

העין הפקוחה בשמים - יתרונות ואתגרים בשימוש בכטב"מים לאיסוף מודיעין¹

לירן ענתבי

מבוא

במהלך העשורים החולפים נכנסו לשימוש צבאי מערכות בלתי מאוישות מגוונות הפועלות בכל ממדי הלחימה - אוויר, ים ויבשה. ישראל היא אחת המדינות המובילות בפיתוח, ייצור, ייצוא ושימוש במערכות כאלו. מאמר זה מתמקד בשימוש בכלי טיס בלתי מאוישים (כטב"מים)² לצורכי מודיעין, ניטור וסיור בישראל ובארצות הברית, מנתח את היתרונות והאתגרים הקיימים בתחום זה, ומציג המלצות לישראל.

כלי טיס בלתי מאוישים בתחום המודיעין

השימוש בכטב"מים לצורכי מודיעין, ניטור וסיור ניתן לחלוקה תיאורטית לשלוש תקופות עיקריות. בתקופה הראשונה, המטרה העיקרית הייתה איסוף מידע, תוך הרחקת הגורם האנושי משדה הקרב וצמצום הסיכון עבורו; בתקופה השנייה, לאחר "המהפכה בעניינים צבאיים" של שנות התשעים של המאה העשרים, החל שימוש במטוסים לא מאוישים גם למשימות תקיפה. תקופה זו התאפיינה בשילוב הכלים עם אמצעי תקשוב מתקדמים שאפשרו, בין היתר, "סגירת מעגל" על מטרה נידת. בתקופה השלישית, משנת 2010 לערך, החל השימוש המסיבי בכלי טיס, ובתוכם גם כלים קטנים, במטרה לענות על הצרכים הטקטיים והאופרטיביים של דרגי השטח במהלך הלחימה. כתוצאה מכך חל גידול עצום בתפוצת הכטב"מים לסוגיהם. השימוש בכטב"מים בשלוש התקופות גובה בהתפתחויות טכנולוגיות מרשימות בתחומי הסייבר והמזעור והשתלב בצרכים המשתנים של שדה הקרב המתקדם.³

ד"ר לירן ענתבי היא עמיתת מחקר במכון למחקרי ביטחון לאומי ועמיתת הוראה באוניברסיטת תל אביב.

אתגרי קהילת המודיעין בישראל | שמואל אבן ודוד סימן טוב, עורכים | המכון למחקרי ביטחון לאומי, תל אביב, יוני 2017

תקופת הכלים הפשוטים

כטב"מים הופעלו לראשונה באופן מבצעי נרחב על ידי ארצות הברית במלחמת וייטנאם.⁴ הכטב"מים באותה תקופה שיפרו מאוד את איסוף המודיעין, בשל יכולתם לצלם מטרות מבלי לסכן את חיי הצוותים הדרושים להטסת מטוסים מאוישים בגובה נמוך. השימוש הישראלי בכטב"מים החל כבר בשנת 1969 – לצורך איסוף מודיעין באזור תעלת סואץ. חידוש זה אפשר הן את צמצום הסיכון לחיי אדם והן קיצור משך הזמן שנדרש עד אז לפיתוח התוצרים של גיחות האיסוף, שבוצעו לפני כן בעיקר על ידי מטוסי קרב.⁵ התפתחות זו הביאה להקמתה בשנת 1971 של טייסת הכטב"מים הראשונה של חיל האוויר.⁶ הטייסת לקחה חלק בפעילויות מבצעיות שונות ובכלל זה במלחמת יום הכיפורים. חלק מהכלים באותה תקופה היו טיסנים פשוטים, ולחלקם לא היו יכולות נחיתה והמראה עצמאיות, כך שנדרש לשגרם כמו טילים ולאסוף אותם בעזרת כלי טיס מאויש, בכדי למנוע מהם להתרסק על הקרקע בסוף המשימה. כבר אז ביצעו אותם כלים משימות שונות, כגון צילום, הטעייה וניטור.⁷ במקביל לחיל האוויר, הפעיל גם אמ"ן באופן עצמאי יחידת כטב"מים. יחידה זו של אמ"ן פעלה עד ראשית שנות האלפיים, כאשר בהמשך אוחדו היחידות לטייסת אחת בחיל האוויר.

