

צוותי לחימה משולבים - מאויש ובלתי מאויש

הטכנולוגיות האזרחיות התקדמו רבות בתחומי כושר המחשוב, המזעור, הבינה המלאכותית והתקשורת המהירה. הפעלת כוח משולב, מאויש ובלתי מאויש, מחייבת מעורבות מועטה של אדם הנסמכת על הרבה יכולות אוטונומיות מתקדמות. המאמץ הרב שצריך להשקיע בפיתוח ובהטמעה הכרחי לשימור העליונות הצבאית של ישראל בעתיד הקרוב והרחוק

לייעל את האינטראקציה בין אדם למכונה וליצור צוותים משולבים, שייעלו את אופן תכנון הקרב ואת הלחימה עצמה, ויחזקו את העוצמה הביטחונית. כשם שקורה בתחומים נוספים, גם בתחום זה יש חשיבות גדולה ליכולת של אדם יחיד לנהל ולהפעיל כלים רבים באופן פשוט ואינטואיטיבי. לשם כך מפותחים ממשקים כמו ממשק מוח-מכונה - מכשירים המאפשרים לתקשר עם מחשבים באמצעות פעילות מוחית



סייבר בצה"ל. בצה"ל מנסים להטמיע יכולות בינה מלאכותית במערכים שונים, ובאופן טבעי יחידות עם תרבות ארגונית מתאימה ושיש בידיהן יכולות מחשוב גבוהות, כגון יחידה 8200, מקדימות את השאר. צילום: דו"ץ

סטיבן הוקינג אמר: "עליית הכוח של הבינה המלאכותית היא הדבר הטוב ביותר או הדבר הרע ביותר שיקרה לאנושות, ואנחנו עדיין לא יודעים איזו מבין האפשרויות תתממש". אף על פי שאין לנו יודעים לאן תוביל הטכנולוגיה בתחומי הבינה המלאכותית, הרובוטיקה והתקשורת, היא לא עוצרת ומתקדמת אל עבר שילוב בין אדם ובין מכונות (רובוטים ומחשבים)¹, שיתוף פעולה שיהפוך אותם גם לצוות לוחם.

בלבד, שכיום משמשים בעיקר להתקנים רפואיים, ביניהם שתל קוכליארי (התקן שמיעה) וגפיים רובוטיות.⁷ מאמר זה טוען שצבאות הרוצים לשלב רובוטיקה ובינה מלאכותית בדרג הטקטי צריכים לכוון את התפיסה, הטכנולוגיה ושאר אבני הבניין של כוחם לצמ"ם (צוות אדם-מכונה), וכן המאמר מציע דרך וכלים לשילוב צמ"ם בצוותי הקרב בדרגים הנמוכים ככל הניתן.

הטכנולוגיות שעליהן נשען הצמ"ם

הפריצות הטכנולוגיות החשובות לפיתוח הצמ"ם הן הבינה המלאכותית,⁸ הלמידה העמוקה (Deep Learning),⁹ כושר המחשוב המשופר ומזעור הרכיבים. כל אלה פועלים על בסיס השיפור בתקשורת.¹⁰ התגברות כושר החישוב מסייעת להבנת תמונת המצב, המזעור מאפשר להקטין את הפלטפורמות הראשיות ולשלב את רכיבי המחשוב, התקשורת והחיישנים במערכות הלחימה. הבינה המלאכותית המבוססת על הגדלת כושר החישוב ועל למידת מכונה עמוקה תייעל גם את יכולת האדם והמכונה בשדה הקרב, ותאפשר למכונה לקבל החלטות באופן אוטונומי ותשפר את קבלת החלטות האנושיות. הציפייה היא שבעתיד יתרונו הטכנולוגיה יעלו על יתרונות האדם. החלק הבלתי מאויש או הבלתי אנושי בצמ"ם הוא הרובוטים. הרובוטים הם המימוש הפיזי של הבינה המלאכותית. יש

ההתפתחויות הללו מחוללות כבר כיום שינויים בשדות הקרב ובאופן הלחימה, וזו רק ההתחלה.²

