

כלים בלתי מאוישים בזירה הימית

אתגרים וכיווני התפתחות

קצב הפיתוח של כלי שיט בלתי מאוישים הוא איטי בהשוואה לקצב הפיתוח של כלי טיס בלתי מאוישים. אחת הסיבות לכך היא שהכלים הימיים הבלתי מאוישים אינם תחליף לכלים המאוישים, אלא חלק משלים בלבד שנזקק להגדרת צורך ולהתאמת התפיסה המבצעית

מבוא

הפעלה של כלים בלתי מאוישים תופסת מקום הולך וגדל - במיוחד בשימושים צבאיים במסגרת שדות הקרב המודרניים. בשני העשורים האחרונים חלה התקדמות משמעותית בתחום הזה אשר נבעה בעיקר מהבנת היתרונות בשימוש בכלים האלה כמו הפחתת הפגיעה בחיי אדם בשדה הקרב;

ליזרות אחרות.

כלים בלתי מאוישים בתווך האווירי שולבו באופן מבצעי בחיל האוויר של ישראל בהיקף משמעותי, והם ממלאים משימות רבות באופן קבוע.² ניתן להצביע בבירור על השתלבות מוצלחת של המערך הזה במשימות של חיל האוויר.

לאור ההצלחה של מערך הכלים הבלתי מאוישים בתווך האווירי עולה השאלה: מהם הגורמים להתפתחותם האיטית של כלי

מזעור גודל הכלים לעומת כלים מאוישים ושיפור דיוקם; חיסכון כספי בייצור הכלים לאחר גמר הפיתוח - חיסכון הנובע מהפחתת הצורך לתמוך בגורם האנושי.

בתווך הימי השימוש המרכזי הוא דווקא בזירה האזרחית - למשימות של שיטור בים בעזרת אמצעי תצפית שונים.¹ בתחום התת-מימי פועלים כלים במשימות מיפוי ואיתור. השימוש בכלי שיט בלתי מאוישים (כשב"מים) בזירה הצבאית הוא דל יחסית בהשוואה



כלי שיט בלתי מאויש מדגם פרוטקטור של רפאל | כלי שיט בלתי מאוישים משמשים בעיקר למשימות שיטור בים בעזרת אמצעי תצפית שונים

תא"ל דוד סער סלמה
חיל הים. בוגר מב"ל



בכל מקרה שבו הצליח חיל הים לפתח תפיסה מבצעית מגובשת לאור צרכים קונקרטיים, הוא הצליח לייצר חדשנות טכנולוגית

במהלך שנות ה-90 של המאה הקודמת הוקדשה תשומת לב מיוחדת לפיתוח כלים בעלי יכולת איתור ותצפית. באותן השנים חלה עלייה משמעותית ברמת האוטונומיה של הכלים - מכלים נשלטים (היגוי מרחוק ללא קבלת החלטה עצמאית של הכלי), לכלים מוסמכים (הפועלים באופן עצמאי לחלוטין). היכולת להתקין אמצעי מכ"ם ותצפית לצד היכולת להפעיל את הכשב"מים באופן חשאי תרמו לחיזוק ההכרה בנוגע לפוטנציאל הגלום בכלי שיט בלתי מאוישים.⁵ הן בצי האמריקני והן בתעשיות התומכות ניתן לזהות פריחה משמעותית בהיקף הכלים שפותחו. מאמצי המחקר והפיתוח התמקדו בשלושה אתגרים טכנולוגיים מרכזיים:

1. פיתוח אמצעים לתקשורת אפקטיבית עם הכשב"ם בטווחים גדולים - מעבר לאופק.
2. בניית פלטפורמה בעלת יכולת שרירות גבוהה בתנאי ים משתנים, כולל יכולת שילוח ואיסוף של הכלי באופן יעיל.
3. פיתוח מידת האוטונומיות של הכלים - ובמיוחד מעבר מכלים נשלטים לכלים מוסמכים.

באותה התקופה חלה גם התפתחות בהיקף הכלים התת-מימיים, במיוחד בתחום האיתור והמיפוי התת-ימי. תמריץ כלכלי לפיתוח כשב"מים נוצר באותן השנים בעקבות הגילוי של מרבצי גז תת-מימיים, אשר הובילו לפיתוח שדות הגז ולהצבת אסדות הפקה. אלה נזקקים לאבטחה מתמדת.⁶

מה בין תפיסה מבצעית לחדשנות טכנולוגית?

ההנחה שביסוד הטענות שיוצגו בהמשך היא שחיל האוויר הוא חדשני בתחום הטכנולוגי,

השיט הבלתי מאוישים בחיל הים בהשוואה להתפתחותם המהירה של כלי הטיס הבלתי מאוישים בחיל האוויר? הסוגיה הזאת מתחדדת עוד יותר על רקע העובדה שזרוע האוויר זורע הים משתייכות לאותו הארגון - צה"ל.

מגוון התפקידים שממלאים כיום כלי הטיס הבלתי מאוישים בצבאות העולם הוא רב: החל מתצפיות וכלה באיסוף מודיעין. משמעות הדברים היא שקיימת יכולת טכנית וטכנולוגית המתחברת לתורת לחימה, ותוצאת החיבור ביניהן היא עמידה במשימות המבצעיות המוגדרות. לכן נכון יהיה לבחון את הדומה ואת השונה במשימות הנדרשות בתווך הימי לעומת התווך האווירי.