תקופת הכלים המורכבים

ברבות השנים, בעקבות התפתחויות טכנולוגיות, הפכו כטב"מים, לנפוצים ולמתוחכמים יותר מבחינה טכנולוגית. הם צוידו ביכולות המראה, נחיתה ושליטה מרחוק, והחלו מהווים פלטפורמה לנשיאת מטענים ייעודיים המשמשים למגוון משימות. פריצת דרך גדולה בתחום זה התרחשה בסיומה של המלחמה הקרה, שהביאה לצמצומם של תקציבים צבאיים ולחיפוש אחר כלים זולים ואמינים, בשילוב עם קפיצת מדרגה בטכנולוגיות המחשוב והתקשורת ו"המהפכה בעניינים צבאיים" של שנות התשעים של המאה העשרים.

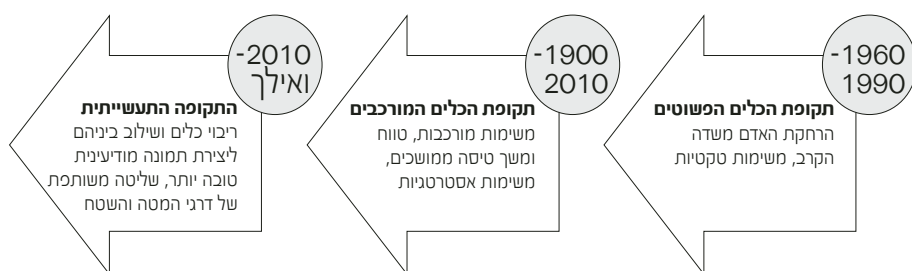
מאז שנות התשעים כטב"מים מוכיחים יותר ויותר את יתרונותיהם. חלקם בעלי חתימה נמוכה (קשים לזיהוי) ויכולת לשהות באוויר זמן ארוך. כתוצאה מכך כלים אלו משנים את אופיין של משימות שניתן לבצע בשדה הקרב ויוצרים שינוי בשיקולי עלות-תועלת במסגרת קבלת ההחלטות הנוגעות לאיסוף מודיעין.

התקופה התעשייתית

החל משנות האלפיים, כטב"מים נמצאים בהישג ידן של מרבית המדינות בעולם. הירידה במחירי הייצור והנגישות לטכנולוגיות מאפשרות ייצור נרחב של כלי טיס כאלה.⁸ אחת ההתפתחויות הבולטות בתחום זה בעשור האחרון היא שימוש מבצעי נרחב בכלים קטנים יחסית שאינם דורשים מסלול המראה, אשר מופעלים על ידי

איש צוות שנמצא עם הכוח בשטח ולא בקרון מרוחק. כלים אלה מאפשרים יצירת תמונת מודיעין לא מתווכת ובזמן אמת. דוגמאות לכלים נפוצים כאלה הם "סקיילרק 1" ו"רייבן".

בעוד שהשימוש בכטב"מים לצורכי איסוף מודיעין, ניטור וסיור הפך לנפוץ מאוד במדינות ואף בארגונים תת-מדינתיים,⁹ רק קבוצה קטנה של מדינות מסוגלת להפעיל כטב"מים החמושים בטילים לצורך תקיפות מדויקות מהאוויר. יחד עם זאת, מחקרים שונים מצביעים על כך שיכולות אלו עתידות להפוך לנחלת כלל המדינות שירצו בכך תוך פחות מעשור.¹⁰