הטכנולוגיות המתפתחות טומנות בחובן הבטחות רבות, אך הן גם פוגעות בתפקוד המיטבי של המפקדים והלוחמים בגלל עומס חזותי, עומס עבודה מוגבר, ריבוי הסחות דעת, ריבוי משימות וקשיי עיבוד מידע סותר. אולם שימוש נכון בטכנולוגיות המתקדמות יהפוך את החסרונות הקיימים ליתרונות בשדה הקרב, כפי שאמר פול שארר: "המנצח של מהפכת הרובוטים יהיה לא זה שיפתח ראשון את הטכנולוגיה, ואפילו לא זה שיש לו את הטכנולוגיה הטובה ביותר, אלא מי שיבין איך להפיק מהשימוש בה את המיטב".³

בצה"ל מנסים להטמיע יכולות בינה מלאכותית במערכים שונים,⁴ ובאופן טבעי יחידות עם תרבות ארגונית מתאימה ושיש בידיהן יכולות מחשוב גבוהות, כגון יחידה 8200, מקדימות את השאר.⁵ עם זאת מה עם הטמעת בינה מלאכותית ביחידות הלוחמות בשדה הקרב היבשתי?

צמ"ם (צוות מאויש ובלתי מאויש) הוא מונח המתאר מסגרת לוחמת המשלבת בני אדם ורובוטים (Manned-Unmanned Teaming).⁶ החיבור בין צוותים של אדם לרובוטים הוא אמצעי להגברת היכולות הקוגניטיביות והפיזיות. דוגמה לכך אפשר לראות במערכות עזר לנהיגה כמו מערכות לשמירת מרחק, בהקשר הביטחוני צבאות בעולם מחפשים דרכים

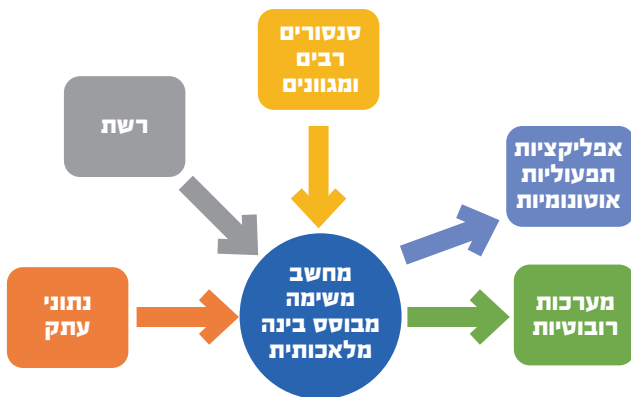


אל"ם (מילי) שמעון בן מימון (שב"ם),
מנכ"ל חברה ביטחונית

העוסקת בשילוב אדם-מכונה המנחה את כל הזרועות והגופים שבניין הכוח.¹⁴ חיל האוויר האמריקני מפתח את תפיסת Loyal Wingman שבו מטוס מאויש משתף פעולה עם מטוס-רובוט.¹⁵ כוחות היבשה האמריקניים פועלים לשילוב של כוחות מאוישים עם רובוטיים.¹⁶ צבא ארצות-הברית בוחן גם שילוב בין אדם למכונה חישובית ליצירת מטרות וחיבורן למערכות נשק לצורך תקיפה מדויקת ומהירה יותר שבהן תפקידי האדם מצטמצמים להכוונה ראשונית ולאישור הירי (הפללה).¹⁷ הגם שצבאות ממשיכים להשקיע בטכנולוגיות חדשניות ולקדם תחומים חדשים, לפחות בתחילה,¹⁸ דומה שבחלק מהתחומים המצב כיום הפוך – הצבאות והתעשיות הביטחוניות מנסים להשתמש בידע וטכנולוגיה "אזרחית" למטרותיהם.

הצמו"ם - תפיסה ומערכת

תפיסת הצמו"ם הנוכחית מציעה התקדמות תפיסתית-טכנולוגית. זו "מערכת" שעשויה לשפר את היכולת לאתר אויב, להפיק מודיעין, לקבל החלטות ולתקוף מטרות. הדרישות המבצעיות העיקריות מהצמו"ם הן סיוע למפקד ולקציני המטה שלו בקבלת החלטות, אחיזת מרחב (או אחיזת נפח כשמדובר גם על הממד האווירי) ורכישת מטרות בחתימה נמוכה, במהירות ובדיוק גבוה.



