



כיצד תשנה הבינה המלאכותית את שדה הקרב העתידי

מאת סא"ל (מיל') ד"ר רפאל אופק

מבט מבס"א מס' 1,774, 13 באוקטובר 2020

תקציר: למרות ההתקדמות הטכנולוגית המדהימה בפיתוח מערכות נשק ומודיעין עתידיות, הרי שמערכות אלה מפותחות ומיוצרות על-ידי בני אנוש, ולפיכך משקפות במידה רבה את יכולותיהם ומגבלותיהם השכליות של המפתחים. לכאורה יש עדיפות מוחלטת להפקדת שדות הקרב העתידיים בידי חיילים רובוטים ומערכות נשק בלתי מאוישות, אך בפועל יהיה מתכנת הרובוט או הטנק הבלתי מאויש אדם המרוחק מאוד משדה הקרב. לפיכך עדיף שכל מערכת נשק בלתי מאוישת תהיה נתונה למעקב ופיקוח אנושי שיוכל למנוע טעויות הרות אסון - על אחת כמה וכמה פיקוד ופיקוח על מערכת גדולה ומורכבת של כלים בלתי מאוישים.

אם נרחיק מבטנו לעבר, נגלה כי היה קל יותר להעריך את ההתפתחויות הצפויות בשטחי הטכנולוגיה השונים ואת השפעתן במישור הצבאי, ובפרט על שדה הקרב העתידי. אך כיום הקצב המהיר של התפתחויות הטכנולוגיה מכביד מאוד על היכולת לצפות את העתיד, בפרט לתקופה של עשר שנים קדימה.

ההתפתחויות המשמעותיות הן בעיקר בשטח התוכנה וכל הקשור אליה, כגון מיקרו-אלקטרוניקה, מחשבים, מדע הנתונים, בינה מלאכותית ויכולת להגיע לתובנות על בסיס טכנולוגיות, טכנולוגיות "ענן" לשמירת נתונים, סייבר, תקשורת, וכמו כן התפתחויות בשטח החומרה הצבאית כמערכות נשק, מיגון ומכשור תומך לחימה.

נראה כי ההתפתחות הטכנולוגית הולכת ומצמצמת את מקומו של האדם בלוחמה העתידית, דבר המעלה מספר שאלות: מה צפויה להיות ההשתתפות הפיזית בלוחמה בשדה הקרב, והאם ניתן יהיה לוותר עליה? ומה יהיו תפקידי האדם במערכות הפועלות מאחור - מודיעין, פיקוד וקבלת החלטות? האם הערכות לגבי העתיד הרחוק נועדות מראש לכישלון? על כל פנים, נקודה אחת ברורה: ההתפתחויות בעתיד, במידה זו או אחרת, נובעות מתמונת המצב הנוכחית - זו הקיימת בשטח וזו שעדיין על שולחנות התכנון.

מחשבים קוואנטיים, טילים היפר-סוניים וכיבוש החלל

התפתחות טכנולוגית במדינה מסוימת תלויה, כמובן, בתשתית הנוכחית של אותה מדינה - במוסדות המדע, בכוח האדם ובתעשייה. אולם אחד האמצעים להעריך התפתחות טכנולוגית עתידית בתחום מסוים היא ההשקעה הכספית שאותה מדינה מוכנה להשקיע באותו תחום. כך לדוגמה עלתה בשנה האחרונה בסנאט של ארה"ב הצעת חוק לקידום משמעותי של תעשיית המיקרו-אלקטרוניקה האמריקנית בהשקעה עצומה של 25 מיליארד דולר. כ-60% מהסכום יוקצו להרחבה ושיפור היכולת התעשייתית לייצר שבבי מחשב, וכ-20% יושקעו במענקים עבור מחקרים ביטחוניים בתחום המיקרו-אלקטרוניקה.

