

מי יעצור את הרובוטים?

לירן ענתבי

כלים בלתי־מאוישים ורובוטים תופסים מקום משמעותי בשדות הקרב של תחילת המאה ה־21. כלים אלה מוכיחים את עצמם מבחינה מבצעית, והדבר מוביל למגמה גוברת של פיתוח והצטיידות בהם. המגבלות החלות על כלים אלה כיום הן בעיקר טכנולוגיות, או מגבלות הקשורות לקושי בהטמעה שלהם בקרב הכוחות הלוחמים. למרות זאת, עקב השימוש הגובר בהם מתעוררות שאלות מוסריות ומשפטיות, וכן דרישה ציבורית להגביל את השימוש באותם כלים ואת פיתוחם. המאמר מנסה לענות על השאלה: מי יעצור את הרובוטים – ההתפתחות הטכנולוגית, או שמא חקיקה ואמנות מתחום בקרת הנשק? המאמר משרטט תמונה של השימוש העכשווי בכלים אלה, ומתאר את האתגרים הנובעים מהרחבת השימוש בהם.

מילות מפתח: רובוטים, כלים בלתי־מאוישים, מטוסים ללא טייס, פיתוח, אוטונומיות, ארצות־הברית, ישראל, שדה הקרב, העימות האסימטרי

מבוא

כלים ומערכות בלתי מאוישים תופסים מקום הולך וגדל בשדות הקרב המודרניים. המדינות המובילות בפיתוח ושימוש בכלים אלה – ארצות הברית וישראל – נהנות בין היתר, מיתרון הנובע מצמצום הסיכון לחיי לוחמים ומהיכולת לבצע משימות שלא ניתן היה לבצע בעזרת לוחמים אנושיים, בשל מגבלות פיזיות ופיזיולוגיות. היתרונות הללו, כמו גם החתירה לעוצמה צבאית, מובילים לפיתוח ולשימוש גובר בכלים כאלה בקרב מדינות רבות, כמו גם בקרב ארגונים לא־מדינתיים אלימים. חרף היתרונות הרבים, הטכנולוגיה המתקדמת מעוררת גם חששות ומעלה שאלות הנוגעות למוסר, אתיקה, משפט, חברה ועוד. האוטונומיות המתפתחת של הכלים – יכולתם לפעול באופן עצמאי ללא מעורבותו של גורם אנושי – היא

לירן ענתבי היא דוקטורנטית בחוג למדע המדינה, אוניברסיטת תל־אביב ועמיתת מחקר במכון למחקרי ביטחון לאומי במסגרת תכנית ניובאוור

שמעוררת את החשש וההתנגדות הגדולים ביותר ומובילה לפעולה של ארגוני זכויות אדם ולעיסוק תקשורתי בנושא זה, וכן לתגובה של ממשלות – כמו ההנחיה של משרד ההגנה האמריקאי מנובמבר 2012 בנוגע לכלי נשק אוטונומיים. אירועים אלה הם רק בודדים בתוך מגוון אירועים, המעידים כי תחום זה הופך ליותר ויותר מרכזי בשדה הקרב המודרני. שאלות אלו ראויות לעיסוק מעמיק, אך במסגרת מאמר זה הן יזכו רק לאזכור קצר, עקב הרצון להתמקד בהתפתחותו של התחום ושל הגורמים המשפיעים עליו.

המאמר יסקור את תחום הכלים והמערכות הבלתי מאוישים והתפתחותו ויבחן את השאלה: האם גורמים כמו התנגדות ארגוני זכויות אדם או החלטות נקודתיות של ממשלות עשויים להוות מכשול ולהגביל את התפתחותם של כלים אלה יותר מאשר ההיתכנות הטכנולוגית עצמה? במסגרת המאמר יוסברו מונחי יסוד בתחום הלוחמה הבלתי מאוישת, תיסקר התפתחותו של התחום בעשרים השנים האחרונות ויוצגו עיקרי התוכניות העתידיות של ארצות הברית – המדינה המובילה בתחום זה. לאחר מכן יוצגו אתגרים טכנולוגיים ואחרים העומדים בפני המפתחים של הרובוטים לסוגיהם, תוך העלאת הטענה כי לאור ההתפתחויות וההשקעה של מדינות רבות בו, יהיה קשה עד בלתי אפשרי להגביל את התפתחותו, הן באופן כללי והן בהיבטים של אוטונומיות. זאת, הן בשל המקום הנרחב שתחום זה תופס כבר כיום בשדה הקרב והן בשל הפוטנציאל הטמון בו בהקשר של תחומים שאינם צבאיים, כגון מדע, רפואה, שירותים ותעשייה.

מה הן מערכות צבאיות בלתי מאוישות?

קשה למצוא הגדרה אחת מקובלת לכלים בלתי מאוישים. כמו כן קיימת נטייה לבלבל בין מערכות או כלים בלתי מאוישים ובין רובוטים וכלים אוטונומיים לסוגיהם. סקירה של כמה הגדרות עדכניות מראה כי מרבית ההגדרות מסכימות על המאפיינים הבאים של מערכת בלתי מאוישת: פלטפורמות מעשה ידי אדם; היעדר מפעיל אנושי על סיפון; בעלות יכולת לבצע משימות באופן רב-פעמי; בעלות אופי נייד או נייד, מונחה או אוטונומי.¹ המסמך העדכני ביותר של משרד ההגנה האמריקאי, שפורסם בנובמבר 2012, מגדיר פלטפורמה בלתי מאוישת כ"פלטפורמה אווירית, קרקעית, ימית ותת-ימית, או חללית אשר אינה נושאת על סיפונה באופן פיזי מפעיל אנושי".² מדובר בהגדרה רחבה המאפשרת להכיל במסגרתה רמות שונות של אוטונומיות.

הפלטפורמות מסוגלות לרוב לשאת על גביהן מטען יעודי לביצוע משימות, כמו למשל מצלמה, פצצות או טילים לביצוע משימות תקיפה. חלק מהכלים מיועדים לביצוע משימה ללא מטען יעודי, כגון רכב קרקעי בלתי מאויש בעל זרוע מונחית

לפירוק פצצות. טילים, רקטות וארטילריה אינם נכללים בקטגוריה של כלים בלתי מאוישים, וכך גם מערכות ללוחמה במרחב הקיברנטי (לוחמת סייבר).

תחום המערכות הבלתי מאוישות מפותח כיום מאד. משרתים בו מגוון כלים המשמשים לביצוע משימות רבות בממדי הלוחמה השונים. **בממד הקרקעי** נפוצים בעיקר כלים לסילוק פצצות, וכן כלי רכב בלתי מאוישים מסוגים שונים הנועדים למשימות של סיורי גדר, פטרולים והובלת משאות. יחד עם זאת, הכלים הקיימים היום עדיין לא מצליחים למלא משימות רבות של כלים קרביים מאוישים.

