

והרי התחזית: צה"ל בדרך לצבא תבוני מפת דרכים לאימוץ טכנולוגיות בינה מלאכותית בצה"ל

נורית כהן-אינגר¹ וגל א' קמינקא²

הרעיון שהלוחמה מבוססת הטכנולוגיה תחליף את הכוח הפיזי ואת הנוכחות האנושית בשטח, מעורר בצה"ל אי-נוחות ואף התנגדות. בניגוד לכך, טוענים הכותבים לעליונות הלוחמה מבוססת הטכנולוגיה, ולהגברת השימוש בה; בפרט, מציעים הכותבים מפת דרכים לשילוב הבינה המלאכותית בצה"ל, שלא מתוך מטרה להחליף את החיילים שבשטח, אלא מתוך הבנת הפוטנציאל הגלום בהן לאיגבור (סינרגיה) יעילות הלחימה. התהליך מתחיל בהנחת תשתית של תנאים מאפשרים: כוח אדם ייחודי, תשתיות **Big Data**, טרנספורמציה דיגיטלית ומנהיגות מחויבת. שימת דגש על הטמעה הדרגתית, על הנגשת התוצרים, על הסברה על אופן פעולתם ועל אימוץ מקסימלי של תוצרים מהעולם האזרחי, יובילו את צה"ל להיות תבוני יותר, וכך גם יעיל ואפקטיבי יותר, בשדה הקרב ובשגרה.

"AI might seem sexy. The process of getting to an AI-centric military is not."
Richard Kazuma³

¹ סא"ל נורית כהן-אינגר היא מובילת אסטרטגיית המידע באגף התקשוב (Chief Data Officer).
² פרופסור גל א' קמינקא עומד בראשות מאגד מעבדות רובוטיקה ובינה מלאכותית באוניברסיטת בר אילן, מחברי המאמר מבקשים להודות לאל"ם עומר דגן, לסא"ל אלי מיכלסון ולסרן אור גליק על הארותיהם הבונות.
³ Richard Kuzma, "But First, Infrastructure: Creating the Condition for Artificial Intelligence to Thrive in the Pentagon", *War on the Rocks* (July 13, 2018). <https://warontherocks.com/2018/07/but-first-infrastructure-creating-the-conditions-for-artificial-intelligence-to-thrive-in-the-pentagon/> [accessed: July 2018].

מבוא

בערב פסח 2017, כתב אלוף משנה במילואים צביקה גרינגולד, בעל אות הגבורה ומפקד "כוח צביקה" האגדי:⁴

"התפיסה שלי היא שלוחמת שריון צריכה להיות בלב התמרון היבשתי. אני מאלה שקצת מפחדים מכל הטכנולוגיה, כי בסוף צריך מישהו עם סכין בין השיניים שיעמוד על הגבעה ויגיד: 'עד פה, זה השטח שלנו'. את זה לא עושים עם מזל"טים ולא עם מחשבים. עושים את זה עם חיילי גולני ומחלקת טנקים.

נראה לי שעודף הכסף במשרד הביטחון והיכולות הטכנולוגיות של התעשיות הביטחוניות הפכו את הצעצוע הטכנולוגי למשהו שהגנרלים אוהבים לשחק איתו. אני נגד ההתמכרות לזה. האדם שבטנק הוא הכוח שלנו וזו לא קלישאה. זו האמת."⁵

תפיסתו של אל"ם ("מיל") צביקה גרינגולד מייצגת תפיסה מסורתית ושמרנית לגבי טבעה של המלחמה. לפי תפיסה זו, המלחמה מבוססת על אנשים המפעילים כוח פיזי בזמן ובמרחב, וגורמים לנזקים פיזיים לאויב. לכוח הפיזי ולנוכחות האנושית בשטח שבו מתבצעת הלחימה יש מעמד מיוחד, ולה עליונות על פני הפעלת כוח מרחוק (דהיינו, ללא נוכחות אנושית בשטח), או על פני הפעלת כוח שאינו פיזי במהותו.

מאידך גיסא, כותבי שורות אלו, שבהוויתם המקצועית הינם אנשי טכנולוגיה ומחשוב, היו רוצים להציג תפיסה מנוגדת, יש מי שיאמר מודרנית, של הלוחמה בת-זמננו. היינו רוצים לטעון לעליונותו של הכלי הממוחשב, החכם, שאינו נרדם בשמירה ואינו זקוק להרצאות מור"ק על מנת לבצע את מלאכתו. היינו רוצים לטעון לזכותה של לוחמה מבוססת טכנולוגיה, שהסיכון בהפעלתה נמדד בכסף ולא בחיי אדם, ושהפעלתה מרחוק מאפשרת השגת יעדים בצורה מיטבית.

אבל... צביקה צודק

לטכנולוגיות של דורנו אין יכולת להחליף את החיילים בגולני ובטנקים במלחמות העשור הקרוב, וכנראה גם לא בעשורים לא מעטים אחריו. בסופו של יום, אכן ישנם מצבים שבהם מחלקת טנקים וחיילים של גולני צריכים לעמוד על גבעה עם סכין בין השיניים ולומר "עד פה, זה השטח שלנו".

תפקידה של הטכנולוגיה בת ימינו איננה להחליף את מחלקת הטנקים או את החייל בגולני, והיא גם אינה מתיימרת לעשות זאת. במקום זאת, תפקידה הוא לתת תשובות לשאלות העולות מתוך הצורך האמיתי בעמידתם האיתנה של חיילים קרביים ונשקם על אותה גבעה מטאפורית:

⁴ צבי (צביקה) גרינגולד הוא קצין שריון שקיבל את עיטור הגבורה על לחימתו במלחמת יום הכיפורים בקרב על נפח ברמת הגולן. במסגרת כוח מאולתר שהקים ושכונה ברשת הקשר "כוח צביקה", ואשר כלל למעשה ברוב הזמן את הטנק שלו בלבד - הוא עצר את התקדמותן של שתי חטיבות שריון סוריות שהבקיעו את קווי ההגנה הישראלים ומנע את כניסתן לבקעת הירדן ולגליל.

⁵ צביקה גרינגולד, "האדם שבטנק ינצח", **ידיעות אחרונות** (25 באפריל 2017). <https://www.yediot.co.il/articles/0,7340,L-4953390,00.html> [נבדק לאחרונה ביולי 2018].

- א. כיצד התקבלה ההחלטה על משימת הכוח?
 ב. כיצד נאסף המידע על האויב ועל תנועותיו, וכיצד הועבר לכוח או למי שמגדיר את משימתו?
 ג. כיצד נבחרה הגבעה (או בהכללה - התנאים הטופוגרפיים והאחרים לקרב)?
 ד. כיצד נבחרה הסכין - הנשק והאמל"ח העומדים לרשות החיילים? כיצד יודעים שהם מיטביים למשימה?
 ה. כיצד הובאו החיילים לשם? כיצד מעבירים להם אספקה?
 ו. כיצד הכשירו את החיילים למשימתם? כיצד בחרו אותם? כיצד בחנו אותם?
 ז. כיצד נוצרה תמונת מצב בזמן אמת על כוחותינו?

צביקה צודק, אבל...

מפתה מאוד לשנות את מילת השאלה ברשימת השאלות שלעיל מ"כיצד?" ל"מי?". מי הכשיר? מי הגדיר? מי הביא? מפתה לחשוב שאם יש אנשים על הגבעה, אז גם כל צורכיהם מסופקים בידי אנשים. ואכן, התפיסה השמרנית ממעיטה בערכה של הטכנולוגיה; לפי תפיסה זו, מכיוון שלחייל אין תחליף, כך גם לנהג האספקה, למשל. אך זוהי התעלמות מובהקת מחשיבות השלכותיה של הטכנולוגיה על כל אותם התחומים, הקריטיים לאותם חיילים על הגבעה: ההכשרה שעברו, המודיעין שקיבלו, האמל"ח שלרשותם, האספקה והלוגיסטיקה שלהם, הקשר שלהם למפקדיהם וליחידות אחרות, ועוד.

במאמר זה נתייחס בפרט לטכנולוגיות הבינה המלאכותית ומדעי הנתונים. אלו שדות טכנולוגיים ותיקים, שופעים כל טוב מנקודת מבט צבאית ובעלי הצלחות מוכחות בצבאות שונים ומחוצה להם. אנו מבקשים לטעון להגדלת השימוש בבינה מלאכותית ובמדעי הנתונים כדי לטייב את התשובות לכל אותם אתגרים המוזכרים למעלה, ולעוד רבים כמוהם. השימוש המתעצם באמצעי לחימה בלתי מאוישים המופעלים מרחוק, מגמת האוטונומיה המתפתחת בעולם, שימוש במערכות מידע מתקדמות לשליטה ולבקרה וערכו של המידע המודיעיני לפני הקרב ובמהלכו - לכל אלו יש הפוטנציאל להתמודד עם אתגרי צה"ל. האתגרים שמולם עומד צה"ל משתנים תדיר; האויב הנעלם, הלחימה הא-סימטרית, זירת הסייבר, המלחמה על דעת הקהל העולמית, התודעה וההשפעה, הלחימה במרחב בעל צפיפות בנייה וצפיפות אוכלוסין גבוהות ועוד.

על כן, הבינה המלאכותית ומדעי הנתונים צפויים לתפוס מקום מרכזי בשיטות הלחימה העדכניות, בעיקר באלו שאין במעגליהן חייל וטנק. נוסף על כך, היות וחלקן זמינות לאויב ומהוות גורם שמערער את הסטטוס קוו, הכרחי לשנות את תורות הלחימה הקיימות.

מאמר זה נכתב מתוך מטרה לפתוח צוהר לאפשרויות שטומנות בחובן טכנולוגיות הבינה המלאכותית ומדעי הנתונים בעבור צה"ל. מתוך הבנת הפוטנציאל שבהן, ניתן יהיה לשרטט את הדרך הנכונה ליישום טכנולוגיות הבינה המלאכותית בצה"ל, הן בשגרה

והן בזמן הפעולה המבצעית. בין השאר, באה פתיחת צוהר זו כדי להתמודד עם מפקדים ועם משתמשים מבצעיים, שעלולים להתנגד ולהימנע מאימוץ טכנולוגיות אלו בדומה לתפיסתו של צביקה, ועל בסיס הבנה לא נכונה של הכלים העומדים לרשותם.

בינה מלאכותית ומדעי הנתונים: ביחד ולחוד, בצבא ומחוצה לו

אין הגדרה אחת לבינה מלאכותית (Artificial Intelligence). הגדרה אפשרית ומועילה היא כדלהלן: בינה מלאכותית היא היכולת של מחשב לבצע משימה המיוחסת בדרך כלל ליכולת חשיבה אנושית: חיזוי, תפיסת מצב, פתרון בעיות, זיהוי תבניות, תקשורת בשפת בני אדם או תרגום משפה לשפה, למידת מכונה, ראייה ממוחשבת, תכנון ואופטימיזציה. בתוך מדעי המחשב, זהו שדה מדעי רחב שתחילתו בוועידה בקיץ 1956, ושתוצריו ממשיכים להשפיע על חיי כולנו באזרחות ובצבא. מייד עם ראשיתו, קִמְשך הפוטנציאל הגדול שלו לשימושים צבאיים וביטחוניים, מימון מאסיבי מצד צבאות רבים, ובראשם (לפחות בהיבטי תקציב) צבא ארה"ב.