היתרונות האופרטיביים בשימוש בכטב"מים

השימוש בכטב"מים הפך ברבות השנים לאחד היתרונות הגדולים של מדינות בלוחמה אסימטרית נגד ארגונים תת-מדינתיים אלימים, בין היתר משום שהטכנולוגיה המתקדמת ביותר בתחום זה נמצאת עדיין רק בידי מדינות. ארצות הברית, למשל, מפעילה את "תוכנית הכטב"מים" שלה במקומות רבים על פני כדור הארץ, גם אם אלה אינם מוכרזים באופן רשמי כ"אזורי עימות". במסגרת תוכנית זו, מופעל מספר גדול מאוד של כטב"מים במשימות שונות, כגון מעקב אחר חשודים בטרור ו"סיכול ממוקד", וזאת כאשר מפעילי הכלים יושבים על אדמת ארצות הברית. תכונותיהם של הכטב"מים, לרבות יכולתם לשהות זמן רב מעל יעדים, מאפשרות לא רק לנטרל את הסיכון לחיי צוותי האוויר, אלא אף לצמצם (במקרים מסוימים) את הצורך בנוכחות קרקעית באזורים עוינים, ולהפחית בדרך זו את החיכוך עם האוכלוסייה האזרחית באזור.¹¹ היכולות הללו תומכות בשלושה נדבכים חשובים: הראשון – הכטב"מים מאפשרים יכולת פעולה מתמשכת בעלויות (בחיי אדם ובכסף) נמוכות יחסית; השני – הן מסייעות להתגבר על מכשולים פוליטיים מבית, כמו למשל במקרה האמריקאי, בו מתאפשרת הפעלת כוח הכטב"מים באישור ישיר של הנשיא בלבד, ללא צורך לפנות לאישור בית הנבחרים (בניגוד לאישור הנדרש של הבית לשליחתם של חיילים אל מעבר לקווי האויב); השלישי – הן מאפשרות להתגבר על מכשולים מדיניים בשיקולי ההפעלה, משום שבמבחן המציאות, הפרה של ריבונות של מדינה זרה באמצעות כלי טיס בלתי

מאויש נתפסת לרוב כחמורה פחות מאשר זו הנעשית באמצעות כלים מאוישים. הפעלה שקטה ומדויקת של כטב"מים לעתים קרובות גם מאפשרת למשטרים שעל אדמתם בוצעה הפעולה להתעלם מהמקרה, בעיקר כאשר מדובר בהפעלה אמריקאית. מאז ראשית האלף הנוכחי, ובעיקר בשנות הלחימה בעיראק ובאפגניסטן, מרבית המשימות שבוצעו על ידי כטב"מים היו לצורכי מודיעין, ניטור וסיור. התבססות על כטב"מים במשימות אלו נובעת בעיקר מיכולת השהות הממושכת שלהם באוויר, מהחתימה הנמוכה שהם מותירים, מחיישנים משופרים הקיימים בהם ומקישוריות משופרת. בנוסף לכך, לחלק מהכלים יש מערכות נשק בעלות יכולות תקיפה מדויקות. הכטב"מים פועלים בשיתוף עם כלים מאוישים באוויר, ובחלק מן המקרים גם על הקרקע, וכל זאת כדי לגבש תמונת מודיעין איכותית עבור המפקדים בשטח ובמטה.¹² דוגמה למבצע מורכב שהתבסס על מערך הכטב"מים ניתן למצוא במידע שפורסם על התקיפה שביצעו הכוחות האמריקאיים על מנהיג אל-קאעדה בעיראק, אבו מצעב אל-זרקאווי, שהביאה לחיסולו ביוני 2006. משימה זו דרשה כשש מאות שעות טיסה לאיסוף באמצעות כטב"ם מסוג "פרדטור" ואלפי שעות של חוקרי מודיעין, במטרה לאפשר הוצאתה לפועל של תקיפה שנמשכה דקות בודדות בלבד.¹³ היכולת הבלתי מאוישת לעקוב ולסכל מוגדרת בשנים האחרונות על ידי האמריקאים כאחת היכולות הצבאיות החשובות ביותר הקיימות בידיהם, וכיכולת אסטרטגית שתידרש להם גם בעימותים עתידיים.¹⁴ ברם, ניתוח סד"כ הכטב"מים האמריקאיים (נכון לשנת 2012), מצביע על כך שרק שלושה אחוזים מתוכם הם כטב"מים תוקפים. גם כאשר מפחיתים את מספר הכטב"מים המיקרו-טקטיים, עדיין רק 11 אחוזים מכלל הכטב"מים של ארצות הברית הם בעלי יכולות תקיפה מוצהרות.¹⁵ הדבר מעיד ביתר תוקף על כך שמשמיתן העיקרית של מערכות אלו הייתה ונשארה בתחומי המודיעין, הניטור והסיור. יתרון משמעותי נוסף של הכטב"מים הוא חיסכון תקציבי ברכישה ובעלות הפעלה, שמאפשר יותר שעות טיסה במשימות שניתן לחסוך את ביצוען מהמערך המאויש. שעת טיסה של כטב"ם אמריקאי מסוג "רייפר" מוערכת ב־8,000 דולר, בעוד ששעות טיסה בודדות של מטוסים מאוישים המשמשים למשימות מודיעין עשויות להגיע גם לסכום של 49,000 דולר לשעה.¹⁶ ניתן לשער, כי גם כאשר מדובר בתקיפות באמצעות מטוסים מאוישים, יש משימות שבהן השתתפות כטב"מים מפחיתה מהעלות הכוללת של המבצע ותורמת לרמה גבוהה של דיוק ולצמצום הנזק האגבי.