בין חמישים לשמונים מדינות ברחבי העולם מפתחות רובוטים, או כבר עושות שימוש מבצעי בהם בשדה הקרב. ארצות הברית מובילה בפיתוח ובשימוש בכלים קרקעיים בלתי מאוישים: בשנת 2010, היחס בין רובוטים לחיילים בשדה הקרב באפגניסטן עמד על 1:50 (רובוט אחד על כל חמישים חיילים), וצפוי לעלות תוך שנים ספורות ל-1:30.³ המספר הכולל של כלים קרקעיים בלתי מאוישים שהיו באותה עת בידי ארצות הברית עמד על 12,000.⁴ רובם הגדול של כלים אלה מופעלים על ידי מפעיל אנושי באמצעות מנגנוני שליטה שונים. חרף המספרים הגבוהים של כלים קרקעיים בלתי מאוישים, הגדולים מן המספרים של הכלים האוויריים הבלתי מאוישים, תחום הכלים הקרקעיים מפותח פחות מהתחום האווירי, בעיקר בשל קשיים טכנולוגיים או קושי ביצירת שיתוף פעולה בין הכלים ובין לוחמים או אזרחים הנעים באותו שטח. למרות זאת, כלים כאלה פועלים באופן מבצעי בישראל, למשל בסיורי גדר על הגבול הדרומי, ובקרב כוחות הצבא האמריקאיים, בעיקר בפירוק פצצות וצילום מתוך מבנים.⁵

בממד הימי, כלים בלתי מאוישים משמשים בעיקר למשימות שיטור ימי. כלים אלה מצוידים לרוב במצלמה ובאמצעי ניווט שונים, וקיימת אפשרות להתקין עליהם חימוש המופעל מרחוק. במקביל, פועלים בתווך הימי גם כלים תת-ימיים המבצעים משימות צלילה, כמו יירוט אוניות אויב או טיהור מכרות ימיים וחיפושים תת-ימיים. לתחום הימי מגבלות וקשיים משלו: גלים, ראות גרועה ואובדן קשר הם רק חלק מן המגבלות שהמפתחים והמפעילים נדרשים להתמודד איתן. יחד עם זאת, בכלים אלה טמון פוטנציאל גדול הקרוב למימוש: ביצוען של משימות ימיות, שעד כה היו שמורות לכלים מאוישים, כגון שיטור וסיור ימי.⁶

כלים בלתי מאוישים פועלים גם באוויר ואפילו בחלל. **התחום האווירי** הוא תחום השימוש הצבאי המוביל מתוך כל התחומים שהוזכרו לעיל. כבר בשנת 1919 תקפו כוחות אמריקאיים אוניית קרב גרמנית באמצעות כלי טיס בלתי מאויש. עם זאת, מטוסים לא מאוישים הופעלו לראשונה באופן מבצעי נרחב על ידי ארצות הברית רק החל ממלחמת וייטנאם.⁷ כלים אלה גילו יכולת איסוף מודיעין מצוינת, עקב יכולתם לטוס מעל למטרות בגובה נמוך, לצלמן ולשוב לבסיסם מבלי לסכן חיי צוות הדרוש להטסת מטוס מאויש. חימושם של כלים אוויריים בלתי מאוישים החל

לתפוס תאוצה בשני העשורים האחרונים, עם הבשלתן של טכנולוגיות מתאימות המשויכות ל"מהפכה בעניינים צבאיים" (RMA), שהתרחשה בשנות התשעים של המאה העשרים ומבוססת על שימוש בטכנולוגיות מידע. הכוחות האמריקאיים הם המובילים בשימוש בכלים בלתי מאוישים במסגרת מבצעים שערכו בעיראק ועדיין נערכים באפגניסטן, בפקיסטן ובתימן.

בישראל נכנסו כלי טיס בלתי מאוישים (כטב"מים) לשימוש מבצעי בשנות השבעים של המאה העשרים וביצעו משימות כגון הטעייה, תצפית, צילום וריגול.⁸ השימוש הישראלי הגובר בכטב"מים הודגם באופן בולט במלחמת לבנון השנייה. אז בוצעו 15,000 שעות טיסה של כטב"מים מול 12,000 שעות טיסה בלבד של מטוסי קרב מאוישים.⁹ המשימות המבוצעות על ידי כטב"מים נשלטות באמצעות מפעילים אנושיים, ורק בחלק מהם קיימות יכולות אוטונומיות מסוימות.

מה הם כלים אוטונומיים?

המילה "אוטונומיות" מגדירה את רמת עצמאות פעולתו של הכלי/מערכת. פלטפורמה בלתי מאוישת יכולה להיות בלתי אוטונומית לחלוטין. מקובל לחלק את האוטונומיות לארבע קטגוריות:

פלטפורמה נשלטת על ידי מפעיל אנושי – מפעיל אנושי מקבל את כל ההחלטות. למערכת אין שליטה עצמאית על סביבתה (למשל מכונית צעצוע הפועלת בשלט רחוק).

פלטפורמה מוסמכת על ידי מפעיל אנושי – הפלטפורמה מסוגלת לבצע פעולות רבות באופן עצמאי כאשר היא מוסמכת לכך, כלומר מקבלת אישור לביצוע הפעולה על ידי מפעיל אנושי (למשל, שואבי אבק רובוטיים, שמרגע הפעלתם מוסמכים לשוטט בבית ולנקות ללא התערבות חיצונית).

פלטפורמה מפקחת על ידי מפעיל אנושי – המערכת יכולה לבצע טווח רחב של פעילויות באופן עצמאי, כאשר היא מקבלת את האישור או את ההנחיות לכך על ידי מפעיל אנושי. הן המפעיל האנושי והן המערכת יכולים לפתוח בפעולה המבוססת על מידע שנקלט בחישים, אבל המערכת יכולה לעשות זאת רק בתוך טווח המשימות שהיא מתוכננת לבצע.

אוטונומיות מלאה – המערכת מקבלת יעדים ממפעילים אנושיים ומתרגמת אותם למשימות שיבוצעו ללא מעורבות אנושית כלל, כולל שלב התכנון ובחירת האמצעים לביצוע. גם במערכת זו, מפעיל אנושי עדיין יכול להתערב ולהשפיע על המתרחש במקרה הצורך.¹⁰

מרבית הכלים הפועלים כיום בשירותם של צבאות מודרניים הם אוטונומיים במידה מוגבלת בלבד, כלומר משתייכים לאחת משלוש הרמות הראשונות. כך, למשל, כטב"מים אמריקאיים מסוג "פרדטור", המשמשים לתקיפת מטרות על

הקרקע (נכון ל-2012 – בעיקר באפגניסטן), שולטים ומפקחים על הנחיתה, ההמראה והשהיה באוויר ברמה גבוהה של אוטונומיות, אולם תכנון המשימה, פעולת זיהוי המטרה והתקיפה מונחים ונשלטים על ידי מפעיל אנושי מתוך קרון בקרה הנמצא על הקרקע (לרוב בתוך גבולות ארצות הברית, גם כשהכלי טס באפגניסטן).