ניתן להציג ארבע השערות להתפתחות איטית בתווך הימי לעומת זה האווירי: ההשערה הראשונה נוגעת לקשר שבין תפיסת הפעלה לחדשנות טכנולוגית בארגונים; ההשערה השנייה קשורה להיקף המשאבים המוקדשים לחדשנות טכנולוגית; ההשערה השלישית קשורה לאופן שבו מנהלי הארגון מגדירים את הצורך בפיתוח הטכנולוגי, בהטמעתו ובטיב ההנחיות לביצוע שהם נותנים בהקשר הזה; ההשערה הרביעית נוגעת למידת הזמינות והבשלות של הטכנולוגיה.

התפתחות הכשב"מים ושילובם במערכת הצבאית

ההתפתחות המשמעותית ביותר בהפעלת כשב"מים התרחשה בצי של ארה"ב בשל התמקדותו בלוחמת מים רדודים (לחימה בקרבת החוף) ובשל פעילותו נגד טרור. היקף המשימות שיכול הכשב"ם למלא בתחומים האלה הוא גדול, ולכן גדל היקף המשאבים אשר הוקצה למחקר, לפיתוח ולהטמעה של כלים בלתי מאוישים.³ נכון להיום רק מדינות מעטות יחסית, ובהן ישראל, מפעילות ומפתחות כשב"מים לאור הבנת הפוטנציאל הטמון בהם.

הכשב"מים מסווגים בדרך כלל לפי ממד הפעולה שלהם (כלים על-מימיים או תת-מימיים) ולפי גודלם: קטנים (פחות מ-1 טון); בינוניים (עד 100 טון), גדולים (עד 1,000 טון) וגדולים מאוד (מעל 1,000 טון). הכשב"מים הפועלים כיום בציים השונים הם ברובם עד גודל בינוני ועל-מימיים.⁴

וכי כלים בלתי מאוישים גרמו למהפכה בהפעלת הכוח בחיל. חיל הים נחשב גם הוא לחיל חדשני וטכנולוגי בתודעה הציבורית והצבאית. לשם המחשה: חיל הים עבר מלחימה בכלי שיט גדולים, המשחתות, לכלים קטנים וזריזים יותר. במציאות שבה כלים מסוג משחתות איבדו מיתרון ואף תרמו לשימור החסרונות של הפעלת חיל הים, השכיל החיל ופיתח תפיסה חדשה שהמענה הטכנולוגי שלה התבטא בספינות קטנות יותר, מהירות ופחות פגיעות. לכך יש להוסיף את זיווד הספינות בטיילים חדשניים, שפותחו בשילוב רפא"ל, ואת הלוחמה האלקטרונית בקרב הימי אשר פותחה באותה התקופה. השילוב של ספינות מהירות והזיווד בטיילים ובתותחים בטווחי אש שונים היו מענה לאיום ספינות האויב של אותה התקופה.

בכל מקרה שבו הצליח חיל הים לפתח תפיסה מבצעית מגובשת לאור צרכים קונקרטיים, הוא הצליח לייצר חדשנות טכנולוגית. בחלק מהמקרים היו אלה צרכים שנבעו מהצורך בהתאמה להשתנות הסביבה, ובחלק מן המקרים היו אלה צרכים שעלו כתוצאה מבעיות ומאתגרים בשדה הקרב. מובן שהחידושים האלה היו תלויי בשלות טכנולוגית שאיפשרה את פיתוחם.

השילוב של כלי שיט בלתי מאוישים במענה לאתגרים - גם בהיבט הצבאי וגם בהיבט האזרחי - קיבל תנופה בעת האחרונה. התפיסה שכלים בלתי מאוישים יכולים להחליף כלים מאוישים בביצוע משימות התגבשה בשנים האחרונות. בעדכון התוכניות האופרטיביות ובחשיבה על תפיסת הקרב הגיע חיל הים למסקנה כי לשימוש בכלים בלתי מאוישים יש יתרונות מסוימים בחלק מהמשימות. עם זאת, גם כיום העיסוק בגיבוש התפיסה של שילוב כלים בלתי מאוישים בחיל הים אינו בגדר מהפכה בתפיסה המבצעית. הגדרת הצורך והימצאותה של טכנולוגיה זמינה, קרי יכולת מבצעית, הן הכרח כדי להשפיע על תפיסת ההפעלה ולהוביל לשינוי מהותי באופן הפעולה.

לעומת זאת בחיל האוויר, לאחר שפותחה והוכחה היכולת של מטוסים ללא טייס, עודכנה תפיסת ההפעלה. בהתייחס לכלים בלתי מאוישים בתווך הימי - הנטייה היא לא לפתח תפיסה שאין בבסיסה יכולת טכנית

מוכחת, אלא להמתין ליכולת טכנית ועל בסיסה לעדכן את תפיסת ההפעלה. התוצאה: המצב כעת הוא שבחיל הים קיימים עדכונים מינוריים של התפיסה ברמה כזאת או אחרת, אך לא במידה המובילה למהפכה בהפעלת הכוח, כפי שאכן קרה בחיל האוויר.