גם לגבי מדעי הנתונים רבות ההגדרות. מדעי הנתונים (Data Science) הינו התחום העוסק בעיבוד נתונים ובהסקת מסקנות מתוכם, בייחוד בקנה מידה גדול (Big Data). מטבע הדברים, תחום זה משתמש בשיטות המגיעות בחלקן מתחום הבינה המלאכותית, כגון שיטות ה"למידה העמוקה" (שחזרה לכותרות בשנים האחרונות). חלקן האחר מגיע מתחומים אחרים (לדוגמה, סטטיסטיקה ומתמטיקה). התחום התפתח במיוחד בשנים האחרונות, לאור העלייה הדרמטית בנפח הנתונים המיוצרים ע"י החברות המודרניות והשימוש המאסיבי ברשתות החברתיות שבהן מיוצר, מועבר ומעובד מידע זה. לצד זאת, העלייה המשמעותית ביכולת לעבד נתונים רבים באמצעות מעבדים גרפיים (GPU) עודדה התפתחות זו. כיום, תפס התחום תאוצה כה משמעותית עד כי נפתחו מרכזי מחקר בתחום באוניברסיטאות בארץ, ונוצרו תוכניות לימוד ייעודיות.

הערבוב הקיים בין התחומים הוא אמיתי, מוצדק ואף מפרה. לפיכך נרשה לעצמנו במאמר זה להתייחס למונחים במעט ערבוב ובאי־דיוקים קלים מפאת קוצר היריעה. בשנים האחרונות רבו הכותרות הדרמטיות באשר להישגים ממשיים ודמיוניים שמאחוריהן עומדת הבינה המלאכותית. כותרות ענק מזהירות מאבטלה נוראית בתוך זמן קצר או מסיומו העתידי של עידן שליטת המין האנושי בעתידו. כותרות אחרות מנבאות פריצות דרך ברפואה ובחקלאות, וחוזות חיי שפע ובטלה לכולם. גם מי שאינו מכיר את התחום לא יופתע לשמוע שאין הרבה בכותרות אלו, ושמדובר בגל כותרות שוותיקי הטכנולוגיה כבר חוו גם בשנות ה־80 ואף בשנות ה־70. אז מה חדש?

מעט היסטוריה במקום היסטוריה

יכולות של בינה מלאכותית ומדעי הנתונים משולבות בעולמנו האזרחי והצבאי כבר שנים רבות. אין באמירה זאת כדי לומר ש"אין חדש תחת השמש", אלא להפך. בכוונתנו להצביע על מגמת השינויים כדי לאפשר לקורא המתעניין להיפתח להזדמנויות חדשות המהוות

פועל יוצא של יכולות טכנולוגיות מצוינות שקיימות כבר שנים. השינוי הגדול הינו דווקא בנגישות וביכולתו של הצרכן הקטן לעשות בהן שימוש. בפרט, קיומן של יכולות אלה מזה שנים רבות, מעיד על משנה הזהירות שיש לנקוט ביישום מפת הדרכים לצבא התבוני. נפרט כעת יכולות אלה בקצרה, תוך שימת דגש על הפוטנציאל לשימושים ביטחוניים.

מערכות תכנון ואופטימיזציה

דוגמה בולטת ורלוונטית היא מערכת התכנון הלוגיסטי DART,⁶ ששימשה את צבא ארה"ב ואת כוחות הקואליציה לתכנון הלוגיסטי לקראת ובמהלך מלחמת המפרץ בשנת 1991.⁷ מערכת זו, המתבססת על אלגוריתמים של בינה מלאכותית, ייצרה בעבור המשתמשים תוכניות להעברת כוחות מבסיסי המוצא באירופה וארה"ב לסעודיה ולמדינות המפרץ בהיקפים חסרי תקדים. תוכניות אלו בלטו במיוחד בזמן הקצר (שישה חודשים) שלפני תחילת הקרבות. לטענת המשתמשים הצבאיים, עד שנת 1995 החזירה מערכת זו במלואה את ההשקעה הכספית של ארה"ב בחקר הבינה המלאכותית במשך 30 השנים שקדמו למבצע (רבבות מילארדי דולרים!). חשוב להדגיש כי המערכת היוותה מערכת תמך לקבלת החלטות; היא לא החליפה את המתכננים אלא סייעה להם.

כמובן שמערכות אחרות לאופטימיזציה (לדוגמה, של לוח טיסות ונסיעות אספקה), קיימות מזה שנים רבות בחברות שילוח, בחברות תעופה וברכבות, וגם בגופים צבאיים מקבילים. היכולות של כלים אלו מגיעות מתחום הבינה המלאכותית

ראייה ממוחשבת

יכולות הראייה הממוחשבת הגיעו לתוצרים ממשיים מחוץ לגבולות המעבדה עוד בשנות ה-90 במאה שעברה. לדוגמה, קריאה אוטומטית של מספרי מיקוד ומספרי רכב בשערים ובכביש 6, זיהוי וקטלוג מוצרים במחסנים ובפסי ייצור, זיהוי תקלות ייצור ועוד ועוד. עם זאת, פריצות הדרך של השנים האחרונות, כגון זיהוי פנים מדויק, זיהוי עצמים והולכי רגל בכבישים (מכשירי מובילאיי ודומיהם) וחיפוש תמונות לפי מילים (כדוגמת google photos), הגיעו מתוך נתונים בהיקף כה גדול עד שהתאפשר השימוש בטכניקות למידה עמוקה במקום בטכניקות קלאסיות. אם בעבר התבססה אלגוריתמיקת ראייה ממוחשבת על ניתוח תמונה מנקודת מבט גאומטרית, פוטומטריה ועיבוד סיגנלים, כיום מאפשר היקף הנתונים שימוש בטכניקות שבהם המחשב לומד לראות, תוך שהוא מדלג על שלב הבנת המודל ויצירתו. עשרות מיליוני דוגמאות ושימוש באלגוריתמים מתקדמים ללמידת מכונה הביאו לתוצאות שלא היו בעבר.

⁶ K. M. Wilkinson, "The Logistics Lessons of the Gulf War: A Snowball in the Desert", *DTIC Document* (1993).

⁷ S. R. Hedberg, "DART: Revolutionizing Logistics Planning", *IEEE Intelligent Systems*, Vol. 17: 3 (2002), pp. 81–83.

מערכות תומכות החלטה ברמה על-אנושית

ניקח את הרפואה כדוגמה לתחום שבו ישנה חשיבות ברורה למומחיות. ברור לכול שמומחיות זו אינה טריוויאלית ושהיא נרכשת בשנים רבות של לימודים אקדמאיים. אף על פי כן, בשנות ה-80 וה-90, הגיעו מערכות בינה מלאכותית, כגון YCIN, INTERNIST, ואחרות, ליכולות זיהוי מחלות בתחומים צרים מאוד של דיאגנוסטיקה ושל מומחיות ברמות גבוהות מאלו של רופאים אנושיים. יש לומר כי הבסיס הטכנולוגי השתנה לגמרי מאז, והיום, מערכות רפואיות חכמות מתבססות על נתונים ולא על טכנולוגיות



תמונה 23: לבינה המלאכותית השפעה ישירה על יעילות ועל דיוק המשימה המבצעית. בתמונה: שימוש בטכנולוגיית זיהוי פנים במעברים בצה"ל. (אגף התקשוב)

של שנות ה-80. פיתוחים חדשים מאפשרים היום לשעון החכם, המצוייד בחיישני דופק, טמפרטורת גוף, מוליכות עור וכו', לחזות ולהתריע על מצבים חריגים. מערכות מבוססות ראייה ממוחשבת יודעות לנתח תמונות רדיולוגיות כדי לחפש גידולים, על בסיס הנתונים והמידע שעומדים לרשותן. ישנן אפילו מערכות המאשרות ע"י ה-FDA לשימוש ללא רופא, היודעות לזהות בעיות ראייה הנובעות מסוכרת.⁸ המערכות מגיעות ליכולות גבוהות, לעיתים אף גבוהות מאלו של רופאים,⁹ אך מומחיות זו מוגבלת לתחומים צרים (גידולים מסוגים ספציפיים, מחלה ספציפית) ואינה מהווה תחליף לרופא המומחה. הבינה המלאכותית תשנה את הרדיולוגיה, אך לא תחליף את הרדיולוג.¹⁰

⁸ IDx Press Release, "FDA Permits Marketing of IDx-DR for Automated Detection of Diabetic retinopathy in Primary Care", IDx (April 12, 2018). <https://www.eyediagnosis.net/single-post/2018/04/12/FDA-permits-marketing-of-IDx-DR-for-automated-detection-of-diabetic-retinopathy-in-primary-care> [accessed: July 2018].

⁹ H. A. Haenssle, et al., "Man Against Machine: Diagnostic Performance of a Deep Learning Convolutional Neural Network for Dermoscopic Melanoma Recognition in Comparison to 58 Dermatologists", *Oxford Academic* (May 28, 2018). <https://academic.oup.com/annonc/advance-article/doi/10.1093/annonc/mdy166/5004443> [accessed: July 2018].

¹⁰ Thomas H. Davenport and Keith J. Dreyer, "AI Will Change Radiology, but it Won't Replace Radiologists", *Harvard Business Review* (March 27, 2018). <https://hbr.org/2018/03/ai-will-change-radiology-but-it-wont-replace-radiologists> [accessed: July 2018].

זוהי תופעה כללית במערכות הבינה המלאכותית. מערכות רבות מגיעות לביצועים על-אנושיים, אך בתחומים צרים מאוד. יש לשים לב לכך כאשר אנו פונים ליישם מערכות כאלו בעבור הצבא.

דוגמה רלוונטית נוספת הינה מערכת בינה מלאכותית הנקראת ARMOR, שהוכנסה לשימוש בשדה התעופה בלוס אנג'לס. המערכת ממליצה על מיקומים ועל זמנים להצבת מחסומי משטרה ואבטחה, תוך שהיא משקללת את המשאבים המוגבלים, את העובדה שיריב צופה במחסומים ולומד אותם, ואת חשיבות המטרות ופגיעותן. בשלהי העשור הקודם, לאחר שהופעלה המערכת במשך שנה אחת בלבד, כבר גדל מספר המעצרים שנבעו מתפיסת נשק בלתי-חוקי ומעבירות אחרות ב-30% לעומת השנה שקדמה לה. לאור הצלחתה שם, כיום נעשה שימוש באלגוריתם זה בתהליכי ההחלטה על הצבת מאבטחים בטיסות, על פטרולים של משמר החופים האמריקאי, על פיזור פקחים ברכבות, ועוד.

ניתוח טקסט: החל בתמלול הדיבור וכלה בהבנת טקסטים כתובים

מאז שנות ה-90 קיימות סביבנו מערכות היודעות לזהות דיבור. בין אם מילים בודדות במערכות טלמרקטינג וניתוב שיחות, וכלה במערכות הכתבה אישיות, המאפשרות לערוך טקסט ולכתוב ללא הקלדה. לאלו מצטרפות מערכות המתפקדות בשפה טבעית ויודעות לקרוא טקסטים, לתמצת, לזהות את הכותב (במקרים מסוימים גם את שפת האם שלו, אם זו שונה משפת הטקסט, ואפילו את מינו) וכמובן להתריע על מילים או על ביטויים מחשידים.