כלים הנשלטים באופן מלא על ידי מפעיל אנושי קיימים ונמצאים בשימוש ברמות נמוכות כבר מראשית המאה העשרים. שינויים דרמטיים יתרחשו בהם ככל הנראה בעשרים השנים הבאות, אם יתממשו התחזיות הטכנולוגיות והכלים יאפשרו לא רק התרחקות של המפעילים משדה הקרב, אלא גם יהפכו לאוטונומיים ברמה שתייחר את הצורך במספר המפעילים הדרוש כיום. שינוי טכנולוגי כזה גם יוביל לשינוי דרמטי בשדה הקרב.

מונח נוסף שנשמע רבות בהקשר של לוחמה בלתי מאוישת הוא "רובוט". כדי שכלי יוגדר כרובוט, הוא חייב ליהנות מרמה של אוטונומיות שתאפשר לו לפעול על פי ההגדרה המקובלת, כלומר על בסיס העקרונות של "חוש-חשוב-פעל", ולכלול את הרכיבים הבאים, המאפשרים לו לפעול:

חיישנים (סנסורים) המנטרים את הסביבה ומסוגלים להבחין בשינויים בה. **מעבדים** – מכונים גם "בינה מלאכותית" ומחליטים כיצד הרובוט יגיב. **"אפקטור"** – פועל באופן המייצג את ההחלטה ויוצר שינוי בעולם שסביב הרובוט.

כאשר שלושת החלקים הללו פועלים יחדיו, הרובוט הוא בעל פונקציונליות של אורגניזם מלאכותי. כלי שחסר את אחד המרכיבים הללו, אינו "רובוט".¹¹ כלים בלתי מאוישים רבים מורכבים מחיישנים, אפקטורים ומעבדים פשוטים, כך שתהליכי החשיבה מבוצעים בעיקר על ידי בינתו של המפעיל האנושי, ולכן גם הם אינם עונים להגדרה של "רובוט".

כלים למטרות אזרחיות

מאמר זה מתמקד בתחום הצבאי, אולם לא ניתן להתעלם מהתחום האזרחי, בעיקר בשל השפעה הדדית בין שני התחומים וזליגה של פיתוחים מתחום אחד לתחום אחר. כלים בלתי מאוישים, החל מרובוטים תעשייתיים ברמות שונות של אוטונומיות, הופכים לנפוצים יותר ויותר במפעלים ובאתרי יצור בתחום האזרחי. מדובר בכלים שהם התפתחות של מכונות, שמקובל לקשר אותן עם המהפכה התעשייתית והטכנולוגית. יחד עם זאת, התחום התעשייתי אינו גורם יחיד במהפכת הכלים והמערכות הבלתי מאוישים. רובוטים מאומצים בעשורים האחרונים גם בתחומי הרפואה, השירותים ועבודות הבית. הבולט מבין כל

התחומים הוא תחום הרפואה, וכבר כיום נמצאים בשימוש רובוטים רבים לצורך סיוע בניתוחים, כמו גם לשיטוט עצמאי בתוך גוף החולה למטרות רפואיות.

יתרונות התחום הבלתי מאויש

לשימוש בכלים בלתי מאוישים וברובוטים מגוון יתרונות וגם כמה חולשות. יוצגו כאן שלושה יתרונות בולטים בלבד. היתרון הראשון הוא **צמצום הסיכון לחיי לוחמים בשדה הקרב**. השימוש בכלים אלה מאפשר הגדלת המרחק של הלוחמים מגורמי סכנה אליהם היו חשופים בעבר. במקרים מסוימים, הכלים אף מאפשרים להוציא את המפעילים אל מחוץ לשדה הקרב (כמו במקרה של מפעילי כטב"מ מסוג "פרדטור"). במדינות דמוקרטיות ליברליות, המקדשות חיי אדם, ובמקביל משמשות כמדינות המובילות את מגמת הפיתוח והשימוש בכלים בלתי מאוישים, יש שיטענו שצמצום הסיכון לחיי לוחמים בשדה הקרב הוא היתרון הראשון במעלה.

יתרון נוסף של כלים אלה הוא **מזעורם ודיוקם**. הכלים שפותחו בעיקר בשני העשורים האחרונים, בעידן של ריבוי עימותים מוגבלים המתאפיינים באסימטריה חריפה ושל ריבוי מצבים של לחימה אורבנית, מתאימים להשגת מטרות בעימותים אלה יותר מאשר כלים שפותחו לאור תפיסות של מלחמה כוללת בין-מדינית. כלים אלה גם מדגישים את האסימטריה בין המדינות המודרניות, העושות שימוש בטכנולוגיה מתקדמת לצרכי לחימה, ובין יריביהן – ארגונים לא-מדינתיים אלימים, הנלחמים לעיתים באמצעים פרימיטיביים נגד מדינות. השימוש בכלים ממוזערים ומדויקים מסייע להתמודד עם חלק מן האתגרים שלחימה מסוג זה מציבה, ובעיקר לצמצם נזק סביבתי ופגיעה בלא-לוחמים, משום שרובם מדויקים יותר מאשר הדור הקודם של הכלים המאוישים.

היתרון השלישי של השימוש בכלים בלתי מאוישים הוא **החיסכון הכלכלי**. הפעלתם של כלים בלתי מאוישים עשויה להוזיל מאד בעתיד את עלויות האחזקה של צבא מודרני. מדובר בשינויים שהשפעתם בשלב זה מצומצמת בשל העלויות הגבוהות של פיתוח ורכש. החיסכון העכשווי בא לידי ביטוי בעלותם הנמוכה של חלק מהכלים, הנובעת ממגמות של מזעור זמינות של טכנולוגיות. הוא צפוי לגדול בעיקר כאשר הטכנולוגיה תאפשר הפעלתם של מספר כלים רב על ידי מפעיל אחד, או עם הפיכתם של כלים לאוטונומיים – מה שעתיד לחסוך מספר רב של משכורות למפעיליהם. חרף העלויות הגבוהות של הכלים הבלתי מאוישים כיום, ניתן למצוא גם בהם ממד של חיסכון כלכלי (למשל, באותם מקרים בהם כלי בלתי מאויש נפגע. בניגוד ללוחם אנושי, כלי כזה לא מותיר אחריו משפחה שיש לתמוך בה מבחינה כלכלית). המגמות של צמצום העלויות בעתיד הן מן המכריעות לכיוון של העדפת כלים בלתי מאוישים, וזאת מתוך הבנה שמדובר בפתרון שבטווח הארוך יהיה זול יותר מן המצב הקיים.

