

## טכנולוגיות "מפציעות ומשבשות" בעולם הביטחוני – למידה ממקרה בוחן של בינה מלאכותית ונתוני עתק בנאט"ו על בניית יכולות השתנות טכנולוגיות

רס"ן ד"ר אושרי ברגיל

רמ"ד מחקר טכנולוגיה ודיגיטל במכון המחקר של ממד"ה

### תקציר

שימור היתרון הטכנולוגי של ישראל חיוני ליכולתם של צה"ל ומערכת הביטחון להגן על המדינה מפני איומים פוטנציאליים עתידיים. ההתפתחות הטכנולוגית המואצת של השנים האחרונות מובילה לטכנולוגיות המכונות "משבשות", "מפציעות" ואפילו "בלתי נמנעות". מבחינה ביטחונית, הגדרת הטכנולוגיות הללו מתמקדת בתשעה תחומים עיקריים: בינה מלאכותית (AI), נתוני עתק, אוטונומיה, טכנולוגיה קוונטית, ביוטכנולוגיה ושיפורים אנושיים, טכנולוגיות על-קוליות, טכנולוגיות חלליות, חומרים וטכנולוגיות ייצור, אנרגיה והנעה (propulsion). במסגרת בניית האסטרטגיה הביטחונית של ישראל וצה"ל ל-2030 ואילך, יש לעסוק בהתפתחות הטכנולוגית בתחומים אלה כהזדמנות, אך גם כסיכון במקרה שהתפתחויות בתחומים אלה ישחקו את היתרון הטכנולוגי של ישראל. על מנת להתמודד בצורה אמפירית עם שאלת המחקר – כיצד לשמר את היתרון האיכותי של ישראל לנוכח התפתחותן של טכנולוגיות מפציעות ומשבשות, מאמר זה משתמש בחקר מקרה של התפתחות והתקדמות בטכנולוגיות בתחומים נתוני עתק ובינה מלאכותית. המטרה היא לבחון מה אפשר ללמוד מקצב ההתקדמות של טכנולוגיות אלה בנוגע לטכנולוגיות משבשות ומפציעות אחרות.

ממצאי המחקר מצביעים על כך שהדרך הטובה ביותר להאיץ את קצב ההתפתחות בתחום הטכנולוגיות המפציעות והמשבשות, הוא להתמקד בבניית יכולות טרנספורמטיביות (transformative capacity). מאמר זה מציע לחלק את היכולות הטרנספורמטיביות הנדרשות לארבעה גורמים מרכזיים: 1. יכולות הנדרשות לפיתוח טכנולוגי; 2. יכולות הנדרשות לשיפור קצב אימוץ הטכנולוגיה ברמה האינדיווידואלית; 3. יכולות הנדרשות לשיפור קצב ההתאמה הארגונית לטכנולוגיה; 4. יכולות הנדרשות למיסוד והטמעה חברתית של הטכנולוגיה. לסיכום, מובאות ההמלצות המרכזיות שהוכחו כמוצלחות במקרה הבוחן ואשר ניתנות ליישום בישראל, בגופי הביטחון ובקהילת המודיעין, ונערך דיון במגבלות המחקר ובצורך במחקרי המשך.

**מילות מפתח:** אימוץ טכנולוגיה; הסתגלות ארגונית; יכולות טרנספורמטיביות.

## Preparing Israel for the Era of Disruptive Technologies: Insights from NATO's Journey with AI and Big Data

### Abstract

Maintaining a technological edge is critical to Israel's ability to prevent and guard against any future technology-enabled threats. Many sorts of technology have recently been labeled "emerging," "inevitable," or even "disruptive". Emerging and Disruptive Technologies (EDT) innovation initiatives in nine major areas, including artificial intelligence (AI), data and computing, autonomy, quantum-enabled technologies, biotechnology and human improvements, hypersonic technologies, space, novel materials and additive manufacturing, and energy and propulsion. Building Israel's strategic plans to 2030 on ward, EDT is considered as a critical challenge as well as an opportunity that will need significant action from Israel.