מבנה הצמו"ם ותוצריו

הצמו"ם מורכב ממחשב משימה ("המוח") שתפקידו בין היתר הם לעבד את המידע המתקבל ואת המשימה, לתכנן בהתאם את תוכנית הפעולה של הצמו"ם, ולעקוב אחר הביצוע שלה; מאפליקציות תפעוליות אוטומטיות ואוטונומיות; וממערכות רובוטיות המופעלות על-ידי מחשב המשימה. נוסף על כך בצמו"ם מאוגדים רובוטים המכונים "שליחים אוויריים" שתפקידיהם העיקריים יהיו אחיזת שטח,¹⁹ מיפוי אווירי, איתור אויב, תקיפה ותקשורת; ו"שליחים קרקעיים" שתפקידיהם העיקריים יהיו סיוע בפתיחת צירים וסילוק מכשולים, נשיאת אמל"ח קטלני, השתתפות בעירור והטעיה ונשיאת מטענים שונים, בין היתר עבור כוחות רגליים.

מחשב המשימה מתכנן את תוכנית הפעולה של הצמו"ם, עוקב אחר הביצוע שלה ומתריע בהתאם ומספק שירות של תכנון וקבלת החלטות באופן אוטונומי (או סמי-אוטונומי) בכל שלבי המשימה בסביבה מבוזזת. לדוגמה, מחשב המשימה ישלח את השליחים האוויריים והקרקעיים למשימות הסיור והמודיעין שלהם, יקבע את מיקום מערכות הנשק המאוישות והבלתי מאוישות מול האויב על בסיס מודיעין מקדים וינחה על שינוי

הבדל בין רובוט שמחליט וגם מבצע פעולות בעולם הפיזי, ובין אלגוריתם שרק מסייע לאדם לקבל את ההחלטה, אך יש גם קשר ביניהם. התפתחות היישומים עד כה מזוהה במספר מגמות טכנולוגיות, שכולן התקדמו במהירות בעשורים האחרונים, וכתוצאה מכך חיזקו גם את הרובוטים הכוללים אותן:¹¹

מזעור ושיפור ביכולות חישוביות – יכולותיהם של מחשבים התפתחו במהירות בעשורים האחרונים, בהתאם לחוק מור.¹² התפתחות זו הייתה חשובה במיוחד עבור רובוטים, מאחר שאלה תלויים בארכיטקטורת המערכת ובחומרה שהם יכולים לשאת עליהם. לא ברור עד כמה אפשר להמשיך ולמזער את רכיבי החישוב שעל הרובוט, אך טכנולוגיות האלחוט אמורות להעביר חלק גדול מהנטל החישובי של הרובוט לענן או למחשבים סמוכים. הקישוריות היא גם נקודת תורפה.

קישוריות גוברת – כיום יכולים רובוטים רבים להתחבר לאינטרנט ולהעביר לענן חלק מהנטל החישובי – כולל מטלות של עיבוד ראייה, זיכרון וזיהוי עצמים. על כן אין צורך באותו מספר רכיבים על הרובוט עצמו. המערכות הרובוטיות תהיינה בעלות יכולות קישוריות משופרות. ללא התפתחות אלה נתקשה לממש את הפוטנציאל הקיים בשאר הטכנולוגיות החדשות. השיפור בתקשורת הוא חיוני, שכן נדרשת תקשורת רבה יותר על יכולת העיבוד. ללא תקשורת שכזו כל המידע ועיבודו, שנעשה במקומות אחרים משדה הקרב, איננו רלוונטי לחימה העכשווית.

שיפור בטכנולוגיות החיישנים – הרובוטים מסתמכים על חיישנים לצורך תפקוד בסביבה משתנה. השיפור המתמיד בטכנולוגיות החיישנים הביא להתייעלות הרובוטים עצמם. מגמה זו צפויה להמשיך מאחר שעולם התעשייה מתרכז כיום במזעור החיישנים, בהגדלת מגוון תחומי החישה שלהם ובהוזלת מחיריהם. כמו כן יכולות עיבוד ומחשוב בחיישנים עצמם יוכלו להפחית את העומס על התקשורת, על מאגרי המידע ועל המערכות המרכזיות. נוסף על כך, הדבר יאפשר להפוך קבוצת חיישנים מחוברים, לדוגמה בכלי רק"ם בודד, למרכז עיבוד "מקומי" עבור משימותיו המיידיות של הרק"ם או צוות הקרב שאליו הוא משתייך, שתוצאות העיבוד שלו אינן זקוקות לאישור ואישוש של רמות גבוהות יותר.