שפע הנתונים הטקסטואליים, שהם אולי סוג הנתונים הנפוץ ביותר לשימוש בבינה מלאכותית, הביא לתוצאות מרהיבות. במערכת העיתון **ווינגטון פוסט**, הפיקה מערכת בינה מלאכותית בשם הליוגרף למעלה מ-500 ידיעות במהלך מערכת הבחירות האחרונות בארה"ב,¹¹ והשימוש בה רק גובר ומשתכלל.¹¹ כלי דומה שהושק לאחרונה על ידי חברת גוגל, מייצר ערכים חדשים בוויקיפדיה על סמך אלפי דפי אינטרנט שנותחו בידי המכונה.¹² לאחרונה התפרסם כי מערכות של חברת עלי-באבא הסינית ושל מיקרוסופט ניצחו בני אדם במבחני הבנת הנקרא סטנדרטיים.¹³

יכולות אלו הצטרפו יחד ליצירת "בוטים" המשוחחים עם המשתמש בשפה טבעית, בטקסט ואף בדיבור. המערכת הראשונה מסוג זה הייתה Eliza, שנוצרה בשנת 1964. מערכות כאלה נמצאות בשימוש נרחב כיום, ביניהן אלקסה (אמזון), קורטונה (מיקרוסופט) וסירי (אפל). יכולות ניתוח הקול וזיהוי הדיבור שלהן מדהימות יחסית למערכות העבר.

¹¹ עומר שוברט, "הסיפור יכתוב את עצמו", **דה מרקר** (4 בפברואר 2018). <https://www.themarker.com/magazine/1.5770387> [נבדק לאחרונה ביולי 2018].

¹² Katyana Quach, "Look Out Wiki-Geeks. Now Google Trains AI to Write Wikipedia Articles", *The Register* (February 15, 2018). https://www.theregister.co.uk/2018/02/15/google_brain_ai_wikipedia/ [accessed: July 2018].

¹³ Robert Fenner, "Alibaba's AI Outgunned Humans in Key Stanford Reading Test", *Bloomberg* (January 15, 2018). <https://www.bloomberg.com/news/articles/2018-01-15/alibaba-s-ai-outgunned-humans-in-key-stanford-reading-test> [accessed: July 2018].

עם זאת, יש לשים לב כי יכולתן לפתור בעיות היא מוגבלת. מערכות אלו יודעות לענות על שאלות (כגון 'מתי הרכבת לפתח תקווה?'), אולם לא יודעות לפתור בעיות או לתכנן משימות מורכבות. המשתמש האנושי עדיין נדרש למלא תפקיד זה, לפחות לעת עתה. מאידך גיסא, הטכנולוגיה משתפרת מיום ליום; גוגל הודיעה לא מזמן על תוכנית ניסיונית (Duplex) המאפשרת לסוכן ממוחשב לקבוע פגישות בעבור לקוחות החברה, תוך שהוא מדבר איתם (ועם המוזמנים האחרים) בטלפון, בקול ובשפה טבעיים.



תמונה 24: אלקסה – העוזרת האישית של חברת אמאזון, מאפשרת שליטה על מוצרי בית חכם באמצעות פקודות קוליות. משתמשת ביכולות תמלול וניתוח טקסט מטכנולוגיות הבינה המלאכותית על מנת לענות לשאלות שנשאלת, זאת באמצעות תמצות מחיפוש שמבצעת באינטרנט. (Fabian Hurnaus, Pexels.com)

רובוטים וכלים אוטונומיים

לא נוכל להקדיש את המקום הראוי לדיון מעמיק ברובוטיקה ובאוטונומיה, ולכן נציין רק עובדה ברורה: רכבים אוטונומיים (ורובוטים בכלל) מביאים לידי ביטוי מספר גדול של יכולות בינה מלאכותית ומדעי הנתונים. חשוב להבין כי בשימושים האזרחיים, רובוטים אוטונומיים מתפקדים לאורך ימים ושבועות ללא התערבות אנושית (לדוגמה, מכסחות דשא רובוטיות, או רובוטים במחסני ציוד ואספקה); היכולות האוטונומיות הינן גבוהות מאוד.

ניקח כדוגמה כלי רכב קרקעיים אוטונומיים. חשיבותו הצבאית של נושא זה בעבור שירות אספקה, פטרולים ואף לחימה - ברורים ומובנים. החל מסוף שנות ה-80, מוסדות אקדמיים וגופי מחקר הדגימו שוב ושוב יכולות נהיגה אוטונומית בכבישים אזרחיים

לאורך מאות קילומטרים. בשנת 2004 הכריזה DARPA על תחרות נהיגה אוטונומית בתנאי שטח, מלוס אנג'לס ללאס וגאס. בתחרות זו השתתפה גם קבוצה ישראלית בחסות מפא"ת, שהגיעה למקום השני; הזוכה במקום הראשון נסע 11 ק"מ, בעוד הקבוצה הישראלית הצליחה לנסוע מרחק של כעשרה קילומטרים בלבד. DARPA החליטה לחזור על התחרות כל שנה עד שמישהו יצליח לסיים את המסלול כולו (400 ק"מ), והעריכה כי יעד זה יושג רק בעוד 10 שנים לפחות. אלא שבתחרות הבאה (שנת 2005), השלימו 6 קבוצות את המסלול והגיעו ליעד. תחרות זו סימנה את תחילת הפריצה של חברות אזרחיות מתחום המחשוב לשוק המכוניות, בהן גוגל, אובר ומובילאיי. חברות אלו חוברות ליצרניות מכוניות או מייצרות אותן בעצמן. כבר היום קיימות מכוניות בעלות יכולות נהיגה אוטונומיות מוגבלות (לדוגמה, Auto-Pilot של חברת טסלה).



תמונה 25.

שימוש בלמידת מכונה לניתוח ולאיפיון של הפרט ושל הארגון

השימוש הנרחב במדעי הנתונים בתחום הפרסום וההשפעה ידוע ברבים. מדובר ביכולת להסיק מידע על הפרט מתוך נתונים על התנהגותו, על העדפותיו ועל קשריו החברתיים והמקצועיים. אנו מתייחסים לתחום זה בחיי היום-יום כמובן מאליו, וכמו בכל טכנולוגיה, יש ביכולות אלו צדדים חיוביים ושליילים. השאלה היא מי משתמש בהן, ולשם מה.

טכנולוגיות ניתוח ואפיון זכו לפרסום שלילי רב בעקבות פרשיית "קיימברידג' אנליטיקה". חברת ייעוץ פוליטי שילבה טכנולוגיות מתחום מדעי הנתונים לצורך השפעה על תהליכי הבחירות לנשיאות ארצות הברית ובקמפיין הברקזיט ליציאת בריטניה מהאיחוד האירופי. תוך שימוש במידע מהרשתות החברתיות, ערכה החברה ניתוח אישיותי ופילוח אוכלוסין, ועל סמך אלה הפיצה לכל נמען מידע מותאם אישית שתומך בלקוחות החברה ומשמיץ את יריביהם.

אולם, לא כל שימוש ביכולות אלו הוא שלילי. היכולות של מנועי חיפוש והמלצה

להתאים את תוצאות החיפוש לטעם האישי ולהעדפות אישיות הופכות אותם לאפקטיביות מאוד. דוגמה חיובית הינה השימוש בניתוח נתוני משאבי אנוש בתהליכי גיוס לחברות,¹⁴ המפחיתים משמעותית את עלות הגיוס וסינון המועמדים. בתהליך זה מנותחים נתונים שנאספים על המועמד, לעיתים ללא ידיעתו, ואלגוריתמיקה קובעת לו ציון התאמה לתפקיד באופן אוטומטי ומסננת את המתאימים ביותר מבין מאות מועמדים למשרה. כך גם הולך וגובר השימוש בכלים דומים להערכת עובדים בתוך ארגונים.

ניתוח נתונים מתוך רשתות חברתיות וארגוניות יכול גם לחשוף מידע ארגוני, בטכניקות מתחום Link Analysis, שהחל לפרוח בעשור הקודם:¹⁵ מבנה הארגון, הקשרים הסמויים בו (המהווים חלק חשוב מתפקוד הארגון, אבל לא מופיעים במבנה הארגוני הרשמי), קשרי התלות המגוונים שמתקיימים בו, מידת וסדר חשיבותם של פרטים ושל בעלי תפקידים ועוד. מערכות כאלו נמצאות בשימוש ה-FBI ויחידות משטרה שונות בארה"ב לניתוח ארגוני טרור ופשע. יכולות ניתוח מבנה ארגוני יכולות, לדוגמה, להעריך את ההשפעה הארגונית שתהיה לנטרול בעל תפקיד כזה או אחר.¹⁶

הבינה המלאכותית משנה את כללי המשחק בעולם

בשנים האחרונות החל "מרוץ חימוש" של המעצמות בתחום. מנהיגי העולם מכריזים קבל עם ועדה כי הם מציבים את הבינה המלאכותית כאסטרטגיה. נשיא ארה"ב לשעבר, ברק אובמה, מינה בעל תפקיד בכיר (Chief Data Scientist), שתפקידו לקדם פתרונות מבוססי ניתוח מידע מתקדם. סין הכריזה כי שמה לעצמה יעד להיות ראשונה בעולם בתחום עד שנת 2030. בנאום מול סטודנטים בספטמבר האחרון, הכיר נשיא ברית המועצות, ולדימיר פוטיין, בחשיבותה של הבינה המלאכותית. לדבריו: "מי שישלוט בבינה המלאכותית ישלוט בעולם".¹⁷ נשיא צרפת, עמנואל מקרון, יצר תוכנית עתירת משאבים לקידום הבינה המלאכותית בדגש על הקמת רשת מרכזי מחקר ייחודיים, שימור הטאלנטים האקדמיים בצרפת, והתמקדות בפתרונות בעבור עולם הרפואה והרכבים האוטונומיים.¹⁸ כמובן שלמרוץ החימוש המעצמתי בבינה מלאכותית יש תרגום ישיר לשימושים ביטחוניים-צבאיים. כך, למשל, משרד הביטחון (DoD) של ארצות הברית מציב את הבינה

¹⁴ נתן סטולרו, "איך מתמודדים בהצלחה עם אתגרי גיוס כוח אדם איכותי?", **גלובס** (4 בספטמבר 2018), https://www.globes.co.il/news/article.aspx?did=1001248212#fromelement=ad_viewer-3729 [נבדק לאחרונה ביולי 2018].

¹⁵ Wikipedia contributors, "Link Analysis", *Wikipedia, The Free Encyclopedia* (October 30, 2017). https://en.wikipedia.org/wiki/Link_analysis [accessed: July 2018].

¹⁶ Kathleen M. Carley, "Estimating Vulnerabilities in Large Covert Networks", *Institute for Software Research International* (Carnegie Mellon University, 2004).

¹⁷ רפאל קאהאן, "פוטיין: המדינה שתשלוט ב-AI תשלוט בעולם כולו", **כלכליסט** (4 בספטמבר 2017). <https://www.calcalist.co.il/internet/articles/0,7340,L-3720438,00.html> [נבדק לאחרונה ביולי 2018].

¹⁸ Nicholas Thompson, "Emmanuel Macron Talks to Wired About France's AI Strategy", *Wired* (March 31, 2018). <https://www.wired.com/story/emmanuel-macron-talks-to-wired-about-frances-ai-strategy/> [accessed: July 2018].

המלאכותית כנושא מרכזי באסטרטגיית ההיסט השלישית¹⁹ והשקיע במהלך שנת 2017 למעלה מ-7.4 מליארד דולר (!) בפרויקט MAVEN לקידום הבינה המלאכותית. מטרתו המוצהרת של הפרויקט היא לחזק את האדם באמצעות הבינה המלאכותית.