כוונת ארה"ב להשקיע סכומי עתק במיקרו-אלקטרוניקה מצביעה על החשיבות הכמעט דומיננטית של עתיד התוכנה ויישומיה הביטחוניים. תרומה חשובה ביותר צפויה להיות לפיתוח מחשבים קוואנטיים הנמצאים כיום בראשית דרכם. הם יתבססו על מכניקת הקוונטים - על מצבי חלקיקים ברמה האטומית של החומר, בניגוד לשבבי הסיליקון שבאמצעותם פועלים מחשבי הדור הנוכחי. הפוטנציאל של מחשבים קוונטיים אינו רק בהיקף הנתונים שיהיה ביכולתם לעבד ובמהירות החישוב אלא ביכולתם לפתור בעיות שמחשבי-העל הנוכחים אינם מסוגלים לפתור. במסגרת מוסדות האקדמיה עוסקים כיום, בין היתר, בפיתוח רשתות נוירונים מלאכותיות כחיקוי למוח האדם אך הרשתות העתידיות תתבססנה על תנועת פרוטונים בתוך שכבות תחמוצות של מתכות מיוחדות, וזאת בניגוד לרשתות הנוכחיות הפועלות על בסיס שבבים ומעגלים מודפסים.

על פי תמונת המצב הנוכחית צפויה בעתיד התפתחות רבתי בתחומי החלל והטילאות האסטרטגית. לא רק המעצמות הגדולות אלא אף מדינות לא מעטות נמצאות כיום בשלב זה או אחר של פיתוח משגרי לוויינים, חלקן לשם יוקרה, וחלקן במטרה להצטרף לכיבוש החלל. כבר עתה מקיפים את כדור הארץ בגובה נמוך של מאות קילומטרים לווייני צילום לא מעטים, צבאיים או אזרחיים, ומעל כדור הארץ, בגובה גאו-סטציונרי של כ-36 אלף ק"מ נמצאים לא מעט לווייני תקשורת. לאור זאת ניתן להניח כי בעוד עשור החלל יהיה צפוף למדי. נוכח העובדה שמספר לא קטן של הלוויינים שינועו בחלל יהיו לוויינים צבאיים, חלקם לווייני צילום וחלקם לווייני תקיפה, עלולה להתפתח בחלל מלחמת לוויינים.

דוגמה לתוכנית מלחמה בחלל הייתה "יוזמת ההגנה האסטרטגית" הידועה בשמה העממי "מלחמת הכוכבים" שפותחה בארה"ב בשנות השמונים במטרה לספק הגנה מול תקיפת טילים בליסטיים בין-יבשתיים נושאי ראש נפץ גרעיני של ברה"מ. בשלב מסוים של התוכנית עמדו על הפרק שני סוגי לוויינים: פרויקט Brilliant Pebbles שתוכנן לכלול אלפי לווייני תקיפה קטנים שמאות מהם ימוקמו מעל שטח ברה"מ, יזהו מעופי טילים בין יבשתיים סובייטיים וישמידום; כמערכת חיישנים לתמיכה בלווייני התקיפה נועד לשמש מערך של כמה עשרות לווייני Brilliant Eyes שתוכננו לפעול בגובה של כ-700 ק"מ ולזהות שיגור טילים בליסטיים. אך יוזמת ההגנה האסטרטגית לא זכתה לשלבי מימוש סופיים ובוטלה ב-1993. בהקשר למלחמות בחלל, אפשר כי בהמשך להתנהלותן בעתיד של מלחמות על פני כדור הארץ, יהוו שטחים כלשהם על פני הירח או כוכב מאדים זירה חלקית של שדה הקרב.

ואשר לתחום הטילאות: רוסיה, סין וארה"ב משקיעות מיליארדים ונמצאות בימים אלה במרוץ נגד השעון בפיתוחם של טילים היפר-סוניים, טילי שיוט שיהיו מהירים פי חמש ויותר ממהירות הקול, ומדויקים עד כדי כך שיהפכו את כל מערכות ההגנה המוכרות לבלתי רלוונטיות. על-פי ההערכה, טילים אלה יכנסו לשירות מבצעי בין השנים 2025 ל-2030.