כלים בלתי מאוישים בארצות הברית – התפתחותם ותוכניות לעתיד

היתרונות שהוצגו לעיל ויתרונות נוספים, לא נעלמו מעיני הממשל האמריקאי, כאשר הכריז בשנת 1999 על תוכנית Future Combat System – FCS, שכללה שינויים מרחיקי לכת במבנה האוגדות הקרקעיות, הפעלתן ואימוניהן. תוכנית זו כללה, בין השאר, החלפה של כלים מאוישים רבים בכלים בלתי מאוישים. על פי התוכנית, היו עתידים לפעול, זה לצד זה, החל משנת 2015, כלים מאוישים ובלתי מאוישים באוויר וביבשה ולתקשר ביניהם באמצעות מערכת מידע אחודה.¹² בשנת 2009, בשל קשיים לעמוד במסגרת התקציבית ובלוח הזמנים שהוגדר לפרויקט, הוחלט על צמצום התוכנית, בעיקר בתחום הכלים הבלתי מאוישים. גם התוכנית החלופית שנבחרה – Brigade Team Combat Management – BTCM – כוללת מספר גדול של כלים בלתי מאוישים, העתידים להתווסף לכוחות או להחליף כלים מאוישים שעתידים לצאת משימוש.¹³

התוכנית החדשה נמצאת בשלבי יישום, אולם עוד בטרם מימושה המלא החלו כלים בלתי מאוישים לתפוס מקום מרכזי בשדה הקרב. כפי שצוין קודם לכן, הכוחות האמריקאיים הפועלים בעימותים במזרח התיכון, בעיקר באוויר וביבשה, עושים שימוש רב בכלים כאלה,¹⁴ והתמהיל שלהם (בין לוחמים לרובוטים) מעיד על שינוי דרמטי, תוך פרק זמן קצר יחסית. לאור התוכניות העתידיות והמספרים הקיימים, אין ספק כי ארצות הברית היא המעצמה המובילה בתחום הכלים הבלתי מאוישים. למשל, כאשר ארצות הברית נכנסה לראשונה לאפגניסטן, בשנת 2001, עמד לרשותה מספר לא גדול של כלי טיס בלתי מאוישים – אף אחד מהם לא חמוש – ולא היו ברשותה כלים בלתי מאוישים לשימוש ביבשה. כעשר שנים לאחר מכן, ארצות הברית עושה שימוש ביותר מ-8,000 כלי טיס בלתי מאוישים.¹⁵ השינוי בארצות הברית חל לא רק במגמות הרכש, אלא גם בתמהיל של הפעלת הכוח. הדבר בא לידי ביטוי בשינוי דרמטי בשעות הטיסה של כטב"מ מדגם "פרדטור", שהפעלתו החלה בתחילת שנות אלפיים: עד שנת 2009 הוא ביצע 295,000 שעות טיסה, וכעבור שנה אחת כבר חצה את קו מיליון שעות הטיסה.¹⁶ מספר העימותים בהם מעורבת ארצות הברית לא גדל באותה שנה, ולכן השינוי משמעותי עוד יותר. עדות לכך שהשינוי היה פועל יוצא של החלטת ממשל אובמה ולא מקרי, ניתן לראות בדיווחים על רצון הממשל לקבוע, לפני הבחירות לנשיאות בנובמבר 2012, נהלים לחיסולים ממוקדים של טרוריסטים באמצעות כטב"מים.¹⁷ הדבר גם מעיד על החשיבות שהממשל מייחס לכלי זה ולשימוש בו במסגרת הלוחמה בטרור.

העדפתם של כלים בלתי מאוישים באה לידי ביטוי גם מבחינה תקציבית. על פי מפת הדרכים האמריקאית למערכות בלתי מאוישות, הוקצה לפיתוח כלים בלתי

מאוישים תקציב של יותר משישה מיליארד דולר לשנה, בין השנים 2011–2015.¹⁸ מדובר בכמעט עשרה אחוזים מתוך כשבעים מיליארד דולר לשנה – התקציב הכולל המוקצה למחקר, פיתוח, בחינה והערכה בתקציב הביטחון של ארצות הברית.¹⁹

תחום הכלים הבלתי מאוישים ברחבי העולם

פיתוח של טכנולוגיות חדשות, כמו גם ייצורן והטמעתן, דורשים השקעה תקציבית ניכרת. למרות זאת, ארצות הברית אינה פועלת לבדה בתחום זה. מדינת ישראל מהווה גם היא, באופן מפתיע יחסית לגודלה ולכלכלתה, מעצמה בתחום המערכות הבלתי מאוישות. כמה חברות ישראליות פעילות בתחום זה ואף מייצאות מערכות בלתי מאוישות ושירותים נלווים למדינות שונות בעולם. אולם, למרות המקום המרכזי שישראל תופסת בתעשיית הכלים הבלתי מאוישים העולמית, היא אינה המובילה אחרי ארצות הברית במונחים של רכש והצטיידות. כמה מדינות מצוידות בכמויות גדולות של כלי טיס בלתי מאוישים כבדים או בינוניים (חלקם למשימות תקיפה). בין המדינות שיש ברשותן עשרות כלים כאלה: בריטניה, צרפת, מצרים, טורקיה, סינגפור, וכן מדינות נוספות שמספר הכלים הבלתי מאוישים שהן מפעילות אינו ידוע.²⁰

התפתחותו של תחום הכלים הבלתי מאוישים משפיעה, באופן מטריד אך לא מפתיע, גם על התנהגותם ומאמצייהם של ארגונים לא־מדינתיים אלימים, כגון חזבאללה וחמאס. ארגונים אלה מנסים, ולעיתים אף מצליחים, לפתח או לרכוש ולהפעיל כלים בלתי מאוישים, כמו מטוס ללא טייס שהופעל על ידי ארגון חזבאללה וחדר לישראל באוקטובר 2012,²¹ או הניסיונות של ארגון חמאס, שסוכלו במבצע "עמוד ענן" בנובמבר 2012, להפעיל כלי טיס בלתי מאוישים.²² ניסיונות אלה אינם ניסיונות ראשונים ואינם מפתיעים, לאור הוזלתן, זמינותן ונגישותן של הטכנולוגיות הנדרשות. כיום ניתן לרכוש בקלות כלים, או חלקים להרכבתם, ולשלוט בהם באמצעות טלפון נייד חכם, שלט רחוק או חיישנים המוטמעים בהם – החל מכלי טיס עם מצלמה לריגול ועד שואבי אבק רובוטיים, שלעיתים מיוצרים על ידי אותן החברות המייצרות רובוטים צבאיים (דוגמת IRobot האמריקאית). עלות הכלים היא לרוב מאות בודדות של דולרים, וניתן לרכוש אותם דרך אתרי אינטרנט שונים או בחנויות אלקטרוניקה. אותן טכנולוגיות מדף עשויות לשמש, לאחר הסבה והתאמה, ארגון טרור לצורך פעולה אלימה.