לשמחתנו, בימים אלו (יוני 2018) בישר ראש הממשלה בנימין נתניהו על התנעת מהלך לאומי דומה במדינת ישראל, להקמת תוכנית אסטרטגית לקידום הטכנולוגיה.²⁰ את התוכנית יוביל פרופסור איציק בן-ישראל. לדבריו, השאיפה היא שישראל תהיה אחת מחמש המובילות בעולם בתחום הבינה המלאכותית.²¹

גם בצה"ל הובן הפוטנציאל זה מכבר, וסנוניות סיפורי ההצלחה מהדהדים מכל עבר: ניתוח מידע מודיעיני בהיקף עתק לשיפור אפקטיביות הלחימה²² או לסיכול פיגועים,²³ זיהוי פנים במעברים של צה"ל, הטמעת טכנולוגיות וסנסורים²⁴ בטנק החדש המאפשרים נהיגה בטוחה יותר בשדה הקרב, וניתוח המידע הרב הנקלט בהם לשיפור כשירות הכלי. אך אין זה מספיק. הדרך למימוש אינה שיטתית באופן שמאפשר פיתוח בעוצמה גבוהה יותר ומפושטת לכלל תהליכי הצבא. נדרשת קפיצת מדרגה בהתארגנות של צה"ל למימוש מאסיבי של הטכנולוגיות.

חשוב להכיר בעובדה כי הטכנולוגיות שאנו עוסקים בהן הן זולות וזמינות לכול. נעשה בהן שימוש נרחב ב"קוד פתוח"; כלומר, האלגוריתמים שמובלים על ידי מרכזי המחקר באוניברסיטאות ובחברות הענק מפורסמים באופן גלוי, מה שהופך את השימוש בהן לעממי לנו ולידידותינו, אך גם לאויבנו.²⁵

מתוך הבנת הפוטנציאל העצום של הטכנולוגיה, לצד הסיכון העצום הקיים באימוץ חלקי שלה, נדרש גם צה"ל להגדיר את הבינה המלאכותית כאמל"ח אסטרטגי בעל השפעה מסדר שני על תורות הלחימה ועל בניין הכוח, בדומה למעצמות העולם ולצבאותיהן. על צה"ל לתכנן מפת דרכים ובה צעדים ברורים ומשמעותיים לשילוב הטכנולוגיות הללו בתהליכו.

¹⁹ אסטרטגיית היסט (offset) מטרתה לייצר שינוי חד במאזן הכוחות למול היריבים באמצעות בניין כוח טכנולוגי. אסטרטגיית ההיסט השלישית היא האסטרטגיה מהשנים האחרונות.

²⁰ יהודה קונפורטס, "יצחק בן ישראל ואביתר מתניה יעמדו בראש צוות המשובח שמקים נתניהו", **אנשים ומחשבים** (4 ביוני 2018). <http://www.pc.co.il/news/267072>. [נבדק לאחרונה ביולי 2018].

²¹ אורי ברקוביץ וטל שחר, "נהפוך את ישראל לאחת ממדינות הבינה המלאכותית המובילות", **גלובס** (11 באוגוסט 2018). https://www.globes.co.il/news/article.aspx?did=1001249550#utm_source=iglobes&utm_medium=referral&utm_campaign=iglobes [נבדק לאחרונה באוגוסט 2018].

²² לילך שובל, "צה"ל חשף את יחידת הפיתוח של המודיעין: 'אנחנו מתייחסים לזה כמו לסטארט אפ'", **ישראל היום** (30 בינואר 2018). <https://www.israelhayom.co.il/article/525673>. [נבדק לאחרונה ביולי 2018].

²³ ניב קובוביץ, "פרס ביטחון ישראל הוענק לפרויקט גילוי המנהרות", **הארץ** (26 ביוני 2018). <https://www.haaretz.co.il/news/politics/1.6217641>. [נבדק לאחרונה ביולי 2018].

²⁴ יואב זיתון, "בינה מלאכותית והסתערות בלי להוציא את הראש: טנק המרכבה החדש", **Ynet** (19 ביולי 2018). <https://www.ynet.co.il/articles/0,7340,L-5312859,00.html>. [נבדק לאחרונה ביולי 2018].

²⁵ Samuel Gibbs, "Google's AI is Being Used by US Military Drone Programme", *The Guardian* (March 7, 2018). <https://www.theguardian.com/technology/2018/mar/07/google-ai-us-department-of-defense-military-drone-project-maven-tensorflow> [accessed: July 2018].

אזהרת מסע

אמנם לא בכדי הוגדרה הבינה המלאכותית כמהפכה תעשייתית, אך חשוב לזכור שאין זו הפעם הראשונה בהיסטוריה שכותרת זו הוצמדה לתחום. מהפכת המידע מהשנים האחרונות הביאה לזמינות נתונים בהיקף חסר תקדים לצד יכולות עיבוד חסרות תקדים, שהובילו לפריצות דרך ולהישגים שלא היו בעבר. פריצות דרך אלו הן תופעה מוכרת למי שעוסק בתחום זה שנים. גל דומה של אופטימיות (ובצידה היסטוריה) אירע בשנות ה-80 בתקופה הידועה כ-"Artificial Intelligence Winter".²⁶ פריצות דרך היו גם אז, והן אכן הביאו לתוצאות שכמותן לא נראו מעולם. אלא שהבטחות חסרות אחריות הביאו בסופו של דבר לאכזבות שבעקבותיהן גם טכנולוגיות מצליחות ומוכחות נדחו ונתקלו בהתנגדות. יש הטוענים כי אנו בעיצומו של גל נוסף כזה.²⁷ לכן, טרם היציאה למסע אל עבר אימוץ הטכנולוגיה בידי צה"ל, אנו מעודדים לקיחת צעדים מתונים ושקולים במסגרת מפת הדרכים שאותה אנו מציעים. רק כך ניתן יהיה למצות את הפוטנציאל המקסימלי תוך סיכון מינימלי.

מפת הדרכים לצבא תבוני

מהי, אם כן, מפת הדרכים לצבא תבוני? כיצד בונים צבא שממנף את יכולות הבינה המלאכותית לשימושים המביאים לו תועלת משמעותית בשדה הקרב והתייעלות מתמשכת בשגרה? מפה זו מורכבת מקידום תנאים מאפשרים לצד הקפדה על מתודולוגיה להטמעת הטכנולוגיה באופן מבטיח ובטוח. צעדים אלו מהווים תשתית מתבקשת שיש להניחה בהקדם, בכדי לאפשר לבינה המלאכותית להשפיע על צה"ל באופן מהותי.

תנאים מאפשרים

ישנם ארבעה תנאים שבהם תלויה הטמעת הבינה המלאכותית בצה"ל, והם יפורטו להלן.

1. כוח אדם ייחודי וייעודי

פיתוח והטמעה של טכנולוגיות בינה מלאכותית בצה"ל דורשים כוח אדם ייחודי ומיומן:
 א. מהנדסי מידע - ניהול מאגרי הֶצֶתק והשינוע המורכב של המידע אליהם.
 ב. אנליסטים - שליפת נתונים ממאגרי הנתונים והצגתם לצרכנים בצורה נגישה ומובנת.
 ג. חוקרי מידע - מימוש המודלים והאלגוריתמים המתקדמים של מיצוי המידע והבינה המלאכותית.

²⁶ Wikipedia contributors, "AI Winter", *Wikipedia, The Free Encyclopedia* (updated: 16 July 2018). https://en.wikipedia.org/wiki/AI_winter [accessed: July 2018].

²⁷ Filip Piekniowski, "AI Winter Is Well On Its Way", *Piekniowski's Blog* (June 2018). <https://blog.piekniowski.info/2018/05/28/ai-winter-is-well-on-its-way/> [accessed: July 2018].

לשלושת המקצועות הללו נדרש כוח אדם בעל רקע אקדמי במדעי המחשב ובהנדסת התוכנה לצד יכולת גבוהה בהבנת הצורך המבצעי ובתרגומו לפתרון מבוסס בינה מלאכותית. חוקרי המידע בפרט נדרשים ליכולת מחקר מתקדמת, הדומה לתהליכי מחקר בתארים מתקדמים. פיתוח כוח אדם ייחודי זה אינו יכול להסתכם בקורס לחיילי חובה או בהשתלמויות עיתיות, אלא דורש הכשרה מעמיקה ורחבה שתפתח מיומנות אקדמית מחקרית, בדומה לפרויקט 'תלפיות'. כבר היום לוקח צה"ל צעדים מעשיים לפיתוח כוח אדם בעבור מקצועות אלו באמצעות מסלולי מצויינות לעתודאים ולקצינים מצטיינים בתחום, והחל בהתארגנות הרצויה בתקינה הנדרשת.



תמונה 26: תצפיתנית. לצד הגידול הרצוי במהנדסי מידע, בחוקרי מידע ובאנליסטים, קיים צפי, בשל חדירת טכנולוגיות הבינה המלאכותית, שמקצועות מסורתיים, כגון נהגים, תצפיתניות, פקידות, מפענחים ועוד – ייעלמו. (צילום: ירדן מן, דובר צה"ל)

גם העולם העסקי מבקש להגדיל את היקף העובדים בתחומי הבינה המלאכותית. כך, לדוגמה, חברות הענק מעסיקות מומחים בתחום בשכר של מאות אלפי דולרים בשנה. חברת Google שילשה את כמות חוקרי המידע שלה, זאת לצד גידול משמעותי בפרסומים אקדמיים בתחום חקר המידע, המעידים על מאפייניו האקדמיים של התפקיד.²⁸ המחסור בכוח אדם המתמחה בתחומים הללו מייצר באופן טבעי תהליכי ביקוש והיצע, המשפיעים ישירות על בריחת המוחות מצה"ל, ביחוד על דרג הקצונה הראשונית. לפיכך, חשוב

Antonio Regalado, "Google's AI Explosion in One Chart", *Technology Review* (March 25, 2017). <https://www.technologyreview.com/s/603984/googles-ai-explosion-in-one-chart/> [accessed: July 2018].

להיערך לשימור ההון האנושי וליצור תוכניות שירות אטרקטיביות, בדומה לנעשה בתחומים טכנולוגיים אחרים בצה"ל (בעיקר בתחום הסייבר).
 לצד הגידול הרצוי במהנדסי מידע, בחוקרי מידע ובאנליסטים, קיים צפי, בשל חדירת טכנולוגיות הבינה המלאכותית לעולם ולצה"ל,²⁹ שמקצועות מסורתיים, כגון נהגים, תצפיתניות, פקידות, מפענחים ועוד - ייעלמו.³⁰ מעניין לראות מחקר שפרסמה לינקדין (הרשת החברתית המקצועית הגדולה בעולם)³¹ על התפתחות מקצועות חדשים בעולם התעסוקה, רובם ככולם קשורים למהפכת המידע. לכן יש להתארגן באופן מסודר לחלוקה מחדשת של משאבי האנוש בין המגמות המקצועיות המתפתחות ולהתכונן להשלכות של חלוקה זו על הארגון הצבאי בכלל (צמצום מערכים או אפילו סגירתם).

2. אתגר ה-Big Data

המידע הוא המאפשר המרכזי לקיומם של מדעי הנתונים ושל חלקים נרחבים בבינה המלאכותית. בכדי שיתווה מידע שינוחח בשיטות מתקדמות של בינה מלאכותית, יש לייצר אותו באופן דיגיטלי. כלומר, יש למכך את תהליכי המידע וקבלת ההחלטות בצה"ל, עד הקצה. בעידן האינטרנט של הדברים (IoT),³² השליטה במידע תתאפשר בעיקר על ידי יצירת תשתיות לאגירת נתונים סנסוריאליים. נתונים אלה נוצרים ומתקבלים ממגוון המערכות ואמצעי הלחימה של צה"ל בקצב מהיר מאוד, באיכות טובה ובמהימנות גבוהה, ומהווים קרקע אופטימאלית למחקרי מידע ולמימוש פוטנציאל הבינה המלאכותית.
 שליטה במידע תתאפשר על ידי היתוך ועיבוד הנתונים הסנסוריאליים, שכן אין משמעות למידע האי-סופי שנוצר ושנאסף ללא ניתוח מדויק והפצת המידע הרלוונטי בזמן הנדרש. ככל שמערכות הבינה המלאכותית מסתמכות על מאגרי מידע רבים ומגוונים, כך הן יכולות להביא תועלת רבה יותר ולהיות ישימות למגוון רחב של תרחישים. זאת משום שהאלגוריתמים מבוססים על למידה מניסיון; ככל שקיימים יותר נתוני עבר שהאלגוריתם יכול ללמוד מהם, הוא יהיה מסוגל להגיע לרמת דיוק גבוהה יותר.