הצמו"ם בעולם

"The real problem is not whether machines think but whether men do"

(B.F. Skinner)

צבאות מתקדמים מבינים שבעתיד הקרוב שילוב אדם-מכונה יהיה חשוב ליצירת עליונות בשדה הקרב ואף ישפיע על האופן שבו נילחם.¹³ ב-2018 פרסם משרד ההגנה של בריטניה תפיסה



מערכת בעתיד תוכל לחשוב באופן תחבולני? למרות הקשיים המרובים, מערכת תחבולנית היא כיוון שיש לצעוד אליו, לפחות בעתיד הנראה.

על בסיס עירור השטח, תגובת האויב ויצירת מידע עליו באמצעות החיישנים של המסגרת ומידע וידע המגיעים ממסגרות שכנות ומרמות ממונות, נדרש ליצור תמונת מצב אויב ומטרות. כיום המודיעין בדרג הטקטי הלוחם מוזן ברובו מלמעלה, ובכך דרג זה מפסיד מידע רב וזמן חיוני לקבלת החלטות ולתקיפת מטרות. תיקון מצב זה מחייב שילוב נוסף של יכולות הבינה המלאכותית באמצעות קא"ם (קמ"ן אוטונומי מבוזר) לכל מפקד ולכל פלטפורמה – "מודיעין כוונת". הקא"ם כולל מנגנון הפללת מטרות ויצירת הזדמנויות תקיפה בהתבסס על מידע שנוצר מלמטה בזמן אמת וידע מקדים ובזמן אמת על השטח ועל האויב. זהו צעד נוסף למערכות בינה מלאכותית המיועדות לסייע בקבלת החלטות, אשר ניצנים שלהן כבר החלו לשמש בצה"ל.²¹

מודעות למצב היא היכולת להבין את

מצב הכוח, הכלים, האויב והשטח מול המשימה והמשאבים ברגע נתון, והיכולת להשפיע על קבלת ההחלטות האוטונומיות והאנושיות. המודעות מורכבת ממודעות עצמית למצב – זו המודעות של הצמו"ם עצמו ורכיביו; וממודעות מסגרתית למצב (Team Situational Awareness) – זו הנוצרת על-ידי המסגרת שבה פועל הצמו"ם או על-ידי המודעות שמשרתת את המסגרת הזו. מודעות למצב היא תוצר של תהליך המנהל ומפעיל בזמן אמיתי חיישנים, אלגוריתמים ותהליכי עיבוד, ובכלל זה משלב מידע ממקורות הצמו"ם ומקורות חיצוניים.