אתגרי השימוש בכטב"מים

שרידות

אחד האתגרים העתידיים של הכטב"מים אותם מסמנים האמריקאים הוא טיסה באזורים שאין להם עליונות אווירית, או שזו מאתגרת.¹⁷ כמו במקרה האמריקאי,

גם במקרה הישראלי, הפעילות העיקרית של הכטב"מים בשנים האחרונות בוצעה באזורים בהם הייתה עליונות אווירית לחיל האוויר, ועל כן האיום עליהם היה נמוך יחסית. ברם, האויב מפתח יכולות ליירוט כטב"מים. במקביל, מתפשט מרחב הפעולה של הכטב"מים לאזורים שבהם העליונות האווירית אינה מובטחת. על רקע זה, יש צורך בשינוי גישה להגברת שרידותם של הכטב"מים.¹⁸

שרידותן של הפלטפורמות הבלתי מאוישות הופכת לחשובה בעיקר כאשר מדובר במערכות אסטרטגיות יקרות. מצד שני, הצורך בשרידות מהווה את אחד הגורמים המשפיעים על ייקורן של המערכות. כבר כיום מציגות התעשיות האמריקאיות מספר אפשרויות של כטב"מים שהם בעלי פוטנציאל שרידות גבוה יותר מזה של הדגמים הבסיסיים הנפוצים – "פרדטור" ו"רייפר".¹⁹

הרחבת הפעלת הכטב"מים ברמה הטקטית

עד שנת 2010 לערך, האתגרים שבלטו בתחום השימוש בכטב"מים לצורכי מודיעין היו הצורך ליישם את היכולות של המערכות לצרכים משימתיים מוגדרים ולסנכרן בין המערכות השונות. אחד הפתרונות שהוצעו על ידי מפקדים בכירים שונים בכוחות האמריקאיים (בהם גנרל ריימונד אודיירנו, שהיה, בין היתר, מפקד הכוחות האמריקאיים בעיראק ב-2008) היה הוספת כטב"מים מיקרו־טקטיים לרמת החטיבה, ואף הורדת השליטה בכלי האיסוף בשרשרת הפיקוד בשטח, כך שכל מפקד יוכל לעשות שימוש ביכולות אלו לביצוע משימתו.²⁰ שינוי כזה אכן התרחש, לפחות בקרב הכוחות האמריקאיים והישראליים. בישראל נכנסה לפעילות מבצעית יחידת "רוכב שמיים", המפעילה כטב"ם מיקרו־טקטי בשם "סקיילרק 1" ברמת הגדוד. במבצע "עופרת יצוקה" (2010) מילאה יחידה זו תפקיד חשוב בלחימה נגד חמאס ברצועת עזה.

אתגר עיבוד המידע על הקרקע

במקרה של איסוף מודיעין, כטב"מים מהווים פלטפורמה מעופפת, נושאת חיישנים שמטרתם היא קליטה ואיסוף של מידע גולמי. המידע עובר תהליכים של מיון, עיבוד, פענוח ותיעוד בכדי להפוך אותו לבר שימוש ואף לידיעות מודיעיניות. המידע המגיע ממערך הכטב"מים, בשילוב עם מידע ממקורות נוספים, משמש גורמי שטח ומטה לבניית תמונת מודיעין ו"בנקי מטרות" לתקיפה, וכן לשימושים נוספים ברמות הטקטית והאסטרטגית.