הלוחמים הרבובטיים

מכיוון שניצחון מוחלט בא לידי ביטוי בכיבוש שטחי אויב וחסול או סילוק חיילי האויב משטחים אלה, סביר מאוד שיישאר מקום ללוחמת שטח. חלק בלתי מבוטל של מחקרי הפיתוח של אמצעי לחימה כיום מושקע באמצעי לחימה בלתי מאוישים: כלי רכב משוריינים, כטב"מים ורחפנים, וכנראה גם חיילים רבובטים, זאת בשל מספר סיבות:

- **חיסכון בחיי אדם.** עדיף לייצר רבובטים ברמת איכות גבוהה ובכמויות גדולות שישמשו תחליף בשדה הקרב ללוחמים אנושיים. אמנם אף רבובטים עלולים להיפגע במהלך הלחימה ואף להיות מושמדים, אך כל זמן שטרם נפגעו הם יכולים להמשיך להילחם ללא תחושות של עייפות, הלם קרב וכדומה. סביר כי בכל הנוגע לזמני תגובה קצרים במקרה שיתבצע ירי עליהם או לכשיקבלו הוראה לירות לעבר האויב תעלה יכולתם של חיילים רבובטים עשרות מונים על זו של לוחמים אנושיים, גם מבחינת דיוק הירי.
- שיגור נחיל גדול של חיילים רבובטים אל פני האויב עשויה לגרום לתגובה פסיכולוגית קשה בקרב חיילי האויב שתגרום למנוסתם המהירה.
- בנוסף ללוחמת חיילים רבובטים אפשר כי קרבות העתיד יכילו גם לוחמת כלי משחית בלתי מאוישים אחרים, כטנקים או כטב"מים. אף ייתכן שמערכות הירי העתידיות לא תתבססנה על ירי קליעים או פגזים אלא על ירי עוצמתי של קרינת לייזר או פעימות אלקטרומגנטיות.

כור היתוך מימני נייד

באשר לכלים תומכי לחימה, בשנים האחרונות ניכרת בעולם מגמה לפתח כורים זעירים וניידים להפקת חשמל. תפוקת האנרגיה הצפויה של כורים אלה הינה בסדר גודל של מגה-וואט חשמלי בודדים או כמה עשרות מגה-וואט חשמלי. לאחרונה דווח על פניית משרד ההגנה האמריקני למספר חברות תעשייה אמריקניות לפתח אב טיפוס של כור גרעיני זעיר נייד מתקדם במטרה להבטיח בעתיד הספקת אנרגיה עבור הצבא האמריקני. כור זעיר מעין זה מתוכנן להיות קשיח ובעל תנאי בטיחות גבוהים ביותר, בעל יעילות רבה, ובעל יכולת לפעול ללא הפרעות במשך כעשר שנים ללא צורך בתדלוק. מבחינת צבא ארה"ב נועד הכור לשימוש במהלך אירועים ביטחוניים שבהם יהיה על כוחותיו להתפרס באתרים ברחבי העולם, דבר שיאפשר הקטנת תלותם ברשתות החשמל המקומיות שעלולות לקרוס כתוצאה מהמצב הקשה באותם אתרים.