תוכנת הניווט Waze מהווה דוגמה מצוינת להשפעת קיומו של מאגר מידע וזמינותו על

²⁹ James Manyika, et al., "Jobs Lost, Jobs Gained: What the Future of Work Will Mean for Jobs Skills and Wages", *McKinsey* (November 2017). <https://www.mckinsey.com/featured-insights/future-of-organizations-and-work/jobs-lost-jobs-gained-what-the-future-of-work-will-mean-for-jobs-skills-and-wages> [accessed: July 2018].

³⁰ Matt McFarland, "Robots: Is Your Job at Risk?", *CNN* (September 15, 2017). <https://money.cnn.com/2017/09/15/technology/jobs-robots/index.html> [accessed: July 2018].

³¹ Sohan Murthy, "Top 10 Job Titles That Didn't Exist 5 Years Ago", *LinkedIn* (January 6, 2014). <https://business.linkedin.com/talent-solutions/blog/2014/01/top-10-job-titles-that-didnt-exist-5-years-ago-infographic> [accessed: June 2018].

³² האינטרנט של הדברים (או בקיצור, IoT), זוהי רשת של חפצים פיזיים המשובצים באלקטרוניקה, בתוכנה ובחיישנים, המאפשרים תקשורת מתקדמת בין החפצים ויכולות איסוף והחלפת מידע. רשת זו צפויה להוביל לאוטומציה בתחומים רבים. האינטרנט של הדברים כולל בין השאר את תחומי "הבית החכם" ו"העיר החכמה". להרחבה ראה: יאיר אדיב, זיו דיין ונורית כהן-אינגר, "מלחמת הדברים", *מערכות*, 468-469 (צה"ל: 2016).

הצלחת הטכנולוגיה. את הבסיס הטכנולוגי לתכנון מסלול על מפה נתונה למד כל סטודנט לתואר ראשון במדעי המחשב מאז שנות ה-70. Waze התאפשרה לא בגלל יכולת תכנון ואלגוריתמיקה חדשה, אלא בגלל שינוי דרמטי בהיקף הנתונים ובזמינותם. על בסיס אותה האלגוריתמיקה המוכרת, ובהינתן הנתונים הזמינים, ניתן היום לעשות תכנוני מסלול בעבור משתמשים רבים מאוד, בעלי צרכים שונים. עדכונים בזמן אמת שמגיעים מתוך המשתמשים עצמם ("חוכמת ההמונים") יוצרים תמונת דרך משותפת ועדכנית. אם פעם היכולת לכך הייתה מוגבלת למשתמשים מוסדיים גדולים, היום היא מתאפשרת גם לנהג בודד.

ניתן בפירוט לדמיין Waze צבאי, אשר מסוגל לתכנן מסלולים ליעדים תוך הימנעות מסיכונים שונים. המידע על סיכונים אלה יגיע מרכיבי מודיעין במערכת תוך התחשבות במאפייני התנועה הייחודיים של מגוון הכלים, בתוואי הדרך ובכוחות שונים, ותוך מתן עדכונים בזמן אמת. האלגוריתמיקה למערכת כזו כבר קיימת וזמינה. השאלה המתבקשת היא האם הנתונים קיימים בצה"ל?



תמונה 27: צילום מסך מתוכנת הניווט Waze.

יש לשנע, לאגור, לנהל ולעבד מידע בהיקפים אלו בתשתיות חדשניות המתאימות לכך, ולהחליט על מדיניות משך שמירת ההיסטוריה. כמו כן יש להנגיש אנליטיקות מבסיסי הנתונים הרבים (והמנותקים זה מזה) בצה"ל, מבלי לפגוע בעצמאותן של המערכות המייצרות את הנתונים או במידור אשר לעיתים מתחייב בהם.

צה"ל נוהג שלא להשקיע בתשתיות וב"שכבות התחתונות", שכן התפוקה מכך אינה נראית לעין. אך בהקשר לטכנולוגיות הבינה המלאכותית ומיצוי המידע, אין דרך ליישמן בלי תשתית הולמת, ולכן הדבר הכרחי. מדובר בבניין כוח משמעותי לתר"ש הקרובה, בעיקר בהיבט של המשאבים הנדרשים להקמת התשתיות בעבור המשימה.

לבסוף, יש חשיבות להצלבת נתונים, להיתוך מעולמות תוכן שונים וליצירת מאגרי נתונים מולטי דיספלינריים. כך למשל, חיבור נתונים מודיעיניים לצד נתונים על כוחותינו (אדום וכחול) יכול לשפר משמעותית את פעילותו המבצעית של צה"ל. בהיבטים תומכי הלחימה, חיבור נתוני הלוגיסטיקה עם משאבי האנוש, הנתונים הרפואיים ונתוני התקינה, יכול ליעל את פעילותו של צה"ל בשגרה, ואת כשירותו ומוכנותו לחירום.

3. השתנות צבאית - תהליכי עבודה דיגיטליים

כדי ליצור מהפכה טכנולוגית בצה"ל, נדרש לעשות שימוש מיטבי במידע. שימוש כזה מחייב תכנון ויישום תהליכים דיגיטליים; לא רק שיפור אינקרמנטלי של התהליכים הקיימים, אלא שינוי מהיסוד של הדרך שבה אנחנו פועלים. טרנספורמציה דיגיטלית מחייבת אותנו להיפטר מהרגלים ישנים, כגון גיליונות אקסל ארוכים ומפורטים שעוברים במיילים, שיחות טלפון ומסרונים לסיכום החלטות, מערכות ורשתות שאינן מקושרות.



תמונה 28: תרשים המסכם את התנאים המאפשרים להטמעת הבינה המלאכותית בצה"ל.

לצד זאת, עיקרון מרכזי במימוש הדיגיטלי בשנים האחרונות הוא שמירה על זמישות (Agility).³³ לפי עיקרון זה, כדי להדביק את הקצב הקיים בעולם ולייצר החזר השקעה ברור ומיידי, עלינו להתאים את עצמנו במהירות ובגמישות למציאות המשתנה, למעגלים קצרים של תכנון וביצוע, ולמשימות טכנולוגיות. חשוב לזכור שהטמעת תפיסות עתירות טכנולוגיה הינה דבר מורכב כשלעצמו. צה"ל ניסה ליישם רעיונות דיגיטליים ורשתיים בעבר בהצלחה חלקית בלבד. על לקחי העבר לעמוד למול עינינו בתכנון המפורט של מפת הדרכים להצלחת המהלך.

4. מנהיגות להשתנות הנדרשת

יצירת חזון ומפת דרכים למימוש השתנות מסדר גודל כזה בצה"ל מחייבת "יד מכוונת", מנהלת בעלת ראייה מערכתית, על-זרועית ונטולת אינטרסים. על המנהלת להתחיל מהפצת הבשורה על מגמת השינוי ולקדם את העיסוק בתנאים המאפשרים אותה. יהיה עליה להגדיר את בניין הכוח הנדרש, לאתר הזדמנויות, ליצור תוכנית עבודה ולתכנן את המשאבים הנדרשים ברמה המערכתית, באופן שמייצר היתוך בין עולמות תוכן שונים. במעלה הדרך היא תצטרך להסדיר רגולציות וארכיטקטורות ולעסוק בסוגיות במעגל שני, כמו מידור, אתיקה ועוד.

³³ זמישות - זריזות וגמישות.

כדי לרתום את הארגון להשתנות מסדר זה, מומלץ שהדרג הבכיר יראה בפיתוח הטכנולוגיה ובהטמעתה משימה הנמצאת בראש סדרי העדיפויות של הארגון.³⁴ בהקשר של בינה מלאכותית, ניכר כי בדרג המטה הכללי בצה"ל קיימת הבנה של הפוטנציאל ושל חשיבות הטכנולוגיה, המאפשרת את הקצאת המשאבים והקשב הנדרשים בתר"ש הקרובה. אך אין זה מספיק.

ההובלה אינה יכולה להתבטא רק בדרג המטכ"ל אלא היא נדרשת בכל תהליך שתיושם בו הבינה המלאכותית. נדרש "צ'מפיון" מבצעי אשר יוביל באופן אישי את הגדרת הצורך, ינחה את הפיתוח וילווה את הטמעת קפיצת המדרגה הנדרשת בכל יכולת חדשה, אשר באופן טבעי תסבול בהתחלה מקשיים.

כיוון שחלק משמעותי בהובלת השינוי בכל דרג נובע מהבנת הפוטנציאל ומיצירת שפה משותפת לתיאור החזון ומפת הדרכים אליו, נדרש להקדיש פרק בהכשרות המפקדים בצה"ל להבנת שלל היכולות והמשמעויות של הבינה המלאכותית. מאמר זה מהווה מבוא רלוונטי לעניין זה.

מתודולוגיה להטמעת הטכנולוגיה

התנאים המאפשרים מהווים הכרח לארגון שמעוניין לבצע את קפיצת המדרגה לבינה המלאכותית, אך לכשעצמם אינם מספקים. לאופן שבו מוטמעת הטכנולוגיה יש חשיבות אדירה. להלן נסקור כמה המלצות ועקרונות שעליהם יש להקפיד בעת יישומה של הבינה המלאכותית כדי ליצור חוויית הצלחה.

1. הטמעה הדרגתית ושמירת האדם בלולאה

אחת ההגדרות הפופולריות לבינה מלאכותית³⁵ היא ש"מחשבים יעשו את מה שהם עושים בסרטי המדע הבדיוני". הגדרה זו מרמזת על החשש האנושי הקיים בהטמעת מערכות מבוססות בינה מלאכותית; הפחד שלנו הוא שהגולם יקום על יוצרו, אך חשוב לומר שהחשש הזה איננו מציאותי.

כולנו מושפעים בדרך זו או אחרת מסרטי המדע הבדיוני. לעיתים, הסרטים מייצרים אצלנו דעות קדומות, חששות ופחדים מוגזמים בעיקר על יכולתה של הטכנולוגיה לקום על יוצרה. הבנה מעמיקה של היכולות השונות ושל מגבלות הטכנולוגיה מנטרלת חשש זה. לכן, בבואנו להטמיע מערכות מבוססות בינה מלאכותית, יש להקדים ולהסביר עליהן עד כמה שניתן.

לצד זאת, מקנן בנו חשש נוסף - האם המכונה תהיה טובה מאיתנו ואף תחליפנו? האינטראקציה בין האדם למכונה הינה נושא הנלמד ומתפתח משמעותית בשנים האחרונות, אשר נשען בעיקר על תחום הפסיכולוגיה. טכנולוגיות רובוטיות ואוטומציה

³⁴ שי קיוויטי, "על השינוי - על טבעו של שינוי וכיצד לבצעו", **בין הקטבים**, 9 (צה"ל: מרכז דדו, דצמבר 2016).

