניים לתחזוקה, נהגים, סדנאות ועוד.
4. וזאת משני טעמים: ראשית, למעצמה טכנולוגית יש יכולת תקיפה (צידי) שתנטרל את רק"ם האויב הרבה לפני שיהיה איום ממשי, ושנית, משום שלמדינה נחותה טכנולוגית אין אמצעי תקיפה או מינון היכולים לאזן את התמונה. זו הסיבה לשימוש הנרחב שעושים מדינות נחותות טכנולוגית וארגוני טרור באמצעים פשוטים כגון מטעני צד ורקטות.
5. להרחבה ראו: <http://www.grandchallenge.org>
6. ראו: <http://www.darpa.mil/gallery.asp>
7. הדוגמאות הן רבות ובתחומים שונים. למשל, שיירות לוגיסטיות של דלק ושל תחמושת יכולות לנוע ממקום למקום בליווי כוח אבטחה אבל

8. להרחבה ראו: [http://www.army-technology.com/projects/#Anti-Armour\\_Missiles](http://www.army-technology.com/projects/#Anti-Armour_Missiles)
9. יש מקום לנתח את עלות החימושים השונים, ובמיוחד יש לערוך השוואה בין עלות הפגיעה במטרה באמצעות פגז הנורה מתותח לבין עלות הפגיעה במטרה באמצעות חימוש מונחה. קצרה היריעה מלפרט כאן את כל הגורמים בהשוואה כזאת, אולם חשוב לציין כי בעוד פער המחירים בין פגז לבין חימוש מונחה יכול להגיע למאות אחוזים, קרי מחירו של פגז טנק בודד יכול להיות אחוזים בודדים (בסביבות 5%) ממחירו של חימוש מונחה, הרי שהפער בין עלות השמדתה של מטרה באמצעות פגז לבין עלות השמדתה באמצעות נשק מונחה הוא קטן בהרבה ומצוי בשנים האחרונות במגמת ירידה.
10. ראש נפץ כימי או ראש נפץ חלול מנצל את האנרגיה האגורה בחומר נפץ כימי באמצעות מיקוד העוצמה המתקבלת בפיצוץ אל שטח קטן בדופן המטרה. המעטפת של ראש הנפץ, שעל-פי רוב עשויה ממתכת כבדה, נדחסת למרכז ראש הנפץ, יוצרת צורת מסמר הקודח חור במטרה ומתאכלת תוך כדי התהליך. אם אורך ה"מסמר" דיו כדי לחזר את זופן הרק"ם, ייגרם נזק רב ללוחמים ולציוד שבפנים. אם לא תושג חדירה, יהיה הנזק לרק"ם קל בלבד.
11. ראו הרחבה באתר: <http://www.defense-update.com/features/du-1-05/NLW-Non Lethal DEW.htm> תחת הכותרת Directed Energy Weapons
12. להרחבה ראו באתר רפא"ל: <http://www.rafael.co.il> תחת תעש: <http://www.imi-israel.com>
13. הקטגוריה הזאת כוללת לוחמה אלקטרונית ושימוש באנרגיה מכוונת כגון RF, לייזר, גלים אקוסטיים ואפקט EMP (פולס אלקטרומגנטי).
14. חומרת האיום מתקבלת משקלול של פוטנציאל הנזק ושל שכיחות האיום. רקטות מונחות נחשבות לאיום החמור ביותר.
15. הכוונה היא לנזק שנגרם לרק"ם כתוצאה מהפגיעה ולא לצוות. נזק קל - הרק"ם ניתן לשיקום, נזק כבד - לא ניתן לשיקום את הרק"ם.
16. העלות השולית של תקיפה בודדת (שאינה כוללת פיתוח, רכש וכי).
17. העלות השולית של מערכת מינון ללא עלויות הפיתוח, האימון ועוד - המפתח כמו בהערה 14.
18. חומרת האיום - על-פי הטבלה הקודמת.
19. מערכות ההגנה האקטיבית של הדור הבא ייתנו מענה טוב יותר לאיום הזה.



רכב אוטונומי בפעולה | אין סיבה שכלי הרכב האוטונומיים לא ימלאו משימות ביבשה כפי שהמזל"טים מבצעים אותן באוויר

דורשים מערך לוגיסטי גדול ומסורבל. שימוש נרחב בחימוש מדויק יקטין מאוד את כמות החימוש הנדרשת ומכאן שהוא יקטין גם את החתימה הלוגיסטית של הכוח הלוחם.