אתגרים שונים בתחום איסוף המודיעין הופיעו בשני העשורים החולפים, ונפתרו במידה רבה באמצעות כלי טיס בלתי מאוישים. המדובר ביצירת מערכות מתקדמות ואמינות, בהקניית שליטה לדרגי השטח בהפעלת מערכות, ובהבשלה של שלל פיתוחים המאפשרים שימוש בחיישנים מגוונים על גבי הכטב"מים. כל אלו הגדילו באופן משמעותי את כמות המידע הלא מעובד שניתן לאסוף באמצעות כלי הטייס הבלתי

מאוישים. עם זאת, נראה כי ככל שמתרבות המערכות, על סוגיהן השונים, מתפתח "צוואר בקבוק" בתחום עיבוד המידע.

עיבוד כמויות עצומות של מידע, שנאגר במאגרים ממוחשבים שונים, הוא אתגר הנמצא בראשית דרכו. בעיה זו אינה אופיינית רק לכטב"מים; היא בולטת גם בתחומי המודיעין החזותי האחרים (צילום מלווייניים, תצפיות ומצלמות שטח). אותה בעיה גם הופיעה עוד קודם לכן בתחומי הסייבר והמודיעין הגלוי, שבהם החלו להתפתח טכנולוגיות חיפוש, סינון ועיבוד מידע כבר לפני עשרות שנים.

המצב כיום הוא שכמויות המידע הנאספות הן עצומות, וקיים קושי מובנה להתמודד אתן באמצעות חוקרים אנושיים. דוגמה מספרית שעשויה להמחיש את הנושא מגיעה ממחקר שנערך בחיל הים האמריקאי, המפעיל באופן עצמאי מספר ניכר של מטוסים. במחקר נטען, בהתבסס על מידע שנאסף באמצעות כלל המערכות השונות של חיל הים, כי רק כחמישה אחוזים מגיע לבחינה על ידי חוקרי מודיעין, כלומר 95 אחוזים ממנו אינו מטופל באופן שוטף, אלא נאגר ללא טיפול או אף נמחק. חוקרי המודיעין בחיל הים האמריקאי טוענים כי במשך שמונים אחוזים מהזמן הם מחפשים אחר "המידע הנכון" וכי רק בעשרים אחוזים מהזמן הם מתבוננים "במידע הנכון".²¹ דוגמאות אלו מעידות על בעיה של "היצף מידע" בתחומי המודיעין הצבאי, כפי שקיים גם בעולם האזרחי. אתגר מתקדם יותר בתחום עיבוד המידע הוא היתוך מידע אוטומטי, כמו למשל הקושי בהיתוך מידע שמתקבל מכטב"מים שונים עם מידע המגיע מאמצעי איסוף אחרים, כגון תצפיות, סייבר ויומינט, במטרה ליצור תמונת מצב (של האויב ושל כוחותינו) מלאה, דינמית, בזמן אמת ועם רזולוציה גבוהה של שדה הקרב.

לאור כל הנאמר לעיל, נראה כי האתגר של העידן הנוכחי עובר מתחום האיסוף לתחום העיבוד והמחקר. ניתן להעריך שגם האתגר הזה עשוי להיפתר בעתיד באמצעות מערכות ממוחשבות מסוגים שונים, שיהיו בעלות יכולות "חשיבה" מתקדמות ומבוססות יותר ויותר על בינה מלאכותית. במגזר העסקי קיימות כבר היום טכנולוגיות שונות לעיבוד תמונה ולזיהוי אובייקטים (כגון זיהוי פנים), בהן ניתן לעשות גם שימוש צבאי. כך, למשל, במקום שמפענח אנושי יסרוק עשרות שעות של צילומים שנאספו במסגרת גיחת כטב"ם, תדע המערכת לזהות כבר בזמן אמת את האובייקטים המבוקשים ואף להצביע על דפוסים הנוגעים אליהם ומצריכים תשומת לב, וזאת בהתבסס על מידע רחב יותר שיימצא במאגרים המסונכרנים האחד עם האחר. מערכות הביטחון וחברות אזרחיות בארצות הברית, בישראל ובמדינות מתקדמות נוספות כבר פועלות כדי ליצר יותר מערכות מידע בתחום זה. ב"סוכנות ההגנה לפרויקטי מחקר מתקדמים" של ארצות הברית (DARPA), לדוגמה, שוקדים כבר היום על פיתוח של מודלים להתמודדות עם מצבים עתירי נתונים בתחומים שונים, ובתוכם תחום המודיעין.²²