השינוי שהתחולל בעשרים השנים האחרונות בכלים הבלתי מאוישים הוא גדול ומשמעותי, החל בפיתוחים ממגוון תחומים, דרך הקצאת תקציבים ועד לשינוי במגמות ההפעלה. למרות זאת, מומחים מתחומים שונים טוענים, כי התחום הבלתי מאויש נמצא כיום היכן שתעשיית הרכב הייתה בשנת 1910, או

היכן שהייתה תעשיית המחשבים בשנת 1980,²³ כלומר שעתידו של התחום לפניו ועדיין ניצבים מולו אתגרים רבים.

האתגרים הטכנולוגיים

תחום הכלים הבלתי מאוישים מוגבל עדיין מבחינה טכנולוגית כמה היבטים. מדובר בתחום שנמצא באופן יחסי בתחילת דרכו, ולמרות שמשאבים רבים מוקצים לפיתוחו, הוא עדיין ניצב בפני מספר אתגרים טכנולוגיים שטרם נמצא להם פתרון. מצב זה לא מאפשר לכלים הבלתי מאוישים לתפוס את כל טווח המשימות שמבוצעות כיום על ידי כלים מאוישים ועל ידי לוחמים; לעיתים הוא גם פוגע באמינות הכלים הבלתי מאוישים וביכולת לסמוך עליהם אפילו לביצוע משימות אליהן הם כשירים. להלן מספר מגבלות המהוות אתגרים טכנולוגיים הניצבים בפני מפתחי הכלים הבלתי מאוישים:

טווחי ראייה מוגבלים – כלים בלתי מאוישים מסוגלים להגיע למקומות בהם לא יכול להימצא לוחם אנושי בשל מגבלות פיזיות ופיזיולוגיות. עם זאת, המגבלות שעדיין קיימות בהם, וכן מגבלות החיישנים, עדיין אינן מאפשרות טווח ורמת ראייה וזיהוי, כפי שהיו מתאפשרים לו היה נוכח אדם במקום.

קשיים בממד היבשתי – שתי בעיות בולטות במיוחד בתחום היבשתי: הבעיה הראשונה היא קושי של הכלים הבלתי מאוישים להתמודד עם מכשולים, בעיקר מכשולים שליליים (ירידות תלולות או מצוקים, למשל), התאמת הפעולה לסביבה, הקושי לזהות ולהתמודד עם שטח לא מוכר והתנועה בו. הבעיה השנייה היא הקושי בשיתוף הפעולה ובמשקי הפעלה (תקשורת) בין לוחמים אנושיים ובין הכלים הבלתי מאוישים, שהחיכוך ביניהם גדול בעיקר בממד היבשתי.

קשיים בממד התתימי – כלים בלתי מאוישים הפועלים מתחת לפני המים מושפעים מבעיות של ירידה לעומק, כגון לחץ, וכן מזרמים. לאלו מתלוות בעיות של קשר וראות גרועה, הנפוצות בתחום הימי.

איומי סייבר – קבוצת סטודנטים מטקסס ארצות הברית הצליחה להשתלט על כלי טיס בלתי מאוישים של הצבא האמריקאי בהשקעה מזערית של פחות מאלף דולר.²⁴ הדיווח על כך, ביחד עם דיווחים על השתלטות על כלים אחרים או על יירוט מידע המועבר על ידם, מעיד על בעיות של אבטחת מידע. כדוגמה מבצעית לנושא זה ניתן להביא את טענת ארגון חזבאללה, כי הפגיעה המוצלחת שלו בחיילי צה"ל, במסגרת מה שמוכר כ"אסון השייטת" בשנת 1997, התאפשרה בזכות הצלחתו ליירט מידע שהועבר ממטוס ללא טייס של צה"ל.²⁵ מעבר לזליגת מידע לאויב, החשש הגדול הוא מהשתלטות עוינת של גורמים שונים על כלים בלתי מאוישים, שתוציא אותם משימוש ואף תפנה אותם נגד שולחיהם.

לאתגרים שהוצגו לעיל, מצטרפות השפעותיהם של האילוצים התקציביים והמצב הכלכלי העולמי על יכולות ההשקעה בפיתוח, וכן בעיות של משך הפיתוח הטכנולוגי, המתארך לעיתים ומקשה על עמידה בלוח הזמנים – מצב בעייתי, בעיקר כאשר מדובר בכלים המיועדים להחליף כלים מאוישים מיושנים היוצאים מכלל שימוש; נראה שהאתגרים הטכנולוגיים עשויים להיפתר בקלות רבה יותר מאשר האתגרים שאינם טכנולוגיים.

אתגרים שאינם טכנולוגיים ולקחים מן העבר

גורמים נוספים מלבד האתגרים הטכנולוגיים משפיעים על התפתחותם של כלים בלתי מאוישים. כפי שהוזכר קודם לכן, המדינות המובילות את התפתחותן של תחום זה הן מדינות דמוקרטיות ליברליות, בהן מתקיים מעת לעת שיח ציבורי על אופיים של כלים אלה והפעלתם. לאחר כעשר שנים של הפעלה אמריקאית וישראלית אינטנסיבית של כלים בלתי מאוישים, בעיקר באוויר, לא ניתן להתעלם מהשפעת יציאתו (במידה מסוימת) של הגורם האנושי משדה הקרב, לא רק על אופייה של הלוחמה, אלא גם על הגדרתה של המלחמה.

פיטר סינגר, מומחה לרובוטים לוחמים, טוען כי 118 התקיפות הבלתי מאוישות שביצעה ארצות הברית עד 2010 בתחומי פקיסטן לא הוגדרו כמלחמה, למרות שמדובר במספר תקיפות כפול מזה שבוצע באמצעות מפציצים מאוישים בפתיחת המבצע הצבאי בקוסובו בשנות התשעים של המאה הקודמת, שהוגדר כפתיחה של מלחמה. סינגר תוהה מה גורם ליחס זה: האם הוא נובע מכך שאותם מבצעים מנוהלים על ידי ה־CIA ולא על ידי הצבא? או משום שהקונגרס, מאותה סיבה, לא נדרש מעולם להצביע על כך? או אולי משום שדעת הקהל רואה בתקיפה בלתי מאוישת אירוע ללא עלויות? או שאולי ההגדרות של מלחמה משתנות?²⁶

המצב שתואר לעיל מעיד על כך שהרחקתו של הגורם האנושי משדה הקרב ומפני הסכנה, צמצום עלויות ושינוי דרכי פעולה עשויים לשנות את מונחי המלחמה המקובלים ואולי אף מעידים על כך שאנו עומדים על ספו של שינוי פרדיגמטי, שיוביל למהפכה חדשה בעניינים צבאיים. עיקר האתגר טמון בהסתגלות למונחים ולתפיסות חדשות, כמו גם בהבנה עמוקה של היתרונות והחסרונות של אותם כלים בלתי מאוישים.