תאגיד לוקהיד מרטין רשם ב-2018 פטנט על תכנון מהפכני של כור היתוך מימני נייד שניתן לשאתו במשאית. לטענת התאגיד, אחד מדגמיו עשוי לספק חשמל לעיר בת מאה אלף תושבים. כור זה, במידה ופיתוחו וייצורו יסתיימו בהצלחה, יפיק אנרגיה נקיה - ללא תוצרי ביקוע רדיואקטיביים. להערכת התאגיד מלפני מספר שנים, צפוי פרויקט פיתוח הכור להגיע לשלב ייצור מסחרי באמצע העשור הנוכחי, לכל המוקדם. כמו כן לפי פרסומי התאגיד, לכור עשויים להיות יישומים משמעותיים ביותר בהיבטים צבאיים: התקנתו בצוללות תאפשר להן לשייט מתחת לפני הים זמן רב ביותר; ניתן יהיה לצייד אותו בנושאות מטוסים גדולות כגון נימיץ האמריקנית, וכך להגדיל את זמן שהותן בים; זיווד מטוסי תובלה צבאיים גדולים בכור ההיתוך הנייד יאפשר להם לשהות באוויר זמנים ארוכים ולהגיע לטווחים רחוקים מאוד. לבסוף, תאגיד לוקהיד מרטין שוקל, בין היתר, את האפשרות להתקין כור כזה במטוסי קרב, אשר גם במקרה של נפילה בקרב אווירי או בעקבות תאונה, לא תיגרם כתוצאה מכך חשיפה לקרינה גרעינית.

הסכנה בהפעלת "הלחיצה על הכפתור הגרעיני"

הגופים הצבאיים או הביטחוניים העשויים לצאת נשכרים מההתפתחויות הטכנולוגיות הם ארגוני המודיעין השונים. התרומה העיקרית הצפויה להם הינה בתחומי המיחשוב השונים: מחשבים, מדע הנתונים, בינה מלאכותית ו-big data טכנולוגיות "ענן", וכך התקשורת. כמו כן צפויות התפתחויות נוספות בליווייני הריגול בשיפור איכויות הצילום מבחינת רזולוציה ובכל תחומי הספקטרום, כולל צילומי מכ"ם. כך לדוגמה עשוי צילום בתחום האינפרא-אדום לאתר מקורות חום תת-קרקעיים. כמו כן, צילומי מכ"ם מתאפשרים בכל תנאי מזג אוויר, וצילום מכ"ם רגיש להימצאות גופים מתכתיים תחת פני הקרקע. אשר למודיעין השדה, סביר שהוא ישתכלל מאוד בעתיד בזיהוי ומעקב אחרי מטרות אויב בשטח הקרוב.

בכל הקשור ללוחמה קיימת בעייתיות בממשק בין האדם שעליו מוטל לקבל החלטות של חיים או מוות לבים המערכת שמספקת את הנתונים הדרושים לקבלת ההחלטה, או לרובוט או מערכת הנשק הבלתי מאוישת העתידים לפעול נגד האויב. דוגמאות לכך התרחשו בעבר בסוגיית הפעלת הנשק הגרעיני. עד כה טרם נמצא פתרון מתקבל על הדעת לסכנה הכרוכה בהפעלת "הלחיצה על הכפתור הגרעיני", הן מתוך החלטה אנושית או באמצעות בינה מלאכותית, או כתוצאה משילוב כלשהו ביניהם. קיימות מספר דוגמאות לכך מהעבר:

- ב-26 בספטמבר 1983 תפקד סא"ל סטאניסלב פטרוב כקצין האחראי במרכז הפיקוד של מערכת ההתרעה הגרעינית הסובייטית, כאשר המערכת דיווחה שארה"ב שיגרה טיל בליסטי, ולאחריו חמישה טילים נוספים. פטרוב התייחס לדיווחים כאזעקת שווא ואמנם בהמשך התברר שהדיווח היה שגוי בשל תקלה במערכת.
- ב-25 ביוני 1995 עקב המכ"ם של מערכת ההתרעה הרוסית במורמנסק שבצפון רוסיה אחר רקטת מחקר ששוגרה על-ידי מדענים בקרבת החוף הנורבגי במטרה לחקור את אורות הצפון. הרקטה זוהתה בטעות כטיל גרעיני טריידנט ששוגר כביכול מצוללת אמריקנית, וזאת בשל הדמיון לטיל בצורת המעוף והמהירות. על-פי הערכת מערכת ההתרעה, הטיל עלול היה לפגוע במוסקבה תוך 15 דקות ולפיכך קבעו יועצי הנשיא ילצין שרוסיה נמצאת תחת מתקפה וכי נותרו עשר דקות על מנת להחליט אם להגיב בשיגור טילים רוסיים לעבר ארה"ב. למרבה המזל, שתי דקות טרם שעת האפס הודיע הקצין הבכיר של מרכז ההתרעה לילצין כי מסלול טיסת הרקטה מצביע על כך שאין המדובר באיום גרעיני.