כמו בתחומים נוספים, גם בתחום זה, ההתפתחות אינה תלויה רק בטכנולוגיה עצמה, אלא גם בהחלטות של מקבלי החלטות אנושיים בדרגים הגבוהים ביותר בנוגע לרמת האוטונומיה שתאושר למערכות שונות. במקרים מסוימים נדרשת נוכחות ומעורבות של בני האדם מסיבות משפטיות ואתיות. הדבר ברור לגבי הפעלת כלים אוטונומיים חמושים, אך עשוי להידרש גם בתחום איסוף המודיעין. במקרה כזה ייתכן מצב בעתיד שבו יוחלט לא לאפשר לכטב"מים פעולות אוטונומיות מסוימות בשל מערכת שיקולים משפטיים, אתיים ואחרים, גם אם הטכנולוגיה תאפשר ביצוע משימות מסוימות באופן אוטונומי.

סיכום ומסקנות

השימוש בכטב"מים לצורכי מודיעין, ניטור וסיור התפתח מאוד בעשורים האחרונים. היתרונות של כלים אלה עבור צה"ל הם רבים, הן משום שכטב"מים מהווים מענה טוב לרגישות הגבוהה של ישראל לחיי אדם, והן משום שכטב"מים מהווים פתרון זול יחסית לחלק מן המשימות המאוישות. השימוש בכלי טיס בלתי מאוישים גם מאפשר לייעל את הוצאות הביטחון של ישראל, שהמשק שלה נושא בנטל ביטחון מהכבדים בעולם. כמו כן, כלים אלה מאפשרים לישראל לאסוף מודיעין לרוחב ולעומק באופן שממזער את הפוטנציאל להסלמה ולעימות. כטב"מים גם יוצרים יתרון יחסי לנכחות הלוחמים של ישראל, ובנוסף לכך, תורמים למעמדה ולכלכלתה באמצעות ייצוא של מערכות טיס כאלו למדינות אחרות בעולם. לאור כל זאת, על ישראל להמשיך לשמור על עליונותה בתחום הכטב"מים, וכן להיערך להתמודדות עם איומים בתחום זה מצד אויביה.

כמו בתחומי איסוף אחרים, על ישראל לוודא כי יפותחו מערכות שיאפשרו להתמודד עם כמויות המידע ההולכות וגדלות הנאספות על ידי מערכות בלתי מאוישות. מדובר על כלים שיפעלו בשלבי המיון, העיבוד והניתוח, שיאפשרו מצד אחד להתמודד ביעילות עם כמויות עצומות של מידע, ומצד שני יאפשרו מידה מסוימת של מעורבות אנושית במעגל ההפעלה של הכלים הבלתי מאוישים, בעיקר בצומתי קבלת ההחלטות והבקרה. יש צורך מיוחד ליצור מערכות שיתמכו בצורה טובה יותר את השימוש באיסוף המתבסס על החיישנים הנמצאים על כלים בלתי מאוישים באוויר, ביים, ביבשה ובחלל. למשל, נדרשת יכולת טכנולוגית לשלב בין סוגים שונים של מידע שיגיע מן הממדים השונים, לעבד אותו במהירות, לזהות תבניות רלוונטיות בו ולהעביר את המידע לגורמי המטה, ההחלטה והביצוע בקצב ובאופנים שאינם מוכרים לנו כיום. אם ישראל תשכיל להוביל שינוי זה, ולא להיות מובלת ותלויה בהתפתחויות במדינות אחרות, הדבר עשוי להקנות לה יתרונות מבצעיים ואסטרטגיים חשובים.