מה בין משאבים כלכליים לחדשנות טכנולוגית?

העלות של פיתוח טכנולוגיה חדשה היא גבוהה מאוד, במיוחד אם מדובר בטכנולוגיה ייחודית. במצב אוטופי, שבו התקציב הוא בלתי מוגבל, ניתן להשקיע בפיתוח טכנולוגיה בתחומים שונים. אלא שבמציאות שבה אנו חיים המשאבים מוגבלים. לכן מקבלי החלטות הן בדרג הצבאי והן בדרג המדיני מתקשים להקצות כספים להשקעה עתידית שאת פירותיה יראו אולי בעוד עשור. בחיל הים המציאות התקציבית הזאת אף קשה יותר. לאחר הורדת הדרוש לתפעול שוטף של האמצעים הקיימים נשאר תקציב מועט להתעצמות. בסדרי העדיפויות העומדים לנגד מפקדי החיל הם נדרשים להחליט האם להשקיע באמצעים שיתנו מענה לבעיות נוכחיות ולעתיד הקרוב או, לחלופין, להשקיע את התקציב הדל הזה בטכנולוגיה שתהיה רלוונטית בעוד כעשור.

לגודל התקציב יש השפעה לא רק על זרוע הים אלא גם על התעשיות הביטחוניות. במהלך השנים קיבלו התעשיות תקציבי פיתוח זניחים לכלים ימיים בלתי מאוישים, והדבר השפיע על קצב הפיתוח שלהם. פרופ' דניאל וייס, ראש התוכנית למערכות אוטונומיות בטכניון, טוען שהתעשיות הביטחוניות ניתחו את השוק והגיעו למסקנה שפוטנציאל המכירות של כלים כאלה בעולם הוא קטן מאוד.

התקציבים שהשקיעה מערכת הביטחון בפיתוח כלי טיס בלתי מאוישים הם גדולים מאוד, בוודאי באופן יחסי למה שהושקע בפיתוח כלי שיט בלתי מאוישים. באוגוסט 1987 קיבלה ממשלת ישראל החלטה על פירוקו של פרויקט מטוס הלבאי. משמעות הדבר הייתה פגיעה חמורה בעתידה של התעשייה האווירית, לרבות פיטורי עובדים. במסגרת המאמץ להקטין את הפגיעה הוחלט באוקטובר 1987 על הקמת מפעל מיוחד לפיתוח ולבנייה של מטוסים לא מאוישים -

במהלך השנים לא עלה בחיל הים המשטח הצורך בכלים לא מאוישים. לכן הגדרת הצורך ואישורו לא עלו לדיון בקרב ראשי החיל ומקבלי החלטות

מפעל מל"ט. כלל הפיתוח של הפרויקט נעשה מתקציבי המו"פ של משרד הביטחון. היקף ההשקעות נאמד במאות מיליוני שקלים. לתעשיות הביטחוניות נפתחו שווקים חדשים, שבהם נמכרו המערכות האלה. הכניסה לשווקים האלה הגבירה את התחרות בין התעשיות, דבר שגרם להגברת ההשקעות בתחום ואת הכדאיות של המשך הפיתוח של המערכות האלה.

מה בין הגדרת הצורך על ידי ראש הארגון לחדשנות טכנולוגית?

על פי רוב יש כמה סיבות לכך שראש ארגון מגדיר צורך בפיתוח טכנולוגי מסוים. אחת הסיבות היא חזון בנוגע לחדשנות טכנולוגית, אולם סיבה כבדת משקל הרבה יותר היא הרצון לתת מענה לבעיות בהווה. באופן אבסורדי, כלי שיט בלתי מאוישים הם פתרון לבעיות שעדיין לא נוצרו. למקבלי החלטות בכירים בארגונים קל יותר להתחבר לבעיות בהווה ולבנות בהתאם לכך את תוכנית הפיתוח לעתיד.

רק באחרונה ניתן לזהות ניצני שינוי במגמה בכך שישנה הבנה גדולה יותר למענה שאמורים הכלים האלה לתת. לא מכבר הוגדרה דירקטיבה מטעם הפרוורם הבכיר בחיל הים לתוכנית הפיתוח של כלים בלתי מאוישים.

גורם נוסף שיכול להניע חדשנות טכנולוגית - בתיווך של הגדרת הצורך על ידי ראש הגוף הצבאי - הוא כישלונות בשדה הקרב. במהלך מלחמת ששת הימים נחל חיל הים כישלון מבצעי, בניגוד לשאר הצבא. לאחר המלחמה בנה החיל תוכנית - שנשענה רבות על חדשנות טכנולוגית - כדי לשנות ולתקן את הנדרש. מבחינה של האירועים המבצעיים בחיל הים מאז מלחמת ששת הימים עולה כי לא היו כישלונות בשדה הקרב אשר יכלו להיות זרז לפיתוח אמצעים טכנולוגיים. לעומת זאת, במהלך שנותיו איבד חיל האוויר מספר לא מבוטל של מטוסים ושל טייסים, במיוחד במלחמת יום הכיפורים. אובדן הטייסים היה

זרז משמעותי בקידום פיתוחם של כלי טיס בלתי מאוישים. בחיל האוויר הגדיר פיקוד החיל את הצורך בפיתוח כלי טיס בלתי מאוישים. חלק מהסיבות להגדרה הזאת נבע מהבנת היתרונות של השימוש בכלים האלה, במיוחד בהבנת היתרון שלהם במשימות מסוכנות ושוחקות.