מקומם של המפקד והבינה

המלאכותית בצמו"ם

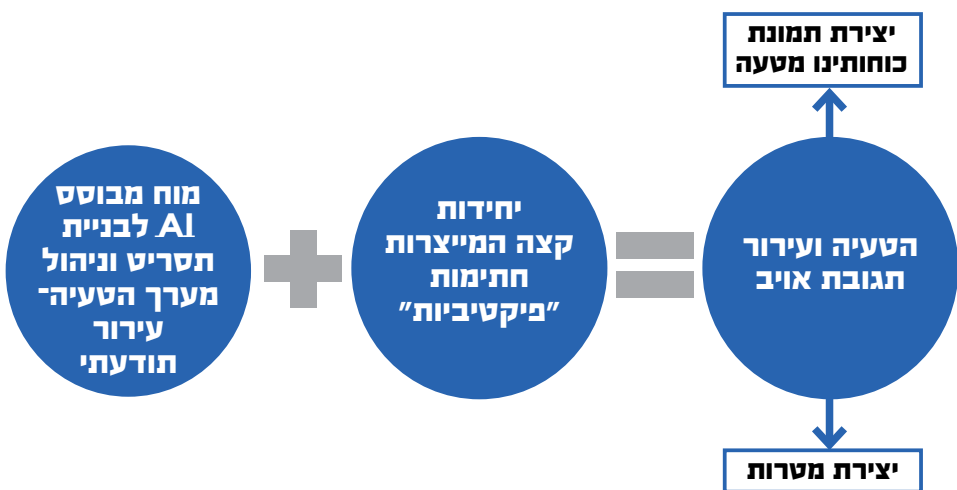
המפקד מגדיר את המשימה ואת תא השטח שבה מבוצעת משימת הצמו"ם כחלק ממשימת צוות הקרב שעומד לרשותו. בעוד שהאדם קובע אילו רובוטים עומדים לרשות הצמו"ם, מחשב המשימה קובע את תוכנית הפעולה של הצמו"ם. במהלך המשימה יכול המפקד להתערב במקרה של סכנת בטיחות או לשנות את המשימה לכוח כולו או חלקו. המפקד ומטהו מפקחים על תוצרי הצמו"ם, מעדכנים תוכניות וסדרי עדיפות ביחס לצוות הקרב בכללותו.

מיקום מערכות הנשק על בסיס המודיעין שיושג באמצעות רכיבי צוות הקרב ומודיעין בזמן אמת.

מחשב המשימה יפעל בהתאם למידע המוזן לו: מידע עבר ומידע בזמן אמת; הגדרות המשתמש – מדיניות, מגבלות, הוראות ירי, תו"ל וסוגי מטרות; הגדרות המשימה – מרחב המשימה, יעדים מבצעיים; וגבולות גזרה בין כוחות. כמו כן המחשב מקבל נתונים ממגוון חיישנים על מנעד הספקטרום האלקטרומגנטי. שילוב החיישנים חיוני לזיהוי חתימות וישויות, כגון: אדם, רק"ם, רכב, נ"ט, גורמים אוויריים, תמ"ס, הפרעות קרקע ומכשולים באופן אוטונומי. שכבות החיישנים מתאמות את פעולות החיישנים ומעבירות את המידע ל"מוח", שם נעשה היתוך של איתורים ומידע. הדבר מאפשר לבסס את הבינה המלאכותית באמצעות תוצרי החקירה העמוקה כדי לקבל החלטות בצורה אוטונומית עד כדי יכולת הפללה (יכולת פוטנציאלית שאינה מאושרת כיום), חיזוי התנהגויות אויב וזיהוי הזדמנויות פעולה בכלל ותקיפה בפרט.²⁰

התוצרים של הצמו"ם הם עירור השטח ויצירת חתימות אויב לגילוי; יצירת "מודעות", רכישת מטרות והבנת איומים; פיקוד – תכנון ובקרת משימה; וקטלניות – השמדת מטרות. במקביל הצמו"ם נדרש לנהל את המשאבים ותנועת הרכיבים הכלולים בו. באופן מעשי, התוצרים של הצמו"ם בתחום קטלניות וניהול תקיפות הם יכולת גילוי וסיווג מטרות; התאמת חימוש למטרה ולאפקט נדרש; בחירת דרך פעולה על פי תנאי התקיפה שהוגדרו; הגדרת מדדים עבור האמל"ח וסוג התחמושת; וקביעת קצב האש.

כדי שמערכת מבוססת חיישנים רבים תגלה את האויב אשר נמנע מלחשוף את מיקומו ומצמצם את חתימותיו יש לעורר את השטח, וזאת תוך סנכרון עם החיישנים. אחד מהרכיבים הנדרשים לפיתוח היא יכולת לעורר את השטח, גם באמצעות הונאה והטעיה, כך שהאויב יחשוף חתימות מגוונות שלו. הדבר מחייב תוכנית פעולה שמסנכרנת עירור ו"הקרנת" האויב עם מיקום החיישנים. לכן רכיב נוסף בצמו"ם הם כלי עירור. אלה כלים הפועלים באופן התומך את תוכנית הקרב של כוחותינו