³⁵ ההגדרה שעליה נרחיב כאן ניתנה על ידי אסטרו טלר, GoogleX Director, חברת בת של Google, אשר עוסקת בחדשנות ובפיתוחים העתידיים.

קוראות תיגר על תפקודים מסורתיים, ולא קשה לחזות עתיד שבו מכוונות חכמות תחלפנה אנשים. לפיכך, יש להתייחס במשנה זהירות להטמעת יכולות בינה מלאכותית, ולהתחשב ככל האפשר באספקטים הפסיכולוגיים (חששות אישיים, אגו, וכו') של הטמעת מערכות מסוג זה; חשוב להתמודד עם הרגשות הכרוכים בכך, ולא להשתמש בטיעונים הגיוניים בלבד.

על כן, בבואנו לממש יכולת המבוססת על בינה מלאכותית נדרשים הדרגתיות וצעדים קטנים ששומרים את האדם בתמונה (Man in the Loop). יכולות אלו אינן אמורות להחליף את האדם (בשלב זה), אלא לאגבר (לייצר סינרגיה) את יעילותו בתהליכי העבודה, ובכך להפחית את החששות וההתנגדות הטבעיים של המשתמש.

מסיבה זו, פרויקטי ענק לקידום בינה מלאכותית אינם עוסקים בשלב הראשוני בהחלפת האדם על ידי המכונה, אלא דווקא בהעצמת האדם על ידי המכונה. לדוגמה, בפרויקט הדגל MAVEN של ה-DoD בארה"ב ³⁶ "Man and Machine Work Together" בפרויקט זה מקפידים על קיומם של צעדים "קטנים" ולא יומרניים, שכל אחד מהם מביא יכולת המבוססת על הטכנולוגיה, תוך הוכחת החזר ההשקעה מכל יישום. ³⁷ הדגש המרכזי בפרויקט הוא שתוצרי הבינה המלאכותית פועלים לצד האדם ולהעצמתו. שיטה זו מאפשרת הצלחות מהירות (quick wins) המעוררים בקרב הארגון והמשתמשים בטכנולוגיה "תיאבון" לתוצרים נוספים, לאחר שזו רכשה את אמונם.

גם ב-DARPA עוסקים רבות בקשר שבין האדם למכונה, ואף מכנים זאת "סימביוזה". הם עוסקים בחקר הגורמים לבניית אמונו של האדם במידע ובמערכות בינה מלאכותית אשר מנתחות אותו וממליצות לו על דרכי פעולה. ³⁸

יתרה מכך, קל יותר להטמיע אוטומציה במשימות משעממות, מסוכנות, מלוכלכות או מרוחקות (Dangerous, Dull, Dirty, Distant), כגון פירוק פצצות ועבודות ניקיון, כיוון שבני האדם חשים נוחות ולגיטימציה כאשר מכוונות מחליפות אותם במשימות אלו. על אף האמור בנוגע לשמירת האדם בלולאה, יש להיערך לעידן של משרות חדשות (כמו גם משרות שצפויות להיעלם מהעולם ולייצר אבטלה). בהקשר זה, השכיל הנשיא האמריקאי טראמפ להקים תוכנית ממשלתית כזו במסגרת תפיסתו ³⁹ America first.

³⁶ Mark Pomerleau, "DoD's Third Offset Strategy: What Man and Machine Can Do Together", DefenseSystems (May 4, 2016). <https://defensesystems.com/articles/2016/05/04/dod-work-on-third-offset-strategy.aspx> [accessed: July 2018].

³⁷ Marcus Weisgerber, "The Pentagon's New Algorithmic Warfare Cell Gets Its First Mission: Hunt ISIS", *Defense One* (May 14, 2017). <http://www.defenseone.com/technology/2017/05/pentagons-new-algorithmic-warfare-cell-gets-its-first-mission-hunt-isis/137833/> [accessed: July 2018].

³⁸ Dom Galeon and Kristin Houser, "DARPA: We're Moving to Merge Humans and Machines", *Futurism* (February 14, 2017). <https://www.google.com/amp/s/futurism.com/darpa-were-moving-to-merge-humans-and-machines/amp/> [accessed: July 2017].

³⁹ Will Knight, "The White House Says a New AI Task Force Will Keep America First and Protect Its Workers", *Technology Review* (May 10, 2018). <https://tinyurl.com/yb2v8lt5> [accessed: July 2018].

שמטרתה לשמר את עליונותה של ארצות הברית בתחום הבינה המלאכותית. הייעוד העיקרי של התוכנית הוא לעסוק ברמה הלאומית בעתיד התעסוקה ובהשתנות הנדרשת כדי למנוע משבר אבטלה בשל הטכנולוגיה המשבשת.

גם בצה"ל, כפי שהוזכר קודם, קיים פוטנציאל להסטה בעולם המקצועות. כבכל שינוי משמעותי, צפויה התנגדות עזה מצד המערכים המקצועיים בצה"ל, שיעשו ככל יכולתם להגן על בעלי התפקידים במערך ולהצדיק את מקומם בארגון.⁴⁰ יידרש תהליך רגיש אך נחוש בנושא, כדי למקסם את האפקט של הבינה המלאכותית ולמזער התנגדויות המבוססות על אינטרסים.

2. הסברת האלגוריתמים והנגשתם

מעבר להקפדה על העצמת האדם באמצעות המכונה, חשוב להנגיש מערכות מבוססות בינה מלאכותית למשתמשים מבצעיים באופן ברור ואינטואיטיבי. ראשית, יש להסביר ככל שניתן את האופן שבו האלגוריתם פועל, וכיצד הגיע להמלצות או לתחזיות שאליהן הגיע. תחום זה ידוע כ־ Explainable AI, ומובל מחקרית בעולם על ידי DARPA.^{41 42}

הרעיון שעומד מאחורי התפיסה הוא יצירת הסבר פשוט על הפרמטרים המרכזיים בעלי ההשפעה הרבה ביותר על האלגוריתם. חשוב להבין שאלגוריתמים מבוססי למידת מכונה או למידה עמוקה כוללים מאות ולעיתים מליוני פרמטרים, שנלמדים בתהליך איטרטיבי (שחוזר על עצמו) על סמך נתונים שנאספו בעבר, ומשמשים לניבוי מידע חדש. במקרים אלו, נכון לייצר הדרגתיות. יש להתחיל בפיתוח מודל ראשוני עם מעט פרמטרים (על חשבון דיוק התוצאות), כדי שניתן יהיה להסביר את הפרמטרים בקלות וכך לבנות את אמון המשתמש. לאחר ביסוס האמון והצלחת הטמעת המודל, ניתן לעלות שלב ולפתח מודל מורכב יותר, שיפיק תוצאות מדויקות ומשופרות.

דוגמה מצוינת להסברת אלגוריתם בינה מלאכותית ניתן לראות באפליקציית הניווט Waze. האפליקציה מציגה אפשרויות למסלולים אלטרנטיביים על סמך שני פרמטרים מרכזיים: זמן ומרחק. ברור כי המודל שעליו מתבססת האופטימיזציה מורכב עשרות מונים, אך הפשטתו והנגשתו המנומקת למשתמש מייצרת אמון. גם תהליך ההטמעה של המוצר מהווה דוגמה חיובית: לפני שנים ספורות, הכוונת ה־Waze הייתה בגדר המלצה בלבד. כיום, מאה מיליון משתמשי האפליקציה נותנים בה אמון מלא, ואינם מערערים על המסלול שאותו היא מציעה.

נוסף על הסברת האלגוריתם, נדרש לייצר שקיפות מלאה שבמסגרתה יהיה המשתמש

⁴⁰ הדס מינקא-ברנד, "רשתיות - שפרי הופעתך", **בין הקטבים**, 5 (צה"ל: מרכז דדו, 2015), עמ' 22.

⁴¹ David Gunning, "Explainable Artificial Intelligence", *DARPA* (November 16, 2017). <https://www.darpa.mil/program/explainable-artificial-intelligence> [accessed: July 2018].

⁴² David Gunning, "Explainable Artificial Intelligence", slideshow, *DARPA* (August 11, 2016). https://www.darpa.mil/attachments/XAIIndustryDay_Final.pptx [accessed: July 2018]; Kathryn Hume, "When Is It Important for an Algorithm to Explain Itself?", *Harvard Business Review* (July 6, 2018). <https://hbr.org/2018/07/when-is-it-important-for-an-algorithm-to-explain-itself> [accessed: July 2018].

מודע למידת הדיוק של הטכנולוגיה. במילים אחרות, חשוב להבהיר למשתמש עד כמה האלגוריתם מצליח או נכשל במילוי תכליתו. כאשר מייצרים הסברה בהירה וברורה של האלגוריתם ומנגישים אותו כראוי למשתמש, תוצאות האלגוריתם והמלצותיו מתקבלות על ידו באופן שלם יותר.

חלק משמעותי ביצירת הבנת המשתמש היא ויזואליזציה של הנתונים והאנליטיקות. הנגשה ויזואלית זו בונה את אמון המשתמש במידע ובתובנות המופקות ממנו, שכן כידוע "תמונה שווה אלף מילים".

3. הנעת הארגון על ידי מידע (Data Driven Organization)

בניית ארגון אשר מונע על ידי מידע מהווה תנאי מקדים להטמעת הבינה המלאכותית, וזהו הדבר שיאפשר את הצלחת יישומה. הכוונה היא שהארגון יעשה שימוש מושכל במידע שבידו: ההחלטות יתקבלו על בסיס תובנות (להבדיל מתחושות בטן), מחקרים ועבודות מטה יישענו על ניתוחים חכמים וידע יישמר במאגרים זמינים תוך צמצום מגבלות המידור. כאשר הארגון יתרגל להתבסס ולהסתמך על מידע בתהליכי, ניתן יהיה לעבור לקפיצת המדרגה האמיתית. במסגרת קפיצה זו, הארגון ישתמש בתובנות מורכבות המתבססות על מערכות בינה מלאכותית, וישלבן כחלק אינהרנטי בתהליכי קבלת ההחלטות בכל הדרגים. היינו, בכל תהליך שבו קיימת נקודת החלטה, משמעותית או שולית, יובא למקבל ההחלטה מידע תומך. בעת הכרעתו בסוגייה, ישתמש מקבל ההחלטה במידע זה ויתבסס עליו. בשל הכמות האדירה של מידע שנאסף, נדרש תהליך מיצוי וזיקוק של המידע לכדי תובנות רלוונטיות.

בהכללה גסה, ניתן לחלק מערכות המממשות אלגוריתמי מיצוי מידע לשלוש רמות שונות:

מערכות תיאור (מה קרה - Descriptive) - מערכות המעבדות נתונים קיימים בכדי להציגם באופן שמאפשר למשתמש לקבל החלטה טובה או מהירה יותר.

מערכות חיזוי (מה יקרה - Predictive) - מערכות המשתמשות בנתונים כדי לחזות מה עתיד להתרחש.

מערכות המלצה (מה צריך לקרות - Prescriptive) - מערכות אשר מעבדות את הנתונים הרבים, חוזות מה צפוי לקרות וממליצות בהתאם על דרך הפעולה המיטבית.

גם באופן השימוש במיצוי המידע בשולחן מקבלי ההחלטות מתחייבת הדרגתיות. בשלבים המוקדמים, נכון לצה"ל לפתח מערכות המציגות את הנתונים ומתארות את העבר. לאחר מכן, יש לשלב באופן הדרגתי מודלים מתקדמים שעוסקים בחיזוי העתיד. רק בסוף, יש לייצר המלצות הנוגעות לביצוע בהתאם לתחזית, ואף לאפשר קבלת החלטות באופן אוטונומי. זוהי הסתגלות טבעית לשימוש במידע בתהליכי קבלת ההחלטות; מנתונים תומכים העוסקים בעבר, אשר קל להבין ולהאמין בהם, להמלצות על העתיד, שאותן מורכב יותר להכיל.