דוגמה נוספת היא התרומה של ראש הממשלה לשעבר, אהוד ברק, כשהיה ראש אמ"ן. חברה ביטחונית, שעסקה בפיתוח אחד הדגמים של כלי טיס ללא טייס, נותרה ללא המשך מימון בבניית דגם מבצעי. נציג החברה הביא בפני ברק את הדגם הראשוני. אהוד ברק התרשם מההצגה ואף ציין כי "זה בדיוק מה שהחיל צריך" ומימן את המשך הפרויקט. בכך קבע תוכנית לפיתוח מטוסי החברה ולהצטיידות בהם.

במהלך השנים לא עלה בחיל הים מהשטח הצורך בכלים לא מאוישים. לכן הגדרת הצורך ואישורו לא עלו לדיון בקרב ראשי החיל ומקבלי החלטות. בראיון עם מפקד חיל הים לשעבר, ידידיה יערי, הוא ציין כי ניצני ההבנה בצורך וביתרון של הפעלת כלים בלתי מאוישים הופיעו רק לאחר ניסיון הפיגוע בכלי שיט מאויש מסוג דבור מול רצועת עזה בתחילת שנות ה-2000. למרות ההבנה הזאת לא התפתח התחום באופן מואץ. ניתן לתת לכך כמה הסברים אפשריים: חוסר האמון ביכולת הטכנית והמבצעית של כלי בלתי מאויש לבצע את המשימה; שמרנות באופי הפעולה בים; היעדר יכולת ובשלות טכנולוגיות להפעלה מרחוק של הכלי. הפיגוע הימי הציף צורך אשר לפני כן לא היה בערוץ הפיתוח המרכזי בחיל. כיום עדיין לא יכולים כלי שיט בלתי מאוישים להחליף כלי שיט מאוישים בביצוע משימות צבאיות רבות. לעומת זאת, כלי טיס בלתי מאוישים יכולים להחליף כלי טיס מאוישים בסוגים רבים מאוד של משימות. ביכולתם לטוס ברציפות שעות ארוכות ולשאת מגוון גדול מאוד של מטענים ייעודיים (מטע"דים) - ובהם אמצעי צילום וחישה מכל הסוגים.

מאפייני ההפעלה המבצעיים של כלי שיט עדיין מצריכים כלים מאוישים לביצוע מגוון של משימות, ולא נראה כי ניתן לוותר עליהם. לכן כלים בלתי מאוישים נחשבים לחלק משלים הן מבחינת הצורך והן מבחינת התפיסה. מהו בדיוק החלק המשלים הזה בתפיסה מצריך עדיין בירור כדי ליישמו באופן הנכון.



כלי שיט לא מאויש מדגם סילבר מרלין של אלביט מערכות | כלים ימיים בלתי מאוישים מסוגלים לשאת מטען גדול יותר, ויש להם כושר עמידה רב יותר מאשר לכלים בלתי מאוישים אחרים

מה בין זמינות ובשלות טכנולוגית לבין חדשנות טכנולוגית?

כניסתם של אמצעים חדשים לארגונים צבאיים תלויה רבות בהוכחת יכולת באמצעות הדגמה. להדגמה הזאת יש משקל רב בהחלטה אם יושקעו משאבים בפרויקט נתון. בתווך האווירי קל יותר להדגים את היכולת מאחר שכלי הטיס עצמו כבר קיים, וניתן על בסיס לבנות כלי שנשלט מרחוק. יתרה מכך, הבעיות העיקריות של כלי טיס ללא טייס הן תקשורת ומוזג אוויר. בהנחה שהבעיות האלה נפתרות, ניתן להטיס את כלי הטיס בצורה פשוטה. לפתרון בעיית מוזג האוויר נקבעו מגבלות למעטפות טיסה, בדיוק לפי העקרונות שנקבעו למטוסים מאוישים. התקשורת עם עצמים באוויר פשוטה יותר מהתקשורת עם עצמים בגובה נמוך או על היבשה. המצב משתפר ככל שעולים לגובה רב יותר - מה שמשפר את קו הראייה בין תחנת השליטה למטוס עצמו. קו הראייה הזה חשוב לתקשורת תקינה בין תחנת הבסיס למטוס. העיקרון הזה זהה לעקרון התקשורת עם מטוסים מאוישים, ולכן גם בכך אין הבדל מהותי בין כלי מאויש לכלי לא מאויש. פעולת המטוס ללא טייס היא פשוטה יחסית ומצריכה טיסה בגובה קבוע, שנשמר באופן אוטומטי באמצעות מד גובה. תמרוני המטוס נעשים באופן דומה מאוד לתמרוני מטוס מאויש, ולכן הטסת מטוס לא מאויש היא פשוטה יותר מהבחינה הטכנולוגית. אין המצב דומה להשטת כלי שיט לא מאויש. הפלגה בים היא מורכבת מבחינת השליטה