הערות

- 1 מחברת המאמר מודה למר ג'ק מילר, מתמחה במכון למחקרי ביטחון לאומי, שסייע רבות באיסוף המידע לצורך כתיבת מאמר זה ולמר ליאור רשף ומר דרור בן-דוד, שתרמו למאמר מתובנותיהם ועצותיהם הטובות.
- 2 כלים אלה מכונים לאחרונה בעברית גם כטב"מים (כלי טיס מאוישים מרוחק), וזאת בהתאם להחלטת מפקד חיל האוויר.
- 3 להרחבה בנושא זה ראו: יואב זקס ולירן ענתבי, עורכים, **השימוש בכלים צבאיים בלתי מאוישים עד שנת 2033: המלצות למדיניות לאומית על בסיס חיזוי טכנולוגי – הערכת מומחים**, מזכר 145, תל אביב: המכון למחקרי ביטחון לאומי, דצמבר 2014.
- 4 U.S Army, U.S Army ROADMAP for UAS 2010-2035, <http://www.fas.org/irp/program/collect/uas-army.pdf>
- 5 Tamir Libel and Emily Boulter, "Unmanned Aerial Vehicles in the Israel Defense Forces: A Precursor to a Military Robotic Revolution?", *The RUSI Journal*, Vol. 160(2) (2015): 69-70.
- 6 שיון גזית, "האח הגדול רואה הכל", **ביטאון חיל האוויר**, גיליון 170 (אוגוסט 2006), <http://www.iaf.co.il/1765-25892-HE/IAF.aspx>.
- 7 למידע נוסף בנושא כלי טיס בלתי מאוישים בשירות צה"ל ראו: אתר חיל האוויר הישראלי ברשת: <http://www.iaf.org.il/Templates/Aircraft/Aircraft.aspx?lang=HE&lobbyID=69&folderID=83>.
- 8 Liran Antebi, "Changing Trends in Unmanned Aerial Vehicles: New Challenges for States, Armies and Security Industries", *Military and Strategic Affairs*, Vol. 6, August 2, 2014, <http://d26e8pvoto2x3r.cloudfront.net/uploadImages/systemFiles/LiranAntebi.pdf>.
- 9 "Non-state Actors with Drones used in Combat", <http://securitydata.newamerica.net/world-drones.html>.
- 10 Lynn E. Davis et al., *Armed and Dangerous? UAVs and US Security* (Santa Monica, Ca.: Rand Corporation, 2014).
- 11 שמואל גורדון, "ההתמודדות הביטחונית עם הפלסטינים", **מערכות**, גיליון 380-381, דצמבר 2001, עמ' 61.
- 12 Robert P. Haffa Jr., and Anand Datla, "Joint Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance in Contested Airspace", *Air & Space Power Journal*, Vol. 28(3) (2014): 29.
- 13 Ibid.
- 14 Ibid, p. 31.
- 15 Jeremiah Gertler, *U.S. Unmanned Aerial Systems*, Congressional Research Service, January 3, 2013, <http://www.fas.org/sgp/crs/natsec/R42136.pdf>
- 16 House Permanent Select Committee on Intelligence, Performance Audit of Department of Defense Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance, April 2012, p. 14.
- 17 Haffa and Datla, "Joint Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance in Contested Airspace", p. 38.
- 18 Ibid.
- 19 Ibid.
- 20 Raymond T. Odierno, Nichoel E. Brooks, and Francesco P. Mastracchio, *ISR Evolution in the Iraqi Theater*, (Washington D.C.: National Defense University, Institute for National Strategic Studies, 2008).
- 21 Porche, Isaac R., Bradley Wilson, Erin-Elizabeth Johnson, Shane Tierney and Evan

Saltzman. *Data Flood: Helping the Navy Address the Rising Tide of Sensor Information*.

(Santa Monica, CA: RAND Corporation, 2014).

http://www.rand.org/pubs/research_reports/RR315.html. Also available in print form.

Wade Shen, "Data-Driven Discovery of Models", *DARPA website*: 22

<http://www.darpa.mil/program/data-driven-discovery-of-models>