למרות האתגר, גורמים שונים בארצות הברית, ולא רק בה, כבר מבינים את השינוי המתחולל, ואף מעלים טענות הנוגעות לו במספר היבטים. טענותיהם העיקריות מצביעות על פיגור בקצב ההסתגלות של המשפט הבין-לאומי להתפתחויות הטכנולוגיה. התחום הטכנולוגי החדש טרם זכה להתייחסות משפטית בין-לאומית מותאמת או לאמנות שמגבילות את הפעלתו – מצב שמאפיין באופן כללי טכנולוגיות שזה עתה הומצאו. לפיכך, גורמים שונים בזירה

הבין־לאומית – מדינות או שחקנים לא־מדינתיים – עשויים לנצל פרצות בחוק ולפעול בצורה שכלים אחרים לא היו מאפשרים. יתרה מכך, ארגוני זכויות אדם מביעים חשש מהפעלה לא אחראית של כלים אלה ומהפעלה עתידית של כלים בעלי אוטונומיות מלאה, העשויים לפגוע בחפים מפשע, מבלי שיהיה מי שיעצור זאת או ייתן על כך את הדין. חלק מהגורמים הללו אף קוראים לכונן אמנה לפיקוח על רובוטים חמושים.²⁷ התייחסויות אלו מצטרפות לחששות, מבוססי מדע בדיוני, מפני מערכת בעלת אוטונומיות יתר, שתצא משליטה ותפגע ביוצריה או במפעיליה, כפי שתואר למשל בסדרת הסרטים "שליחות קטלנית" ("The Terminator"): מערכת מחשב אוטונומית, שנבנתה במטרה להגן על ארצות הברית, יצאה משליטה וניסתה לחסל את המין האנושי. הסרט הראשון, שיצא לאקרנים בשנת 1984, ביטא את החשש מטכנולוגיה ממוחשבת שהחלה להיות נפוצה אז, אך מהווה השראה לחשש גם מפני האוטונומיות שמקבלים כלים בלתי מאוישים כיום.

במקביל מתעוררת שאלה מוסרית, הרלוונטית גם לגבי כלים המופעלים מרחוק: האם יתכן שרובוטים הופכים את ההריגה לקלה מדי? שאלה זו עולה על הפרק עקב היעדרותם הפיזית של המפעילים משדה הקרב והעובדה שהם אינם נדרשים לסכן את חייהם, בעוד שיש ביכולתם להביא לסיום חייו של היריב בלחיצת כפתור, באופן המזכיר לעיתים משחק מחשב. חשש זה נתמך על ידי מספר התקיפות הגבוה באפגניסטן, שהובילו למספר הרוגים רב, מתוכם מאות אזרחים.²⁸

חשוב לציין, בהקשר זה, שמגמת ההתרחקות משדה הקרב וההתגוננות אינה חדשה. סקירה היסטורית מעידה על מגמה אחידה של פיתוח כלים שאפשרו להרחיק את האדם משדה הקרב ולהגן עליו, תוך שהוא מסוגל עדיין לפגוע באויב. במסגרת מגמה זו, גדלו הטווחים של כלי הנשק וקטן הכוח הפיזי שנדרש כדי להפעילם. אנו נמצאים כיום בפני עליית מדרגה נוספת בתחום המלחמות המתבצעות ב"כוח המוח" במקום ב"כוח הזרוע". המדרגה הקודמת, של התרחקות והתגוננות, הייתה בתחילתה של המהפכה בעניינים צבאיים של שנות התשעים של המאה העשרים שאפשרה שימוש ב"חימוש מנגד" – למשל, חימוש מונחה שניתן היה להטילו מחוץ לטווח האיום של טילי קרקע־אוויר.

הממשל האמריקאי לא נשאר אדיש להסתייגויות ולחששות שעלו מקרב הציבור ונקט פעולות כדי להתמודד אתם. הפעולה הראשונה והלא רשמית של ממשל אובמה – שמאז בחירתו לנשיא בשנת 2008 אישר ביצוען של כ־300 תקיפות כטב"מים, שהובילו לקרוב ל־2,500 הרוגים מתוכם 153 אזרחים²⁹ – נועדה למנוע מההסתייגויות להשפיע על יכולתו להשתמש בכלים לא מאוישים. במסגרת זו ניסה הממשל למסד בנהלים את החיסולים באמצעות כלי טיס בלתי מאוישים עוד לפני הבחירות לנשיאות בשנת 2012, וזאת מתוך חשש שברק אובמה לא ייבחר בשנית. עם בחירתו מחדש לנשיא נדחתה היוזמה.³⁰

הפעולה השנייה של המשל האמריקאי באה כתגובה לחשש הציבורי ההולך וגובר מכלים אוטונומיים ולפעולות של ארגוני זכויות אדם בנושא זה. הצעד שביצע הממשל בהקשר זה היה פרסום הנחייה על ידי משרד ההגנה האמריקאי בנובמבר 2012, המצהירה על כך שמשרד ההגנה לא ירכוש ולא ישתמש במערכות נשק מאוישות או בלתי מאוישות בעלות אוטונומיות מלאה, וכי בכל משימת תקיפה יהיה תמיד מפעיל אנושי בחוג ההפעלה.³¹

ההגבלה הוולונטרית של הממשל את עצמו מעוררת תהיות: האם מדובר בפעולה הנובעת מחששות אמיתיים ורצון להימנע מפגיעה מיותרת בחיי אדם, או מניסיון להשקיט את התקשורת ודעת הקהל בנושא זה, במטרה לאפשר המשך התפתחותו של התחום ללא הפרעות מיותרות? האם ההגבלה שהוטלה על תחום הכלים האוטונומיים על ידי משרד ההגנה האמריקאי מספיקה? קשה לתת תשובות חד-משמעיות לשאלות אלו, אולם לצורך דיון בהן, ניתן לשאוב השראה מהגבלות שהוטלו בעבר על אמצעי לחימה אחרים.