יש התעוררות - בעולם בכלל ובחיל הים של ישראל בפרט - בתחום הכלים הבלתי מאוישים בתווך הימי. נראה שקצב הפיתוח והשינוי יהיה איטי אך בכיוון ברור של שילוב כלים כאלה במסגרת המענה המבצעי של חיל הים

על הכלי (העל-ימי) בשל הזרמים, הרוחות והגלים שמשפיעים על תנועת הכלי, על הנתבי שלו ועל שרירותו. מידת השרידות משפיעה על אמינות הכלי לאור הצורך בהפלגה ארוכה או בהפלגה בים גבה גלים. נוסף על כך נדרש הכלי למפות את הסביבה שבה הוא מפליג כדי להימנע מהתנגשויות עם כלים אחרים ומעלייה על שרטונות או על החוף. הפתרון לכך הוא מערכת חיישנים שתדע לבנות תמונה בזמן אמת בעבור ה"מוח" של הכלי הלא מאויש. נכון להיום יכולות החישה מאוד מוגבלות בשל הקושי להפריד בין עצמים שטים לבין הים עצמו, בין היתר בגלל החוזר נצנוצים.

אתגר התקשורת בממד הימי גדל ביחס ישר למידת המרחק של הכלי מתחנת ההפעלה שלו. הבעיה של קו הראייה (line of sight) משפיעה מאוד על התקשורת עם הכלי וכן על המרחק שבו הכשב"ם יכול לפעול. המעבר לתקשורת לוויינית אמור לפתור את הבעיה, אך עדיין נשארו בעיות של הזמן הרב יחסית החולף מרגע העברת ההנחיות מתחנת השליטה ועד לביצוען על ידי הכלי. מדובר בפרק זמן שיכול בנקל לגרום לאובדן שליטה ואף לטביעה של הכלי.

בתווך התת-ימי בעיית התקשורת עם כלים לא מאוישים חמורה שבעתיים. הטכנולוגיה הקיימת היום מאפשרת תקשורת עם כלי צולל - אך במגבלות מסוימות - מה שמחייב פעולה אוטונומית מלאה של אותו הכלי. הפעלה של כלי לא מאויש בצורה אוטונומית אינה שכיחה. לאור זאת ניתן לטעון כי הטכנולוגיה להפעלת כלים ימיים לא מאוישים עדיין אינה בשלה בסטנדרט המבצעי כפי שאנו מצפים לו.

מאפייני הכשב"ם ושילובו בזירה הימית המבצעית

כדי לבחון האם כלים בלתי מאוישים אכן נחוצים, נדרש למפות את התכונות שלהם ואת היתרונות שהם מעניקים למשתמשים בהם. הדרך העיקרית לעשות זאת היא בהשוואה בין תרומת הכלים הבלתי מאוישים לבין תרומת כלים בלתי מאוישים אחרים או כלים מאוישים. השוואה כזאת ערך מכון ראנד על פי שמונה תכונות עיקריות⁷. מתוצאות ההשוואה עולה שכלים ימיים בלתי מאוישים מסוגלים לשאת מטען (payload) גדול יותר, ויש להם כושר עמידה (endurance) רב יותר מאשר לכלים בלתי מאוישים אחרים. יתרון נוסף הוא הניצול המושכל של מקורות האנרגיה של הכלי. שלא כמו כלי טיס בלתי מאוישים, כלי שיט בלתי מאוישים אינם נדרשים לצרוך אנרגיה רבה כדי לשמור על כיוון והם יכולים לנוע באיטיות, אם נדרש, במשך ימים ללא תדלוק.

כלי שיט בלתי מאוישים יכולים להפעיל

המשימה וברצף המשימה. המגבלה נובעת ממגבלת גוף האדם: ראשית, מהיכולת הפיזית לבצע משימה לאורך זמן; שנית, מהיכולת להשאיר לוחמים ביום בסביבה עוינת אשר יש בה סיכוי להיחשפות ולהיפגעות.

זמן פעולה מוגבל לתקיפת מטרות והעצמת השימוש באמצעים טכנולוגיים. היכולת לקיים אש רציפה על יעדי האויב משפיעה באופן משמעותי על התנהלות הלחימה ועל פוטנציאל השגת היעדים, בראש ובראשונה קיצור של משך הלחימה. היכולת לבצע איסוף מידע רציף על היעדים ולהעסיק אותם באופן רציף היא משמעותית ביותר לשדה הקרב. יש להוסיף לכך את המורכבות של פעולת האויב, שביטוייה העיקרי הוא זמן חשיפה קצר של אמצעי הלחימה שלו. המענה למורכבות הזאת הוא איסוף ברצף והקטנת הזמן שבין גילוי האמצעים האלה לסגירת המעגל עליהם באמצעות חימוש.

המגמה בעולם כיום נוטה להשקעה במחקר ובפיתוח של כלים קטנים בלתי מאוישים שניתן לשאת על אוניות, על צוללות או על מטוסים. יכולת הנשיאה הזאת היא בעיקר לצורך הגעה לזירות פעולה רחוקות.