4. שותפות צבא-אקדמיה-תעשייה

העולם האזרחי הישראלי נמצא בחזית החדשנות הטכנולוגית בכלל, ובתחום הבינה המלאכותית בפרט. הצבא, שהוביל בעבר את הקדמה, ניצב בפני מציאות שבה נדרש לייבא מחקר ופיתוח טכנולוגי, תוכנות, שירותים ואפליקציות דיגיטליות.⁴³ לטענתנו, בכדי לעמוד בקצב, על צה"ל להתמקד באימוץ מקסימלי של תוצרים בתחום הבינה המלאכותית מן האקדמיה ומחברות ההייטק בעולם האזרחי. התמקדות בהתאמות הנדרשות לצה"ל (ובהן בלבד) תביא לתוצאות מהירות ומדויקות יותר, תוך ניצול מקסימלי של המצוינות הקיימת בעולם, ובישראל בפרט.

תחום הבינה המלאכותית מחייב הקמת מרכזי מחקר עצומים בכדי ליצור מערכות טכנולוגיות מצטיינות ומובילות. מרכזי מחקר אלו קיימים באופן מסורתי באקדמיה, אשר תרמה רבות להצלחת מחקרים בני עשרות שנים, שהגיעו להבשלה ופרצו דרך בעשור האחרון. לצידן של האקדמיות, התפתחו בשנים האחרונות מרכזי מחקר משמעותיים בתעשיות המובילות ובחברות הענק, כגון גוגל, פייסבוק ועוד. נוסף על כך, מוקמות אלפי חברות סטארטאפ אשר נותנות מענה לבעיות המחייבות פתרונות יצירתיים וחדשניים.

רק לאחרונה פורסם כי בישראל פועלים עשרות סטארטאפים מצליחים ומבטיחים בתחום הבינה המלאכותית,⁴⁴ אשר ברובם מפתחים פתרונות תשתית חדשניים הצפויים לספק מענה לצרכים מתפתחים בתחום. הגדילה לעשות חברת האנליסטים 'גרטר', שדירגה את ישראל כמובילה בעולם של "חברות מגניבות" (cool and hot vendors) בשנת 2017, מעל סין ובריטניה.⁴⁵ לטענת גרטר, האקוסיסטם הייחודי שמתקיים בישראל בין התעשייה וצה"ל מהווה סיבה מרכזית לדירוג גבוה זה.

על כן, אחת המשימות המרכזיות של צה"ל בדרכו להיות צבא תבוני, היא להשכיל לרקום את השותפויות הנדרשות עם האקדמיה ועם התעשייה. שותפויות אלו ייצרו השקעה חוזרת במשק הישראלי (על ידי השקעת משאבים ממשלתיים) ומעגל מטיב שרק יעצים את מדינתנו. הרעיון דומה לאופן שבו סוכנות המחקר הממשלתית בארה"ב, DARPA, מממנת מחקרי בינה מלאכותית בארה"ב למעלה מחמישה עשורים.

לרשות צה"ל עומד יתרון מובנה וייחודי בבואו להטמיע ולקדם בינה מלאכותית בארגון. בישראל ישנן אפשרויות לחיבור מהיר בין חוקרים באקדמיה, טכנולוגיות אזרחיות מסחריות והצבא, ברמה הארגונית, החברתית והמקצועית. זוהי רשתיות ייחודיות לישראל, ויש להדגישה ולמצותה בכל תוכנית הטמעה.

מעבר לקרבה הפיזית, לחדשנות וליצירתיות, יתרון של התעשיות והאקדמיה

⁴³ ראה מאמר בגיליון זה: גיא פאגלין, "מירוץ החידוש - שינוי פרדיגמה במערכת המחקר והפיתוח הביטחוני", **בין הקטבים**, 18 (צה"ל: מרכז דדו, אוקטובר 2018).

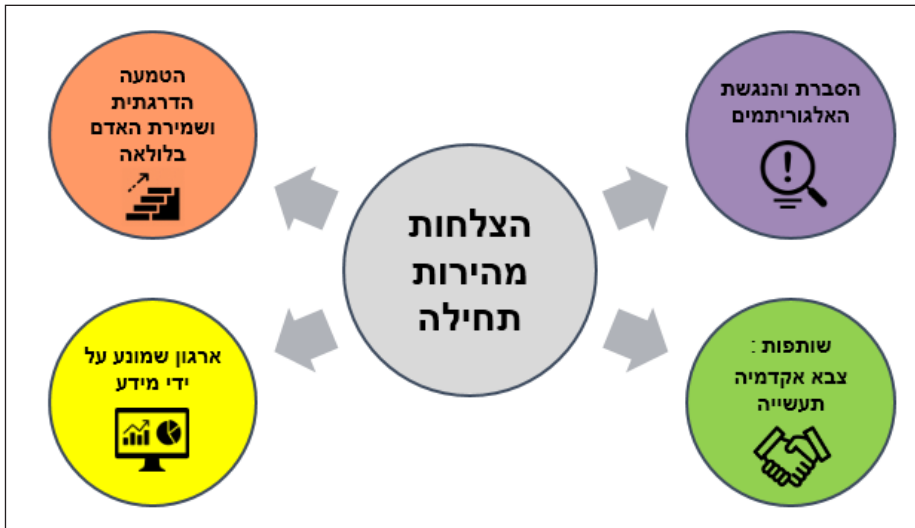
⁴⁴ Yonatan Mandelbaum, "Mapping Israel's Machine Learning Startups", *Medium* (May 31, 2018). <https://medium.com/tlv-partners/mapping-israels-machine-learning-startups-c7feb31f7063?source=linkShare-d10235628a3f-1527850760> [accessed: July 2018].

⁴⁵ Duncan Chapple, "Does Israel Have More Cool Vendors Than China?", *LinkedIn* (June 6, 2018). <https://www.linkedin.com/pulse/does-israel-have-more-cool-vendors-than-china-duncan-chapple?trk=v-feed> [accessed: July 2018].

בישראל הוא גם "שותפות הגורל". יתרון זה בולט לאור כמה מקרים שאירעו לאחרונה בעולם, שבמסגרתם התנגדה התעשייה האזרחית לשימושים צבאיים בטכנולוגיות הבינה המלאכותית שאותן היא מקדמת. חברת גוגל,⁴⁶ לדוגמה, נסוגה מפרויקט למימוש יכולת בינה מלאכותית לטובת צבא ארה"ב לאחר שקומץ מעובדיה התפטר על רקע זה. דוגמה נוספת היא עצומה שנחתמה על ידי ענקיות התוכנה המובילות בתחום הבינה המלאכותית, בניצוחו של אלון מאסק, שלא לעסוק בתכנות נשק מבוסס בינה מלאכותית.⁴⁷ בשל שותפות הגורל הישראלית, הסבירות שמקרים כגון אלה יתקיימו כאן, היא אפסית.

5. הצלחה מהירה

לבסוף, כבכל הטמעה של טכנולוגיה חדשנית, נרצה לייצר חוויית הצלחה. במקרה של הבינה המלאכותית, רכישת אמון של המשתמשים ושל המפקדים חשובה מתמיד. בשלבים



תמונה 29: תרשים המסכם את המתודולוגיות להטמעת הבינה המלאכותית בצה"ל.

הראשונים של החדרת טכנולוגיה יש להקפיד על בחירה קפדנית ותעדוף של הפתרונות שיישמו בטווח הקצר. רצוי לתכנן פתרונות המהווים "ניצחונות מהירים" שזמן פיתוחם קצר יחסית ושהשפעתם משמעותית ומורגשת. לצד בחירת תרחישים אשר מקיימים את התנאים המאפשרים, נחוצה הקפדה מתמדת על החזר ההשקעה בכל תרחיש שמימושם. עלינו לשאול את עצמנו כיצד תתרום הטכנולוגיה לאפקטיביות של צה"ל? ליעילותו? במה היא חוסכת?

David Coldewey, "Google Reportedly Backing Out of Military Contract After Public Backlash", *TechCrunch* (June 1, 2018). <https://techcrunch.com/2018/06/01/google-reportedly-backing-out-of-military-contract-after-public-backlash/> [accessed: July 2018].

Will Knight, "Big Names in AI Vow Not to Build Autonomous Weapons", *Technology Review* ⁴⁷ (19 July, 2018). https://www.technologyreview.com/the-download/611679/big-names-in-ai-vow-not-to-build-autonomous-weapons/?utm_medium=social&utm_source=facebook.com [accessed: July 2018].

תרחישים שימומשו ואשר יוטמעו בהצלחה ידובררו לארגון כחלק מבניית סיפור ההצלחה המתמשך. אלו מבססים את האמון בטכנולוגיה, ביישומה ובישימותה.

אחרית דבר - צה"ל 2030 משנה את כללי המשחק

בעקבות ירי תלול מסלול (תמ"ס) בלתי פוסק החליטה הממשלה על מבצע "אחרית דבר". צה"ל נערך היטב ליום זה, החל מתהליכי חיזוי מלאי, דרך הכשרות וסימולציות ועד בחירת החיילים הנכונים לתפקיד ולמשימה.

תהליך המעבר משגרה לחירום אורך שעות ספורות, החל מקריאה ממוכנת לגיוס המילואים, ההתייצבות וההצטיידות האוטומטית בשטחי הכינוס, והיציאה למשימה משולבת של אדם ומכונה.

עליונות מודיעינית באמצעות מיצוי המידע הרב שנאסף מאפשרת לדייק את תכנון המשימה מבעוד מועד, ולאפשר התקפה יזומה בתוך שעות מפרוץ הלחימה.

סג'עייה מכותרת על ידי נחילים של כלים בלתי מאוישים אשר פועלים בתחומה, אוספים מידע ממגוון סנסורים, מזהים כל פעילות חשודה, תנועה תת־קרקעית, או היערכות לשיגור תמ"ס. בעזרת הכלים, כוחותינו סוגרים מעגל בזריזות על לוחמי האויב, תוקפים פתחים קרקעיים, נכנסים למבנים ומטהרים אותם. פעולתם המשולבת מדויקת להפליא. כוחות אנושיים המשולבים במשימה מאוכננים באופן תדיר, מזהים ומנוטרים על פי מדדיהם הפיזיקליים. הכלים הבלתי מאוישים מחפים ומגנים על הכוחות בערוץ תקשורת ישיר ומיידי. לאורך כל שלבי המבצע נאסף מידע חזותי ממקורות וידיאו באוויר וביבשה. הווידיאו משודר לאחור ומאפשר לחדרי המלחמה גיבוש תמונת מצב מדויקת של הכוחות האנושיים והבלתי אנושיים הפועלים בקרב.

עד מהרה נחשפים כוחות האויב, נפגעים ומסתתרים מפני כוחותינו המשולבים. השימוש של צה"ל בטכנולוגיות חדשות המבוססות על בינה מלאכותית בשדה הקרב, הובילה להכרעה זריזה וחד־משמעית של המערכה.