This article recommends that Israel should concentrate on strengthening its transformational capacity (TC) to technologies, particularly EDT. Building and enhancing

people's, organization's, and societies systems, structures, cultures, skills, and resources is what TC is all about. It is based on a case study of NATO's non-classified policy and activities in more developed EDT - AI and big data analytics. It highlights three crucial elements as a foundation for TC. It focuses on: (1) Individual adoption rates and strategies for increasing them; (2) Suggestions for improving organizational adaptability; (3) and Suggestions for improving social technology absorption via institutionalization initiatives. According to this paper, Israel may profit substantially by building TC in these sectors as part of its EDT engagement strategy. The framework is then described, followed by suggestions for each domain identified.

## מבוא

שימור היתרון הטכנולוגי של ישראל חיוני ליכולתם של צה"ל ומערכת הביטחון להגן על המדינה מפני איומים פוטנציאליים עתידיים. ההתפתחות הטכנולוגית המואצת של השנים האחרונות מובילה לסוגים רבים של טכנולוגיה, אשר כונו "משבשות" (Kosal, 2020; Manyika et al., 2013), "מפציעות" (Waelbers, 2011) ואפילו "בלתי נמנעות" (Kelly, 2016). טכנולוגיות אלה, שצוינו במפורש על ידי נאט"ו כמשפיעות על הביטחון הבין-לאומי, כוללות: נתוני עתק, בינה מלאכותית, טכנולוגיה קוונטית, ביוטכנולוגיה ושיפורים אנושיים, טכנולוגיות על-קוליות, טכנולוגיות חלליות, חומרים חדשים (nano materials) וייצור מתקדם, אנרגיה והנעה (propulsion), NATO STO, (Vanatta et al., 2022; 2020). לטענתי, במסגרת בניית התוכנית האסטרטגית של ישראל ושל צה"ל לשנת 2030 ואילך, יש לעסוק בהתפתחות הטכנולוגית בתחומים אלה כהזדמנות, אך גם כסיכון – במקרה שהתפתחויות אלה יִשְׁחֲקוּ את היתרון הטכנולוגי והביטחוני של ישראל.

חלק מן הטכנולוגיות הללו מתקדמות ומוטמעות יותר מאחרות. לכן, כדי להתמודד בצורה אמפירית עם שאלת המחקר – כיצד לשמר את היתרון האיכותי של ישראל עם התפתחותן של טכנולוגיות מפציעות ומשבשות – מאמר זה משתמש בחקר מקרה של התפתחות והתקדמות בשתי טכנולוגיות מרשימות הנמצאות באימוץ נרחב יותר – נתוני עתק ובינה מלאכותית. מכיוון שהשיח בישראל בתחומים אלה מצומצם עקב היעדר פרסומה של אסטרטגיה צה"לית או מדינית ברורה, ועל מנת להימנע מהטיות מקומיות שנובעות ממחקר על מדינה או צבא בודדים, נבחר לצורך חקר המקרה ניתוח של מדיניות נאט"ו, כגוף מדיני-ביטחוני המרכז את הידע הנאגר מ-30 מדינות החברות בברית וממדינות שותפות נוספות (Gray & Ertan, 2021). שיטת המחקר המרכזית שבה השתמש המאמר כוללת מחקר מדיניות מובנה (Dal Mas et al., 2019) שבחן את החסמים, ההזדמנויות, הפערים, הפתרונות והלקחים שנלמדו ממדיניות נאט"ו בנושא הבינה המלאכותית ונתוני העתק כדי להגיע למסקנות בנוגע לטכנולוגיות מפציעות ומשבשות אחרות.

המאמר פותח בסקירה העוסקת בשאלה מהן טכנולוגיות מפציעות ומשבשות בתחום הביטחוני, ומציג את ההגדרות לטכנולוגיות אלה ואת השפעותיהן האפשריות על הביטחון הלאומי, תוך התמקדות בבינה מלאכותית ונתוני עתק. לאחר מכן הוא סוקר את הידע הקיים בנוגע לשאלה כיצד ניתן להשפיע על קצב האימוץ והשימוש בטכנולוגיות צבאיות, בהסתמך על תאוריות מתחום החדשנות העוסקות בבניית יכולות אימוץ והטמעה רחבות היקף של טכנולוגיה, ותוך שימת דגש על