אשר לגודל הכלים, נראה כי קיימת מגמה להגדלת הכלים הבלתי מאוישים. בתחילת הדרך מדובר היה בכלי שיט קטנים בעלי מערכת הנעה אחת, ואילו כיום ניתן למצוא כלים גדולים יותר בהשוואה לעבר ובעלי שתי מערכות הנעה. כלי שיט בלתי מאוישים יצטרכו להיות בעלי חתימה נמוכה ובעלי מנעד פעולה משתנה בהתאם לשלבי הקרב: החל מפעולה מהירה מאוד וחשופה וכלה בפעולה איטית יותר שבה יושם דגש על היטמעות ועל התגנבות.

סיכום, מסקנות והמלצות ליישום

ניתן להצביע על התעוררות - בעולם בכלל ובחיל הים של ישראל בפרט - בתחום הכלים הבלתי מאוישים בתווך הימי. נראה שקצב הפיתוח והשינוי יהיה איטי אך בכיוון ברור של שילוב כלים כאלה במסגרת המענה המבצעי של חיל הים. נראה כי בהינתן הוכחת יכולת מבצעית לאור שיפורים טכנולוגיים וגיבוש תפיסה יגבר קצב הפיתוח של כלי שיט בלתי מאוישים ויגבר שילובם בפעילות המבצעית. הכלים הבלתי מאוישים לא יהיו תחליף כולל

חיל הים הוא בפוטנציאל של אופי הפעולה שלו. החיל מסוגל להפעיל כלים על פני המים ומתחת לפני המים וכן הוא מסוגל להפעיל אמצעים אוויריים, לרבות מסוקים ומטוסים קבועי כנף וכן הוא מסוגל לפעול ביבשה, בעיקר באמצעות הקומנדו הימי (שייטת 13). הפעולה בארבעת הממדים נעשית באינטגרציה ובתקשורת מלאה כך שהתוצאה היא פעולה של כוח אחד.

5. טכנולוגיה. כלי השיט מצוידים במערכות מהמתוחכמות ביותר בעולם. המערכות האלה מאפשרות למצות את היתרונות שבהפעלת החיל גם בהגנה וגם בהתקפה.

לאחר שהובהרו היתרונות הגלומים בהפעלת כלי השיט, יש למפות את היתרונות שיש להפעלת כלי שיט בלתי מאוישים. ניתוח קצר של המאפיינים העתידיים של שדה הקרב מאפשר לבחון את הכיוונים המומלצים לשימוש בכלים בלתי מאוישים בחיל הים.

נטייה להימנעות מפגיעה בחיי אדם. אין עוררין כי כלים בלתי מאוישים תורמים באופן ישיר להפחתת הפגיעה בחיי אדם. במדינות דמוקרטיות נמצא הנושא בלב הדיון הציבורי, ונראה שהמגמה הזאת תימשך, לרבות במדינת ישראל. יש לכך השפעה מרחיקת לכת על מרחב הפעולה של הצבאות ועל משך הזמן שבו הדרג המדיני מאפשר לצבא נתון לפעול.

הקושי בחדירה אל מוקדי הכוח של האויב.

מערכי ההגנה של האויב, גם במדינות וגם בארגונים לא-מדינתיים, יילכו ויתחזקו באופן אשר יקשה את החדירה אליהם. מתווה החדירה יהיה קשה יותר, מורכב יותר וארוך יותר.⁸ כדי להצליח בחדירה אל מול אויב מתגונן נדרש להסיר מגבלות פיזיולוגיות, שקיומן לא יאפשר את החדירה. למשל, בזירה הימית תהיה הכניסה לתוך מערך חופי מוגן מטווח גדול יותר בניסיון לבצע התגנבות ממושכת. המצב הזה ישפיע על היכולת לקיים תנאים מינימליים ללוחמים בתחום של הנדסת האנוש. הסרת המגבלות של גוף האדם מאפשרת גמישות ורציפות גדולות יותר בביצוע המשימה.

שאיפה למלחמות קצרות ועצימות. הרצון למלחמות קצרות ובעצימות גבוהה יחייב נוכחות רצופה (24 שעות ביממה) וממושכת (לפחות כמה ימים) של כלי השיט אל מול היעדים. כלים מאוישים מוגבלים במשך

חיישנים על פני המים ומתחת לפני המים, ואילו כלי טיס בלתי מאוישים יכולים להפעיל חיישנים רק מעל פני המים. יכולת ההתגנבות של כלים ימיים בלתי מאוישים היא בינונית ותלויה בסביבת הפעולה ובגודל הכלים. לכן הכלים האלה נזקקים ליכולת של צלילה רדודה, קרי יכולת שינוי, וכן התייחסות מתאימה לסוגיית השח"ם (שטח חתך מכ"מ) כדי להגדיל את יכולת החדירה וההתגנבות.