תחום קטלני שהוגבל בעבר ברמה בין-לאומית הוא תחום הנשק להשמדה המונית, ובתוכו נשק אטומי, ביולוגי וכימי. מרבית מדינות העולם חתומות על האמנה למניעת הפצת נשק גרעיני (Nuclear Non-Proliferation Treaty – NPT).³² ניתן להשוות את התחום הגרעיני לכלים בלתי מאוישים, משום שבשניהם טמונה אפשרות לשימושים אזרחיים: לטכנולוגיה הגרעינית קיימים שימושים אזרחיים, כמו למשל תחנות כוח גרעיניות, המספקות את מרבית החשמל במדינות מסוימות; לכלים האוטונומיים הבלתי מאוישים יישומים אפשריים רבים במגוון תחומים אזרחיים.

חרף ההגבלות והפיקוח הקיימים כיום בתחום הגרעיני, התברר בעשור האחרון שקשה מאד, ואולי אף בלתי אפשרי, לעצור מדינה המתעקשת לרכוש יכולות בתחום זה. ניתן להסיק מכך שגם אם תהיינה אמנות והגבלות בנוגע לפיתוח ושימוש בכלי נשק אוטונומיים, קשה יהיה לעצור מדינה שתחליט לפתח טכנולוגיות כאלו, במיוחד אם הפיתוח ייעשה בתחומים שאינם צבאיים (ולאחר מכן יעבור הסבה לנשק קטלני, או לחלופין ייצא משליטה ויהפוך לקטלני בטעות).

כבר כיום, טכנולוגיות אוטונומיות בלתי מאוישות מפותחות ונחקרות לא רק לצרכים צבאיים, אלא גם לצרכים אזרחיים רבים ושונים, כמו תחבורה, תעשייה, שירותים, רפואה, שימושים ביתיים ואחרים. לפיכך, אם קיימת שאיפה אמיתית של ארצות הברית או של כל מדינה אחרת להגביל את תחום הכלים האוטונומיים הבלתי מאוישים, עליהן לפעול להגבלת מחקרם ופיתוחם גם באקדמיה ובחברות אזרחיות – ממש כשם שמגבילים תחומים מדעיים רגישים אחרים, כגון הנדסה גנטית. חשיבות הדבר גדולה אף יותר בתחום האוטונומי, משום שבתרחישים הגרועים ביותר עלול להיווצר מצב, בו רובוט דמוי אדם (humanoid), שיקבל

אוטונומיות מוחלטת ויכולת למידה בתחום מסוים, כגון מחקר או שירותים, עלול להפוך, עקב תקלה או כוונת זדון, לקטלני ממש כמו בן אנוש, אך בשונה ממנו, אולי גם בלתי ניתן לעצירה. אין מדובר במצב הקיים כבר כיום, אך אם קצב הפיתוח של תחום הכלים האוטונומיים הבלתי מאוישים יישמר, או אף יגדל, מבלי שיהיה מלווה בחשיבה, בפיקוח ובבקרה, הסיכונים שבו יהיו לא מתחום המדע הבדיוני, אלא יהפכו לאיומים ממשיים, שרירים וקיימים.

לקחים מן ההיסטוריה מלמדים אותנו כי לא ניתן להגביל אמצעי לחימה במהירות ובקלות. אנו למדים מההיסטוריה של התחמשות מדינות, כי השגת יכולות בתחום פורץ דרך על ידי מדינה אחת מובילה לרוב לשאיפה של מדינות נוספת להצטייד גם הן ביכולות, ולעיתים אף מובילה, במקרים של סכסוכים ומתחים קיימים, למרוצי חימוש (כמו בתחום הגרעיני). העובדה שהוזלתו וזמינותו של תחום הכלים הבלתי מאוישים הובילה לזליגתו גם לארגונים לא-מדינתיים אלימים, מחזקת את ההשערה שקשה יהיה לעצור את התפתחותו, וכי גם מדינות שלא ירצו להשתתף במרוץ ההצטיידות הבלתי מאוישת, יאלצו לעשות כן למטרות של הרתעה והתגוננות ולא יוכלו להרשות לעצמן לפגר מאחור.

לחשש מפני מרוץ חימוש מתמשך ויקר על ידי מגוון של ארגונים ולא רק על ידי מדינות, מתווספת דילמה אתית: גורמים אחראיים ומוסריים, שעוסקים ויעסקו בפיתוח ובשימוש בכלים בלתי מאוישים, יידרשו להכריע בדילמות הקשורות ליכולות של מכונות לפגוע בחיי אדם ברמות שונות של אוטונומיות. דילמות דומות עשויות להתעורר סביב כל כלי בלתי מאויש, וכמובן אוטונומי, שיש ביכולתו להכריע בכל הקשור לחיי אדם (כלים בתחבורה וברפואה, כדוגמה עכשווית). דילמות אלו, ביחד עם דילמות משפטיות מהתחום המדיני והבין-לאומי, הן נושאים הראויים להעמקה במאמר נפרד.

סיכום ומסקנות

התחום הבלתי מאויש תופס מקום משמעותי בשדות הקרב של תחילת המאה ה-21. כלים בלתי מאוישים כבר מוכיחים את עצמם מבחינה מבצעית באוויר, בים וביבשה, והדבר מוביל למגמה של פיתוח והצטיידות מוגברים, בעיקר בקרב כוחות לוחמים של מדינות דמוקרטיות, אך לא רק בהן. מגמה חדשנית זו מובילה לשאלות ותהיות בתחומים שונים, שהבולט בהם, נכון לשנת 2012, הוא תחום המוסר והמשפט. הדבר הביא בשנים האחרונות לקריאות להגביל את הפיתוח והשימוש בכלים אלה, אך חרף זאת, ועל אף סימני השאלה המוסריים שתחום זה מעלה, גדל באופן ניכר השימוש בכלים בלתי מאוישים.

מגמת השימוש המוגבר בכלים בלתי מאוישים מובלת על ידי נשיא ארצות הברית, ברק אובמה, בעיקר למטרות של תקיפות אוויריות באפגניסטן, בפקיסטן

ובתימן, במסגרת העימות האסימטרי המתמשך של ארצות הברית עם ארגונים לא־מדינתיים אלימים. הצהרות אמריקאיות בנוגע להגבלת השימוש והרכש של נשק בעל אוטונומיות מלאה מהוות בעיקר תגובה לתהודה לה זוכות הקריאות להגבלתו של תחום זה, אולם הדבר לא עוצר אותו, והוא עתיד להמשיך ולהתפתח הן בתחומים צבאיים והן בתחומים אזרחיים – בארצות הברית ובמדינות אחרות. לאור זאת ניתן להסיק, שבמצב הנוכחי קיים קושי, ואולי אף חוסר רצון, להגביל את תחום הכלים הבלתי מאוישים וכי גם אם צעדים שונים יגרמו לעיכוב, הם לא יוכלו לעצור אותו לחלוטין. אין באמירה זו כדי לטעון שאין צורך בפיקוח על תחום זה ובהגבלתו, אלא להצביע על הקושי הצפוי בכך, בשל הוזלתו וזמינותו, כמו גם בשל שימושיו האזרחיים העכשוויים והעתידיים. לאור זאת חשוב שמקבלי ההחלטות והציבור יהיו ערים ליתרונות ולפוטנציאל הגלומים בתחום הכלים הבלתי מאוישים, וכן לסיכונים הטמונים בו, ויתייחסו לנושא זה בכובד ראש.