וגורמים לאויב לפעול באופן שיגביר את חתימתו. דוגמה לכך בצמו"ם היא רובוט "המסכן נפשו" כדי שהאויב יירר עליו. כאן נמצא מוקד ויכוח תפיסתי-טכנולוגי – האם המערכת כיום או

השאפה היא שהבינה המלאכותית תהיה ברמה שתוכל להחליף את הקמ"ן במרכיבים רבים בעבודתו, והיא תחליט "החלטה סופית" על תקיפה והחלטות מבצעיות נוספות, בעיקר בתחום המטרות. זאת כאשר המגבלות לא יהיו טכנולוגיות אלא רגולטיביות בעיקרן. אמ"ן חוזה ששילוב אדם-מכונה יסייע ביצירת העליונות המודיעינית ברמה האסטרטגית.²² תפיסת הצמו"ם הנוכחית שואפת ליצור את העליונות המודיעינית הטקטית.

הבינה המלאכותית בלב הצמו"ם צריכה גם להבין את התנהגות האדם השותף והצוות השותף.²³ גם אם המערכות הבלתי אנושיות יפתחו יכולות להבנת התנהגות האדם בעתיד הקרוב,²⁴ הרי התנהגותו הבלתי צפויה של האדם משפיעה על המשימה ועל עבודת הצוות. במוקד עניין זה נמצא המושג "שילוב אדם בחוג", תפיסה המוליכה ליחסים שונים של האדם והמכונה.²⁵ הכוונה לצעוד מ"אדם בחוג" (Human in the loop)²⁶ לאדם "על החוג" (Human on the loop)²⁷ ואולי אף בחלק ניכר מהתהליכים להוציא את האדם "מחוץ לחוג" (Human out of the loop).²⁸ בירור מקומו או שילוב של האדם בחוג החלטה צריך לעמוד לנגד מפתחי התפיסה והטכנולוגיות.

שילוב הצמו"ם בשדה הקרב ואימונו

בשדה הקרב הנוכחי והעתיד רכישת מטרות במתאר אורבני היא צוואר הבקבוק של הלחימה, לא רק משום שקשה לאתרו, אלא גם בגלל הקושי להבדיל בסביבה הצפופה בין מטרה לבין אדם בלתי מעורב. הצמו"ם המוצע נועד לסייע להגביר את הקטלניות של צוות הקרב בכללותו ואת זו של מערכות האמל"ח הבודדות. כדי להפוך את הקטלניות למוגברת נדרש ליצור אגבור של מהירות התגובה, התאמת העוצמה והדיוק ושילוב אש אורגנית ואש מרחבית בלוח זמנים צפוף.

הצמו"ם ישתלב בצוות קרב שיכלול כוח מאויש על גבי פלטפורמות מאוישות וכלי פו"ש ותו"ש (פיקוד ושליטה ותכנון ושליטה). בצוות הקרב ישולבו הכוחות הקיימים כיום, כדוגמת טנקים, שנוסף על תפקידם יישאו חיישנים ומערכות הגנה מסגרתית, חיילי חי"ר, מערכות הגנה אווירית כנגד ירי תלול מסלול, כטמ"מים ורחפנים, ורכיבי סיוע קרבי כגון: הנדסה קרבית ואש תמ"ס סטטיסטית ואש מונחה מדויקת. כמו כן בצוות הקרב ישתלבו השליחים האוויריים והשליחים הקרקעיים המאוגדים בצמו"ם.

הצמו"ם יצטרך לחקור את הקשרים בין מקומות, אנשים, התנהגויות וישויות אחרות המשויכות למטרות פונקציונליות. בין האתגרים התפיסתיים והטכנולוגיים נמצאים זיהוי בלתי מעורבים, זיהוי עמיתים ומניעת ירי בין עמיתים.