המאפיינים האלה של הכש"ם משתלבים היטב ביתרונותיו של חיל הים בשדה הקרב הבאים לידי ביטוי בכמה קטגוריות:

1. רציפות. עקרון הרציפות מתחלק לרציפות בהגנה ולרציפות בהתקפה. רציפות תפקודית מושפעת מאוד מהיכולת להתמודד ולתפקד תחת מתקפת טילים (מכל הסוגים), במשך הלחימה. הייחוד של חיל הים בהקשר הזה הוא שמשעה שכלי השיט יצאו לים, אין כמעט השפעה להתקפות טילים על הכלים האלה, למעט השפעות עקיפות הנגרמות מהפגיעות בעורף האזרחי. היכולת של הכלים האלה לשרוד בים במשך תקופות ארוכות מפחיתה את תכיפות הצורך להיכנס לנמלים, מגדילה את האפקטיביות שלהם בלחימה ומפחיתה את הסיכויים להיפגעות. היכולת של כלי השיט להימצא באזורי הלחימה לאורך זמן רב מגדילה את הרציפות התפקודית בלחימה. משך הזמן שהכלים יכולים להשתתף בלחימה עד הרגע שהם נדרשים לחזור לנמל הוא ארוך וכך גם משך הלחימה. שימוש בכלי בלתי מאויש מאפשר להעצים את היכולת הזאת.

2. ורסטיליות. לכלי השיט יש יכולת להפעיל מספר רב ומגוון של אמצעים בהתאם לצורך. לכן כלי השיט יכול לתת מענה למספר רב של סוגי איומים ואתגרים בזירות שונות באמצעות מגוון רחב של מטע"דים ואמצעי גילוי.

3. יכולת פעולה בטווחים גדולים. מרחבי הים שבהם יש לישראל עניין צבאי הם גדולים. היכולת להטיל כוח צבאי למרחבים שמרוחקים ממדינת ישראל מאפשרת גמישות למתכננים ולמקבלי ההחלטות. יתרה מכך, היכולת הכמעט עצמאית של כלי שיט לפעול במרחקים האלה מאפשרת מתן מענה כוללני במרחבים מרוחקים.

4. יכולת פעולה בארבעה ממדים. ייחודו של

שבין המלחמות).

השינוי המהותי ביותר שיביאו כלי שיט בלתי מאוישים לשדה הקרב יהיה היכולת לירות טילים מדויקים לעבר היעדים. בניסיון לצפות את פני העתיד ניתן לראות כיצד מערך של כשב"מים קטנים, בעלי יכולת לוחמה אלקטרונית ושימוש בשימוש מונחה מדויק, משתלב בתפיסת ההפעלה של חיל הים. הסוגיה המשמעותית ביותר בנושא הזה היא שאלת האוטונומיות של ירי הטילים. המחוסם הראשון שניצב בתהליך הפיתוח של כלים מהסוג הזה הוא אנושי פסיכולוגי. על מקבלי החלטות להשלים עם התפיסה שכלי לא מאויש יורה טילים לעבר היעדים על פי בחירתו.¹⁰ תקיפות כלי הטיס הלא מאוישים של צבא ארה"ב באמצעות טילים לעבר יעדים באפגניסטן תרמו רבות להפלת אותם המחוסמים. אולם סביר להניח כי הפלטפורמות שיפותחו יתבססו על שליטה מרחוק ולא על אוטונומיה מלאה, קרי יהיה אדם בחוג החלטה שיעשה הערכת מצב לפני הלחיצה על ההדק.

הערות

1. לירן ענתבי, "מי יעצור את הרובוטים", **צבא ואסטרטגיה**, כרך 5, יולי 2013, עמ' 67-53, <http://goo.gl/jq2KJ3>.
2. רן לוי, **כלי טיס בלתי מאוישים כסיפור הצלחה ישראלי**, עבודת גמר במסגרת המכללה לביטחון לאומי, 2009.
3. Volker Bertram, **Unmanned Surface Vehicles - A Survey**, 2010, <http://goo.gl/Dl6q9Z>.
4. S. J. Corfield, J. M. Young, "Unmanned Surface Vehicles - Game Changing Technology for Naval Operations", Ch.15, in **Advances in Unmanned Marine Vehicles**, Institution of Electrical Engineers, 2006, pp. 311-328.
5. Justin Manley, **Unmanned Surface Vehicles - Fifteen Years of Development**, Battelle Applied Coastal and Environmental Services, Washington, 2008, <http://goo.gl/VcF9s4>.
6. S. Ray, M. Leaney, "The use of unmanned surface vehicles (USVs) to support extreme littoral water operations during operation Telic", **Underwater Defence Technology**, Nice, 2004; G. Roberts, R. Sutton (Eds.), **Advances in Unmanned Marine Vehicles**, Institution of Electrical Engineers, 2006.
7. Rand National Defense Research Institute, **U.S. Navy Employment Options For Unmanned Surface Vehicles**, 2013.
8. O'hnanon Michael, **Technological change and the future of warfare**, Brookings Institution Press, 2000.
9. עוזי עילם בכנס מערכות בלתי מאוישות, 2013.
10. ראו: ניר סולומון, "כאשר הרובוט יחשוב במקומנו", **מערכות** 433, אוקטובר 2010, עמ' 78-83, <http://goo.gl/tEoKP3>.