מחקרים שבחנו זאת ביחס לטכנולוגיה הצבאית. המאמר מתאר את הרקע הגאופוליטי לחקר המקרה הנבחר – נאט"ו ופעולותיה להאצת קצב החדשנות בתחום הטכנולוגיות המפציעות והמשבשות. לאחר סקירת הספרות והרקע, המאמר מפרט את שיטת המחקר שנבחרה ומנמק את המיקוד בחקר המקרה, את העקרונות לביצוע מחקר מדיניות מובנה, ואת אופן איסוף המידע וניתוח הנתונים. בחלק הבא, אשר עוסק בממצאי המחקר, המאפשרים בחינה של הגורמים הפסיכולוגיים, הסוציולוגיים והחברתיים של קצב אימוץ הטכנולוגיה, מציע המאמר חלוקה של היכולות הטרנספורמטיביות הנדרשות לארבע משפחות מרכזיות, הוא מציע תיאור של כל משפחה ומסביר מדוע היכולות חולקו באופן זה. לאחר מכן מביא המאמר את ההמלצות המרכזיות שהוכחו כמוצלחות במקרה הבוחן ואשר ניתנות ליישום בגופי הביטחון בישראל. לסיכום, המאמר דן במגבלות המחקר המוצע ובמחקרי המשך הנדרשים.

### מהן טכנולוגיות מפציעות ומשבשות?

"ההגדרה של 'טכנולוגיה משנת משחק' (Game changing technology) או 'משבשת' היא קריטית כדי להבדיל אותה מההתקדמות הטכנולוגית הסטנדרטית" – כך טענו במאמרם מ-1997 ג'וזף באואר וקלייטון כריסטנסן, שטבעו את המונח "טכנולוגיה משבשת" כדי לציין את ההשפעה שלה על השוק (Christensen, 1997). עם זאת, במרוצת השנים, טכנולוגיות רבות זכו להיתכנות "טכנולוגיות משבשות" גם אם השפעתן המשבשת, על השוק ועל תפיסות המשתמשים, התגלתה כחלשה למדי.

בתחום הביטחוני נהוג לראות טכנולוגיה משבשת כ"טכנולוגיה, או פיתוח טכנולוגי שמוביל לשינוי יסודי בתפיסות ומודלים" (Vladu & Popescu, 2021). הדיון על אודותיהן ועל אודות יכולות השיבוש שלהן את הביטחון העולמי צובר תאוצה בשנים האחרונות, ומכנה אותן "טכנולוגיות מפציעות ומשבשות" (להלן בקיצור – טמ"מ, EDT: Emerging And Disruptive Technologies). פיקוד ההכשרה והתפיסה של הצבא האמריקאי (DTIC) הגדיר רשימה המכונה "טכנולוגיות משנות משחק" (Game changing technologies) לשנת 2035, הכוללת: רובוטיקה, בינה מלאכותית, מחשוב (קוונטי, נתוני עתק, נתוני חישה), סייבר, ייצור אדיטיבי, לוחמה אלקטרונית, האינטרנט של הדברים (IoT), חומרים להסוואה, כיסוי והונאה, וטכנולוגיות אנטי-לוייניות. כאשר בפיקוד הרחיקו את המבט עד ל-2050 התווספו לרשימה – נשקים היפרסוניים, ביולוגיה סינתטית, אנרגיה ונשקי אנרגיה (Kosal, 2020; Vanatta et al., 2022). ניתוח מקיף שהתבסס על תובנותיהם של מעל 6,000 חוקרים ומדענים, שבוצע ביחידת המדע והטכנולוגיה של נאט"ו, העלה ממצאים דומים ומשמש את נאט"ו ומדינותיה כהגדרה מקובלת מאז דצמבר 2019. מפת הדרכים של נאט"ו אשר התבססה על חלוקה זו, מיקדה את ההתפתחות הטכנולוגית הנדרשת של נאט"ו לתשעה תחומים טכנולוגיים, אשר זוהו כבעלי פוטנציאל לשיבוש חריף בהקשרי הביטחון העולמי (Kosal, 2020; NATO STO, 2020, p. 6). מכיוון שהגדרת התחומים הללו היא הנפוצה יותר בספרות המחקרית ומכיוון שחקר המקרה עוסק בנאט"ו,