28. השימוש הנרחב בארטילריה במלחמת לבנון השנייה לעומת ההישג המבצעי שהביאה הוא חומר טוב למחשבה בסוגיה הזאת.

29. שימוש מלא ברק"ם רובוטי ללחימה אינו מרוקן את שדה הקרב מלוחמים בני אנוש, אולם הוא מפנה רבים מהם ממשמיות משניות של שליטה במערכות, הובלתן ממקום למקום, הזנתן בנתונים, הפעלתן וטיפול לוגיסטי בהן ומאפשר להם להתמקד במשימות עיקריות כגון תכנון, פיקוד וכו'. ניתוח מקיף יותר של העניין הזה יושלם בעתיד.

30. כל המשימות הצבאיות בחלל הן בלתי מאוישות. גם באוויר ובים יש מגמה ברורה של יצירת יכולות כאלה. המהלך הטבעי הוא בניית יכולות כאלה גם ביבשה.

31. אני מתעלם בידועין מה"פוליטיקה" של בניין הכוח ומסוגיות של יוקרה ושל כסף שמגלגלת תעשיית המיליארדים של מטוסי הקרב. המחיר המופלג של פיתוח מטוס קרב מתקדם ושל הצטיידות בו רק מאיץ את התהליך וסולל את הדרך למהלך דומה גם ביבשה.

קיעים סכומי עתק. לב ליבו של הפרויקט הזה הוא שילוב בין שלל יכולות ביבשה המקושרות ברשת ניהול קרב - מה שמאפשר ניצול משאבים אופטימלי. להרחבה ראו: <http://www.army.mil/fcs>. המסקנות שיוסקו מהפרויקט השאפתני הזה צפויות להשפיע באופן דרמטי על שיקולי בניין הכוח בכל מדינות המערב.

24. היריעה קצרה מלנתח באופן מלא את מהות השינויים הצפויים בעידן שבו עיקר הרק"ם יהיה בלתי מאויש. עם זאת יש לציין שלוש נקודות מרכזיות: מספר הלוחמים הנדרש לביצוע אותה המשימה יקטן בעשרות אחוזים, ממדי הרק"ם והמאמץ הלוגיסטי לתפעול הכוח יפחתו מאוד. שילוב בין-זרועי יהיה קל וטבעי יותר ככל שיופעלו יותר מערכות לא מאוישות באוויר, בים וביבשה.

25. בארה"ב הוצג אשתקד רכב רובוטי לפינוי פצועים תחת אש שאף מסוגל לתת טיפול ראשוני מציל חיים.

26. כגון הובלת אספקה.

27. "זנב לוגיסטי" או החתימה הלוגיסטית הם כלל המאמץ המסייע הנלווה ליכולת צבאית. במקרה הזה מדובר באחסנה של חימוש מסוג מסוים, בטיפול בו, בבדיקת כשירותו (ניהול המלאי) ובשינועו אל שדה הקרב. כל אלה

20. כדי לבלום לחלוטין פגז ח"ש מתקדם נדרש לפוצץ סמוך לו בתזמון מדויק מטען גדול של חני"ם. המערכת שתשגר מטען כזה תהיה מסוג רבלת וכבדה. ניתן להסתפק במיירותים קטנים יותר, אבל אז תגדל הדרישה למיגון "ברזלי" של הרק"ם לבלמת החדירה השירית. בשני המקרים מדובר במערכת יקרה יחסית המטפלת ביעילות רק בחלק מהאיומים, ושאותה ניתן להתקין רק על חלק מהרק"ם הצבאי.

21. מחירה של רקטת אר-פיג'י הוא עשרות עד מאות דולרים ליחידה. עלות המיגון מפני האיום הזה גבוה בכמה סדרי גודל.

22. דוגמה אקטואלית היא המטענים המאולתרים (- Improved Explosive Device) הגורמים לאבדות כבדות בקרב כוחות הקואליציה בעיראק ובאפגניסטן. הנושא הזה זוכה לעדיפות בתקציבים בארה"ב, אך יש להניח שישלפו שנים אחדות עד אשר יתאפשר לאמריקנים להצטייד בטכנולוגיית מיגון שתקל על ההתמודדות עם האיום הזה.

23. הראשונים שיבחנו בהיקף נרחב את השילוב ביבשה בין כלים מאוישים לכלים בלתי מאוישים הם האמריקנים. הם יעשו זאת במ"סגרת פרויקט ה-FCS (Future Combat Systems - מערכות קרב עתידות), שהוא פרויקט הדגל שלהם ביבשה, ובו הם מש