אמנם זהו רק סיפור בדיה, אך אין זה מדע בדיוני. אם צה"ל ינצל את טכנולוגיית הבינה המלאכותית ויצליח להטמיע את יכולותיה וליישם את פתרונותיה כדי לענות על שלל צרכיו המבצעיים, לא ירחק היום שבו ננהל מערכות מתוחכמות יותר. מפת הדרכים לצבא תבוני שהוצעה במאמר זה מתחילה בהנחת התשתית לתנאים המאפשרים: כוח אדם ייחודי, תשתיות Big Data, טרנספורמציה דיגיטלית ומנהיגות שמחויבת לשינוי מתבקש זה ומובילה את התהליך. בהמשך, הקפדה על הטמעה הדרגתית, הנגשת התוצרים, הסברה על אופן פעולתם ואימוץ מקסימלי של תוצרים מהעולם האזרחי, ייצרו אקוסיסטם המותאם להגשמה נחושה אך זהירה של החזון לעיל.

לסיכום, הפוטנציאל הטמון בבינה המלאכותית הוא רב. כיוון שבמערכות לומדות עסקינן, ניתן בהחלט לחזות שאנחנו בדרך לצה"ל תבוני יותר, ולכן גם אפקטיבי יותר - בשדה הקרב ובשגרה.

רשימת מקורות:

- אדיב, יאיר, זיו דיין ונורית כהן-אינגר. "מלחמת הדברים". **מערכות**, 468-469. צה"ל: 2016.
- ברקוביץ, אורי, וטל שחף. "נהפוך את ישראל לאחת ממדינות הבינה המלאכותית המובילות". **גלובס**, 11 באוגוסט 2018. <https://www.globes.co.il/news/article.aspx?did=100124955>. [נבדק לאחרונה באוגוסט 2018].
- גרינגולד, צביקה. "האדם שבטנק ינצח". **ידיעות אחרונות**, 25 באפריל 2017. <https://www.yediot.co.il/articles/0,7340,L-4953390,00.html> [נבדק לאחרונה ביולי 2018].
- זיתון, יואב. "בינה מלאכותית והסתערות בלי להוציא את הראש: טנק המרכבה החדש". **ynet**, 19 ביולי 2018. <https://www.ynet.co.il/articles/0,7340,L-5312859,00.html> [נבדק לאחרונה ביולי 2018].
- מינקה-ברנד, הדס. "רשתיות - שפרי הופעתך". **בין הקטבים**, 5. צה"ל: מרכז דדו (2015), 22.
- סטולרו, נתן. "איך מתמודדים בהצלחה עם אתגרי גיוס כוח אדם איכותי?". **גלובס**, 4 בספטמבר 2018. <https://www.globes.co.il/news/article.aspx?did=1001248212#fromeleme>. [נבדק לאחרונה ביולי 2018].
- פאגלין, גיא. "מירוץ החידוש - שינוי פרידיגמה במערכת המחקר והפיתוח הביטחוניות". **בין הקטבים**, 18. צה"ל: מרכז דדו, אוקטובר 2018.
- קאהאן, רפאל. "פוטין: המדינה שתשלוט ב-AI תשלוט בעולם כולו". **כלכליסט**, 4 בספטמבר 2017. <https://www.calcalist.co.il/internet/articles/0,7340,L-3720438,00.html> [נבדק לאחרונה ביולי 2018].
- קובוביץ, יניב. "פרס ביטחון ישראל הוענק לפרויקט גילוי המנהרות". **הארץ**, 26 ביוני 2018. <https://www.haaretz.co.il/news/politics/1.6217641> [נבדק לאחרונה ביולי 2018].
- קונפורטס, יהודה. "יצחק בן ישראל ואביתר מתניה יעמדו בראש צוות המחשוב שמקים נתניהו". **אנשים ומחשבים**, 4 ביוני 2018. <http://www.pc.co.il/news/267072> [נבדק לאחרונה ביולי 2018].
- קיווייתי, שי. "על השינוי - על טבעו של שינוי וכיצד לבצעו". **בין הקטבים**, 9. צה"ל: מרכז דדו, דצמבר 2016.
- שובל, לילך. "צה"ל חשף את יחידת הפיתוח של המודיעין: 'אנחנו מתייחסים לזה כמו לסטארט אפ'". **ישראל היום**, 30 בינואר 2018. <https://www.israelhayom.co.il/article/525673> [נבדק לאחרונה ביולי 2018].
- Carley, Kathleen M. "Estimating Vulnerabilities in Large Covert Networks". *Institute for Software Research International*. Carnegie Mellon University, 2004.
- Chapple, Duncan. "Does Israel Have More Cool Vendors Than China?". *LinkedIn*, June 6, 2018. <https://www.linkedin.com/pulse/does-israel-have-more-cool-vendors-than-china-duncan-chapple?trk=v-feed> [accessed: July 2018].
- Coldewey, David. "Google Reportedly Backing Out of Military Contract After Public Backlash". *TechCrunch*, June 1, 2018. <https://techcrunch.com/2018/06/01/google-reportedly-backing-out-of-military-contract-after-public-backlash/> [accessed: July 2018].

- Davenport, Thomas H. and Dreyer, Keith J. "AI Will Change Radiology, But it Won't Replace Radiologists". *Harvard Business Review*, March 27, 2018. <https://hbr.org/2018/03/ai-will-change-radiology-but-it-wont-replace-radiologists> [accessed: July 2018].
- Fenner, Robert. "Alibaba's AI Outgunned Humans in Key Stanford Reading Test". *Bloomberg*, January 15, 2018. <https://www.bloomberg.com/news/articles/2018-01-15/alibaba-s-ai-outgunned-humans-in-key-stanford-reading-test> [accessed: July 2018].
- Galeon, Dom, and Houser, Kristin. "DARPA: We're Moving to Merge Humans and Machines". *Futurism*, February 14, 2017. <https://www.google.com/amp/s/futurism.com/darpa-were-moving-to-merge-humans-and-machines/amp/> [accessed: July 2017].
- Gibbs, Samuel. "Google's AI is Being Used by US Military Drone Programme". *The Guardian*, March 7, 2018. <https://www.theguardian.com/technology/2018/mar/07/google-ai-us-department-of-defense-military-drone-project-maven-tensorflow> [accessed: July 2018].
- Gunning, David. "Explainable Artificial Intelligence". Slideshow. *DARPA*, August 11, 2016. https://www.darpa.mil/attachments/XAIIndustryDay_Final.pptx [accessed: July 2018].
- Gunning, David. "Explainable Artificial Intelligence". *DARPA*, November 16, 2017. <https://www.darpa.mil/program/explainable-artificial-intelligence> [accessed: July 2018].
- Haenssle, H. A., et al. "Man Against Machine: Diagnostic Performance of a Deep Learning Convolutional Neural Network for Dermoscopic Melanoma Recognition in Comparison to 58 Dermatologists". *Oxford Academic*, May 28, 2018. <https://academic.oup.com/annonc/advance-article/doi/10.1093/annonc/mdy166/5004443> [accessed: July 2018].
- Hedberg, S. R. "DART: Revolutionizing Logistics Planning". *IEEE Intelligent Systems*, Vol. 17: 3, 2002.
- Hume, Kathryn. "When Is It Important for an Algorithm to Explain Itself?". *Harvard Business Review*, July 6, 2018. <https://hbr.org/2018/07/when-is-it-important-for-an-algorithm-to-explain-itself> [accessed: July 2018].
- IDx Press Release. "FDA Permits Marketing of IDx-DR for Automated Detection of Diabetic retinopathy in Primary Care". *IDx*, April 12, 2018. <https://www.eyediagnosis.net/single-post/2018/04/12/FDA-permits-marketing-of-IDx-DR-for-automated-detection-of-diabetic-retinopathy-in-primary-care> [accessed: July 2018].
- Knight, Will. "Big Names in AI Vow Not to Build Autonomous Weapons". *Technology Review*, July 19, 2018. https://www.technologyreview.com/the-download/611679/big-names-in-ai-vow-not-to-build-autonomous-weapons/?utm_medium=social&utm_source=facebook.com [accessed: July 2018].

- Knight, Will. "The White House Says a New AI Task Force Will Keep America First and Protect Its Workers". *Technology Review*, May 10, 2018. <https://tinyurl.com/yb2v8lt5> [accessed: July 2018].
- Kuzma, Richard. "But First, Infrastructure: Creating the Condition for Artificial Intelligence to Thrive in the Pentagon". *War on the Rocks*, July 13, 2018. <https://warontherocks.com/2018/07/but-first-infrastructure-creating-the-conditions-for-artificial-intelligence-to-thrive-in-the-pentagon/> [accessed: July 2018].
- Mandelbaum, Yonatan. "Mapping Israel's Machine Learning Startups". *Medium*, May 31, 2018. <https://medium.com/tlv-partners/mapping-israels-machine-learning-startupsc7feb31f7063?source=linkShare-d10235628a3f-1527850760> [accessed: July 2018].
- Manyika, James, et al. "Jobs Lost, Jobs Gained: What the Future of Work Will Mean for Jobs Skills and Wages". *McKinsey*, November 2017. <https://www.mckinsey.com/featured-insights/future-of-organizations-and-work/jobs-lost-jobs-gained-what-the-future-of-work-will-mean-for-jobs-skills-and-wages> [accessed: July 2018].
- McFarland, Matt. "Robots: Is Your Job at Risk?". *CNN*, September 15, 2017. <https://money.cnn.com/2017/09/15/technology/jobs-robots/index.html> [accessed: July 2018].
- Murthy, Sohan. "Top 10 Job Titles That Didn't Exist 5 Years Ago". *LinkedIn*, January 6, 2014. <https://business.linkedin.com/talent-solutions/blog/2014/01/top-10-job-titles-that-didnt-exist-5-years-ago-infographic> [accessed: June 2018].
- Piekniewski, Filip. "AI Winter Is Well on Its Way". *Piekniewski's Blog*, June 2018. <https://blog.piekniewski.info/2018/05/28/ai-winter-is-well-on-its-way/> [accessed: July 2018].
- Pomerleau, Mark. "DoD's Third Offset Strategy: What Man and Machine Can Do Together". *DefenseSystems*, May 4, 2016. <https://defensesystems.com/articles/2016/05/04/dod-work-on-third-offset-strategy.aspx> [accessed: July 2018].
- Quach, Katyana. "Look Out Wiki-Geeks. Now Google Trains AI to Write Wikipedia Articles". *The Register*, February 15, 2018. https://www.theregister.co.uk/2018/02/15/google_brain_ai_wikipedia/ [accessed: July 2018].
- Regalado, Antonio. "Google's AI Explosion in One Chart". *Technology Review*, March 25, 2017. <https://www.technologyreview.com/s/603984/googles-ai-explosion-in-one-chart/> [accessed: July 2018].
- Thompson, Nicholas. "Emmanuel Macron Talks to Wired About France's AI Strategy". *Wired*, March 31, 2018. <https://www.wired.com/story/emmanuel-macron-talks-to-wired-about-frances-ai-strategy/> [accessed: July 2018].
- Weisgerber, Marcus. "The Pentagon's New Algorithmic Warfare Cell Gets Its First Mission: Hunt ISIS". *DefenseOne*, May 14, 2017. <http://www.defenseone.com/technology/2017/05/pentagons-new-algorithmic-warfare-cell-gets-its-first-mission-hunt-isis/137833/> [accessed: July 2018].
- Wikipedia contributors. "AI Winter". *Wikipedia, The Free Encyclopedia*, updated July

16, 2018. https://en.wikipedia.org/wiki/AI_winter [accessed: July 2018].

- Wikipedia contributors. "Link Analysis". *Wikipedia, The Free Encyclopedia*, October 30, 2017. https://en.wikipedia.org/wiki/Link_analysis [accessed: July 2018].
- Wilkinson, K. M. "The Logistics Lessons of the Gulf War: A Snowball in the Desert". *DTIC Document*, 1993.