במאמר זה בחרתי להסתמך עליהן. להלן סקירה מתומצתת של הגדרת התחומים השונים, שמטרתה לספק את הרקע ההכרחי לדיון:<sup>1</sup>

**נתוני עתק (Big Data)** – המונח "נתוני עתק" מתאר מאגרי נתונים המאופיינים בגדילה משמעותית של נפח (Volume), מהירות (Velocity), מגוון (Variety) ואמתיות (Veracity) (Hilbert, 2016; Mayer-Schönberger & Cukier, 2013). בשנים האחרונות התחוללו תהליכים שהובילו לדיגיטליזציה מוגברת, ריבוי חיישנים חדשים, צורות תקשורת חדשות, וגם וירטואליזציה של מרחבים חברתיים (למשל, רשתות חברתיות). אלה תרמו רבות לפיתוח נתוני עתק הדורשים צורות ניתוח מתקדמות לאחסון, הבנה וייצוג כמויות גדולות של מידע. טכנולוגיות אלה מחוללות שינוי באופני קבלת ההחלטות, על ידי אופטימיזציה, מידול וסימולציה, הנדסת גורמי אנוש ומחקר תפעולי (NATO STO, 2020, p. 42), והשפעתן על אופני האיסוף ומיצוי מידע מודיעיני ואופרטיבי אף מוגדרת כמהפכה (הרשקוביץ, 2019; Lucarelli et al., 2021).

**בינה מלאכותית (AI: artificial intelligence)** – יש הגדרות רבות לבינה מלאכותית, חלקן מדגישות את האופי החישובי-סטטיסטי שלה, ואחרות את השוני שלה מהבינה האנושית (Brynjolfsson & McAfee, 2016; Crawford, 2021). לעניינה של עבודה זו, ובהתאם להגדרה של בינה מלאכותית כטכנולוגיה מתפתחת בהקשר צבאי, נגדיר אותה כיכולתן של מכונות לבצע משימות הדורשות מידה של אינטליגנציה שנחשבה זה כבר כאנושית. לדוגמה: זיהוי דפוסים, למידה מניסיון, הסקת מסקנות, חיזוי או אף נקיטת פעולה, בין אם באופן דיגיטלי או כ"בינה" העומדת מאחורי מערכות אוטונומיות במרחב הפיזי (Chenok et al., 2021; NATO STO, 2020, p. 50).

**אוטונומיה** – מוגדרת כיכולת של מערכת להגיב למצבי חוסר ודאות על ידי חיבור ובחירה עצמאית בין דרכי פעולה שונות על מנת להשיג מטרות שנקבעו מראש, ומבוססות על ידע, "הבנה" ומודעות לעולם, למערכת ולמצב. אוטונומיה מאופיינת בדרגות של התנהגות מכוונת עצמית (מכונה גם "רמות של אוטונומיה") הנעות בין תלות מלאה ובין אוטונומיה מלאה (Singer, 2009). יישומים לדוגמה ליכולות אוטונומיות כוללים: אפשרור גישה פיזית או מודיעינית לאזורים בלתי נגישים, יצירת מעקב מתמיד – על ידי התמדה בפעילויות שהיו מוגבלות בזמן וקשב עד כה, שינוי פני הלוגיסטיקה, המודיעין והאש בלחימה ועוד (NATO STO, 2020, p. 59). כל אלה עשויים להשפיע הן על פעילות הצד ה"כחול" (כוחותינו) ולהשפיע על אופני האיסוף, העיבוד והנגשת המידע, הן על איסוף מידע על פעילות הצד ה"אדום" (היריב) בעקבות הצורך באיסוף מידע בהיקפים רחבים יותר, על אודות וכנגד סוכנים ופלטפורמות מסוג חדש (Koppelman, 2019). על חשיבותה של האוטונומיה לשדה הקרב העתידי ניתן ללמוד מהחוקר פול שארה, שטען כי "מערכות אוטונומיות מעלות סוגיות תפעוליות, אסטרטגיות ומדיניות מאתגרות, שאת מלוא היקפן עדיין לא ניתן לראות. על צבאות ומדינות לראות את העתיד העמום והלא ברור הזה כדי לצפות את האתגרים הללו ולהתכונן אליהם

<sup>1</sup> להרחבה על תהליך הבחירה, הניתוח או כל אחת מהטכנולוגיות הללו מומלץ לפנות לדו"ח נאט"ו: NATO Science & Technology Organization, "Science & Technology Trends 2020-2040".