1. במיקוד הנדרש אל מול הצרכים.
2. ההתייחסות לכלים בלתי מאוישים צריכה להיות כאל אמצעי מכפיל כוח בתפיסה הצבאית. אל מול יתרונות חיל הים נכון למפות את המקומות שבהם הכנסת כלים בלתי מאוישים תהיה מכפיל כוח בתרומה המבצעית. דוגמה אפשרית לכך היא בתחום המודיעין.
3. חיל הים משקיע בשנים האחרונות משאבים רבים בפיתוח ובבנייה של אמצעים כדי לסייע למאמץ הצה"לי הכולל באמצעות יכולות של תקיפה מהים של מוקד או של אזור. המאמץ העיקרי של צה"ל באש מבוסס על חיל האוויר. נכון לבנות יכולת אש נוספת כדי להגדיל את הגמישות בהעסקה. היכולת הזאת יכולה להתבסס גם על כלים מאוישים ובלתי מאוישים.
4. בפיתוח היכולת יש להתייחס לניהול המשימה ולא לאופן ניהוג הכלים. ההתייחסות הזאת תביא לתרומה רבה יותר ולעיסוק לא ברמה הטקטית של הפעלת הכלי אלא ברמה האופרטיבית של ניהול משימה שלמה.
5. פיתוח עתידי של מערך כלי השיט הבלתי מאוישים חייב להיות ורסטילי כדי לענות על כמה דרישות ועל איומים משתנים.
6. בבניין הכוח קיים קושי רב להסתכל קדימה ולהשקיע בעתיד, בוודאי במקרה שהתוצאות מגיעות לאחר עשור או יותר.⁹ אף שזו הנטייה, יש להשקיע בפיתוחים אפשריים שיכולים לשנות את המשוואה במערכה העתידית. ראוי לרכז בכך מאמץ ולמצוא מקורות כספיים.
7. כיום נראה כי קיימת בעיה של אמון במערכות האלה, ולכן נדרשות הטמעה ארוכה ותמיכה טכנית רציפה.
8. התחומים שנראה כי כלי שיט בלתי מאוישים נותנים בעבורם את המענה ההולם ביותר הם: איסוף מודיעין באמצעות כלים על-מימיים ותת-מימיים באזורי שטח מוגדרים או ביעדים ספציפיים; לוחמה אלקטרונית; ירי חימושים מדויקים על יעדי חוף; סיורי פטרול במסגרת ביטחון שוטף - בעיקר בגבולות ובאזורי תשתיות (אסדות גז); לוחמה נגד צוללות; פיתוח יכולות על בסיס כלי שיט בלתי מאוישים למשימות שבמסגרת המב"ם (המערכה

כלי שיט מאוישים. יחד עם זאת, שילובם במערך המבצעי יהיה מכפיל כוח לחיל הים וישלים את התפיסה המבצעית המושתתת על כלים מאוישים. השימוש בכשב"מים במערכה יעצים את גורם ההפתעה של הכוח הימי וכפועל יוצא מכך גם יעצים את כוחו.

בחינת תהליכי ההתפתחות של כלים בלתי מאוישים בצה"ל מעלה כמה מסקנות מרכזיות: המסקנה הראשונה היא כי תהליך ההתפתחות וההטמעה של כלים בלתי מאוישים הן בחיל האוויר והן בחיל הים הוא אבולוציוני. שלבי ההתפתחות של הכשב"מים לוו בספקנות, בקשי פיתוח וקליטה, בחוסר נכונות להשקיע בתחילת הדרך ובתהליכי הבשלה טכנולוגיים. גם בתחום התפיסה המבצעית נדרש זמן בחיל האוויר עד להבשלה מלאה אשר הובילה לשינויים בסדרי העדיפויות ובבניין הכוח. חיל הים החל את תהליך הפיתוח וההטמעה בפער זמן משמעותי בהשוואה לחיל האוויר ולכן עדיין נמצא בשלבי האבולוציה הראשונים.

המסקנה השנייה היא שבהתחשב בפיתוח הטכנולוגי בתחום המחשוב והרובוטיקה ולאור אופי האתגרים המבצעיים בזירה הימית הרי שקצב הפיתוח וההטמעה של הכשב"מים נמצא בהלימה לתהליך שהתרחש בחיל האוויר. המסקנה השלישית נוגעת לאופי החדשנות בחיל הים. בהשוואה לחיל האוויר - שם עיקר הפיתוח הטכנולוגי נבע כתוצאה מחוויות של כישלון מבצעי - הרי שאופי החדשנות בחיל הים נסמך גם על הצלחות מבצעיות. התרבות הארגונית בחיל הים מאפשרת גם פיתוח והשקעה ללא חוויית כישלון.

המסקנה האחרונה היא בנוגע לתרומתם העתידית של הכשב"מים. בעתיד הלא רחוק יחייבו הפיתוח הטכנולוגי והרחבת המשימות של חיל הים לשלב את הכשב"מים באופן פעיל בתפיסה המבצעית כמו גם להשקיע בתחום במסגרת בניין הכוח. ניהול נכון של המשאב הזה יהיה מכפיל כוח בעוצמה הימית. לאור מכלול הנתונים והמסקנות ניתן להציג כמה המלצות ליישום בחיל הים. יש לציין שההמלצות האלה הוצגו בעבר במסגרת עבודות מטה ומאמרים:

1. פיתוח תפיסה מבצעית בנוגע לאופן השילוב של כלים בלתי מאוישים בשדה הקרב העתידי. נראה כי גיבוש תפיסה כזאת יהיה "קטר" לקידום מחקר טכנולוגי