הערות

- 1 U.S. Department of Defense, *Unmanned Systems Integrated Roadmap FY2011-2036*, p. 46,
[http://www.defenseinnovationmarketplace.mil/resources/Unmanned Systems Integrated Roadmap FY2011.pdf](http://www.defenseinnovationmarketplace.mil/resources/Unmanned%20Systems%20Integrated%20Roadmap%20FY2011.pdf); U.S. Department of Defense, *Unmanned Aircraft Systems Roadmap 2005-2030*,
https://www.fas.org/irp/program/collect/uav_roadmap2005.pdf.
- 2 U.S. Department of Defense, *Directive Number 3000.09*, November 21, 2012,
<http://www.dtic.mil/whs/directives/corres/pdf/300009p.pdf>.
- 3 David Axe, "One in 50 Troops in Afghanistan is a Robot", in: *WIRED.COM*, July 2, 2011,
<http://www.wired.com/dangerroom/2011/02/1-in-50-troops-robots>.
- 4 Charles Levinson, "Israeli Robots Remake Battlefield", *The Wall Street Journal*,
 Online version: 13.1.2010,
<http://online.wsj.com/article/SB126325146524725387.html>.
- 5 ענבל אורפז, "כשיש נגיעה בגדר המערכת, אפשר להקפיץ רובוטים במקום חיילים", *הארץ*, המהדורה המקוונת, 4 בספטמבר 2012,
<http://technation.themarker.com/hitech/1.1816281>;
 "Axe, One in 50 Troops in Afghanistan is a Robot."
- 6 Peter Warren Singer, *Wired for War: The robotics revolution and conflict in the twenty-first century*, New York: Penguin Press, 2009, pp. 114-115.
- 7 Gerald Mies, "Military Robots of the Present and the Future", in *AARMS*, vol. 9, No. 1 (2010), p. 131.
- 8 עוד על כלי טיס בשירות צה"ל בעשורים השונים, ראו אתר חיל האוויר הישראלי ברשת:
<http://www.iaf.org.il/>
- 9 יצחק בן ישראל, *מלחמת הטילים הראשונה*, נייר עמדה, בית הספר לממשל ולמדיניות ע"ש הרטוק, אוניברסיטת תל אביב, מאי 2007, עמ' 46-47.
- 10 U.S. Department of Defense, *Unmanned Systems Integrated Roadmap FY2011-2036*, 10

- p. 46.
- Peter W. Singer, *Wired for war*, p. 67. 11
- Hans Ulrich Kaeser, *The Future Combat System: What Future Can the Army Afford?*, CSIS, February 5, 2009, 12
http://csis.org/files/media/csis/pubs/090205_fcsarmy.pdf (Last access: 24.12.12), pp. 4-10.
- U.S. Department of Defense, *New Release: Future Combat System (FCS), Program Transitions to Army Brigade Combat Team Modernization*, June 23, 2009, <http://www.defense.gov/releases/release.aspx?releaseid=12763>. 13
- David Axe, "One in 50 Troops in Afghanistan is a Robot". 14
- Peter W. Singer, *The Robotics Revolution*, Brookings, December 11, 2012, 15
<http://www.brookings.edu/research/opinions/2012/12/11-robotics-military-singer>.
- UAV Market: Predator-Series UAVs Reach One Million Flight Hours*, Defense 16
Market, April 10, 2010, <http://www.defensemkt.com/?p=238>.
- Scott Shane, "Election Spurred a Move to Codify U.S. Drone Policy", *The New York Times*, November 24, 2012, 17
<http://www.nytimes.com/2012/11/25/world/white-house-presses-for-drone-rule-book.html?pagewanted=all>.
- U.S. Department of Defense, *Unmanned Systems Integrated Roadmap FY2011-2036*, 18
p. 13.
- U.S. Department of Defense, *The Budget for Fiscal Year 2013*, p. 83 <http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/omb/budget/fy2013/assets/defense.pdf>. 19
- The Military Balance 2011*, Institute for Strategic Studies, vol. 111, issue 1: The 20
war in Afghanistan; Unmanned aerial vehicles: emerging lessons and technologies; Cyberspace: assessing the military dimension, p. 24-26,
<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/04597222.2011.559831>.
- Paul Rogers, "Remote Control – a New Way of War", *ISN ETH Zurich*, December 21
12, 2012, 21
<http://isn.ethz.ch/isn/Digital-Library/Special-Feature/Detail?lng=en&id=156055&contextid774=156055&contextid775=156053&tabid=145343154>.
- דובר צה"ל, "הושמדה תשתית כטב"מים שפיתח חמאס ברצועת עזה, 16 בנובמבר, 22
<http://www.idf.il/1133-17623-he/Dover.aspx>. 2012
- Peter W. Singer, *Unmanned Systems and Robotic Warfare*, Brookings, March 23, 23
2010, <http://www.brookings.edu/research/testimony/2010/03/23-unmanned-systems-singer>.
- Snejana Farberov, "How a team of students HIJACKED a drone in midair – all for a \$1,000 bet with U.S. government", *The Daily Mail Online*, June 29, 2012, <http://www.dailymail.co.uk/news/article-2166796/How-team-students-HIJACKED-drone-midair--1-000-bet-U-S-government.html#ixzz2Fzx6ZsD1>. 24
- אבי יששכרופ וג'קי חוגי, "נסראללה: ארבנו ללוחמי השייטת ב-97' בעזרת תצלומי מזל"ט שיירטנו", *הארץ*, הגרסה האינטרנטית, 10 באוגוסט 2010, 25
<http://www.haaretz.co.il/misc/1.1216000>
- W. Singer, *Unmanned Systems and Robotic Warfare*. 26
- International Committee for Robot Arms Control, "Who We Are", <http://icrac.net/who/>. 27

- “March of the Robots”, *The Economist*, June 2, 2012, <http://www.economist.com/node/21556103>. 28
- Bill Roggio and Alexander Mayer, “Charting the data for US airstrikes in Pakistan, 2004-2013”, *The Long War Journal*, <http://www.longwarjournal.org/pakistan-strikes.php> 29
- Shane, “Election Spurred a Move to Codify U.S. Drone Policy”. 30
- U.S. Department of Defense, **Directive Number 3000.09**. 31
- United Nations Office for Disarmament Affairs, “Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons (NPT)”, <http://www.un.org/disarmament/WMD/Nuclear/NPT.shtml>. 32