אימון הצמו"ם ומחשב המשימה ייעשה באמצעות סימולטור קרב, בדומה לצבאות שמשתמשים כיום במשחקי מחשב כדוגמת World of Warcraft לאמן בינה מלאכותית בהקשרי לחימה.²⁹ בסימולטור יהיו תרחישי קרב מובנים ומיליוני תרחישים על בסיס האויב האפשרי ודרכי הפעולה האפשריות שלו, סד"כ כוחותינו המשוער, תורות לחימה וטקטיקה, וכן גילוי מטרות וסיווגן עבור האמל"ח השונה. בשלבי הכשרת ה"מערכת" הראשונים יסייעו מומחי תוכן, ולאחר מכן מחשב המשימה ימפה תרחישים רבים. הצמו"ם יאותגר תחילה על-ידי יריבים אנושים ובהמשך על-ידי בינה מלאכותית יריבה אשר יצטרכו לאתגר בתחבולות האויב ולשנות התנהגותם בהתאם

להשתנות והשתפרות הצמו"ם.

אתגרים בצמו"ם, נכון להיום, נובעים מסוגיות אתיות וסיבות אחרות.³⁰ חלק מהמדינות אינן מתכוונות לאפשר לבינה המלאכותית לקבל החלטות על ירי התקפי, להבדיל מירי הגנתי כדוגמת מערכות הגנה נגד טילים. כפי שכותב קמינר במאמר הדין בשילוב בינה מלאכותית במערכות ירי: "ככל שהמערכת מורכבת יותר מבחינת החומרה והתוכנה שלה, כך ייתכנו יותר אפשרויות לתקלות, באגים בתוכנה וחולשות לתקיפת סייבר, שלא נתגלו מראש בשלבי הפיתוח והבדיקות. סוכנות הפיתוח האמריקנית DARPA הודתה בינואר 2020 בכך שמערכות המבוססות על אלגוריתמי למידה אינן צפויות באופן מובנה (אינהרנטי) וחסרות את הבסיס המתמטי להבטחת נכונותן".³¹ אחרים מזהירים ששילוב אדם-מכונה עלול ליצור "טיפשות מלאכותית" העלולה לגרום לכשלים.³² גם אם הסכנה של שבירת חוקי אסימוב איננה קיימת,³³ וגם אם החשש מהשתלטות הבינה המלאכותית על הגזע האנושי איננו רלוונטי,³⁴ לפחות בשלב זה, יש הרבה אתגרים הכרוכים בהטמעת יכולות אדם-מכונה,³⁵ ביצירת אמון של האדם במכונה³⁶ ובחקר התחום.³⁷ יש לזכור שגם אויבנו חותרים ליכולות בתחומים הללו, גם כדי לאמץ אותן לעצמם וגם כדי לפתח יכולות נגד או יכולות לניצול התלות הגוברת שלנו במרכיבי בינה מלאכותית, תקשורת וחיישנות מתקדמות.³⁸ בכל מקרה נדרשות תקשורת מאובטחת, כדי למנוע חדירה למערכת, ויכולת למנוע שיבוש החיישנים.³⁹

אתגרים בצמו"ם, נכון להיום, נובעים מסוגיות אתיות וסיבות אחרות. חלק מהמדינות אינן מתכוונות לאפשר לבינה המלאכותית לקבל החלטות על ירי התקפי, להבדיל מירי הגנתי כדוגמת מערכות הגנה נגד טילים. אחרים מזהירים ששילוב אדם-מכונה עלול ליצור "טיפשות מלאכותית" העלולה לגרום לכשלים

סיכום

הטכנולוגיות האזרחיות התקדמו רבות בתחומי כושר המחשוב, המזעור, הבינה המלאכותית והתקשורת המהירה. הפעלת כוח משולב, מאויש ובלתי מאויש, מחייבת מעורבות מועטה של אדם הנסמכת על הרבה יכולות אוטונומיות מתקדמות. הטמעתן בדרג הטקטי אפשרית, ולצורך כך נדרשת גישת פיתוח גמיש (אג'ילי). יכולות ואמצעים קיימים ישולבו באבות טיפוס, רכיבי מערכת שונים יפותחו במקביל וישולבו בהתאם להצלחתם. כמו כן הפיתוח מצריך בניית עולם סימולטור מותאם. המאמץ הרב שצריך להשקיע בפיתוח ובהטמעה יהיה הכרחי לשימור העליונות הצבאית של ישראל בעתיד הקרוב והרחוק.

המחבר מודה לצוות שב"ם יועצים על הסיוע בכתיבת המאמר ולשמואל שמואל על תרגום המונחים.

ההערות למאמר זה מתפרסמות בסוף הגיליון.