אמנם טעויות אנוש פטליות התרחשו כל הזמן, אך לא בממדי אפשרות הפעלת נשק גרעיני. דוגמה מובהקת לכך ארעה השנה באיראן, ב-8 בינואר כאשר מערכת ההגנה האווירית יירטה מטוס נוסעים אוקראיני מיד לאחר שהמריא מנמל התעופה הבינ"ל של טהראן, תוך הריגת כל 176 הנוסעים ואנשי הצוות ובכללם 82 אזרחים איראנים. לאחר מספר ימים שבהם איראן הכחישה את אחריותה לנפילת המטוס, היא נאלצה להודות בכך. לטענתה, המטוס הופל בשל "טעות אנוש" במערכת ההגנה האווירית אשר סברה כי המדובר בטיל שיוט אמריקני.

וכאן אנו מגיעים לשאלת האדם מאחורי הקלעים. כל המערכות שצוינו לעיל תפותחנה ותיוצרנה על-ידי בני אנוש, ולפיכך תשקפנה במידה רבה את יכולותיהם

ומגבלותיהם השכליות של המפתחים. לכאורה, יש עדיפות מוחלטת בהפקדת שדות הקרב העתידיים בידי חיילים רובוטים ומערכות נשק בלתי מאוישות. אך בפועל, מתכנת הרובוט או הטנק הבלתי מאויש יהיה אדם המרוחק מאוד משדה הקרב, הן מבחינת מיקום והן בזמן. יהיה באפשרותו לקחת בחשבון את כל המצבים העשויים להתפתח במהלך הקרב? האין סכנה שחייל רובוט ישגה בזיהוי האויב ויפגע באזרחים תמימים של מדינת האויב או אפילו באנשי צבא ממדינתו שלו?

לפיכך, עדיף שכל מערכת נשק בלתי מאוישת תהיה נתונה למעקב ופיקוח אנושי שיוכל למנוע שגיאות מעין אלה, אף שהדבר יהיה על חשבון תגובתו המהירה של הרובוט. ואם כך בנוגע לרובוט או לכלי הבודד, על אחת כמה וכמה בנוגע לפיקוד ופיקוח על מערכת גדולה ומורכבת של כלים בלתי מאוישים.

(תחום התפתחות טכנולוגית אחד שלא נדון כאן, חרף היותו חשוב ביותר, הוא מדע הביוטכנולוגיה. אמנם קשה להעריך אותו, לפחות בזמן הקרוב, כרלוונטי לממשק בין האדם למערכות הנשק, אולם ייתכן ומצב זה ישתנה למרות שלא ניתן להעריך מתי. נראה כי התקדמות ממשית תגיע לכשיהיה ניתן ליצור חיבור פיזי בין מוח האדם לבין מערכות חשיבה וחישוב מלאכותיות).

באשר ללוחות הזמנים של כל ההתפתחויות האפשריות: ישנן כאלה שמתקדמות ליניארית, אך יש כאלה שהתקדמותן אקספוננציאלית. בכל מקרה, הם תלויים בקשרי הגומלין בין תחומי מדע שונים ואף באפשרות פריצת דרך משמעותית בתחום מסוים.

* סא"ל (מיל') ד"ר רפאל אופק הנו מומחה בתחום הפיזיקה והטכנולוגיה הגרעינית. בעבר שרת כחוקר בכיר בקהיליית המודיעין הישראלית. כיום מכהן כחוקר בכיר במרכז בגין-סאדאת (בס"א) למחקרים אסטרטגיים של אוניברסיטת בר אילן.

rhofek@gmail.com