כעת. אלה שיצליחו לעשות זאת יהיו מוכנים בצורה הטובה ביותר להצליח במלחמה עתידית" (Scharre, 2018).

**טכנולוגיות קוונטיות** – טכנולוגיות קוונטיות מנצלות התפתחויות מדעיות בפיזיקה קוונטית, העוסקת בקנה מידה אטומי ותת-אטומי, ובחקר התופעות הנלוות לה, לצורך התקדמות טכנולוגית מהותית בתחומי ההצפנה (קריפטוגרפיה), חישובים מורכבים, ניווט ותזמון מדויקים, חישה והדמיה, תקשורת ופיתוח חומרים מורכבים (NATO STO, 2020, p. 69; van Amerongen, 2021). אף שפוטנציאל השינוי של הטכנולוגיה נותר ברובו בלתי ממומש לנוכח השלב הראשוני שבו מצויה הטכנולוגיה, ניתן לראות בנקל כיצד שינויים אלה עשויים להשפיע על העליונות הטכנולוגית הביטחונית העתידית (Hershkovitz, 2022).

**טכנולוגיות חלל** – החלל נחשב כמרחב אשר מתחיל בגובה 90-100 ק"מ מעל גובה פני הים. טכנולוגיות חלל מנצלות את המרחב ומתמודדות עם הסביבה המבצעית הייחודית שמציע החלל לצורך שימושים צבאיים ואזרחיים כגון תקשורת, ניווט, העברת מידע, חישה מרחוק, מודיעין ומעקב, פיקוד ושליטה ועוד (NATO STO, 2020, p. 76). כמו במקרים אחרים של טכנולוגיות שנסקרו, שילוב של יכולות חלליות עם יכולות נוספות – למשל עיבוד מידע ובינה מלאכותית – עשוי להרחיב באופן ניכר את השפעתן על שדה הקרב. גם במקרה זה, ההשפעות של טכנולוגיות חלל עשויות להימצא בצד הכחול (שיפור יכולתנו בתחומים הנסקרים) אך גם בצד האדום, על ידי שיבוש היכולות שבאמתחתנו, צורכי איסוף חדשים והצורך להתגונן מפני יכולות היריב.

**טכנולוגיות על-קוליות** – מערכות על-קוליות (היפרסוניות) פועלות במהירויות הגבוהות מחמישה מאך (6,125 קמ"ש). הן כוללות מגוון של סוגי טילים המסתמכים על השפעות קינטיות, או כוללים ראשי נפץ משלימים (שיכולים אף להיות גרעיניים), נחילים אוטונומיים של חימושים אלה, או אמצעי-נגד כלפי איום זה. נוסף על כך, טילים אלה מאתגרים במיוחד בשל המהירות ויכולת התמרון הגבוהה שלהם. בהתייחס לסיכון הפוטנציאלי הרב הגלום בהם, תת-מזכיר ההגנה האמריקני לנושאי מחקר והנדסה, מייקל גריפין, אמר: "אני מצטער על כל מי שדוגל בעדיפות גבוהה אחרת, אבל על-קוליות צריכה להיות ראשונה בסדר העדיפויות" (NATO STO, 2020, p. 86). בעוד בעת הזו הטכנולוגיה בחיתוליה ונמצאת בידי מעצמות עולמיות בלבד (סין, רוסיה, ארצות הברית), בטווח הרחוק יותר, מדינות מתקדמות טכנולוגית, כמו למשל איראן, צפויות לפתח יכולות דומות (Frantzman & Mehta, 2023; Stone, 2020). התפתחויות בטכנולוגיות אלה ישבשו את תפיסת ההגנה הישראלית, ויצריכו פיתוח חיישנים ומערכות הגנה מסוגים חדשים כדי להתמודד עם האיום ולנטרל את הפגיעות הישראלית האפשרית. חשוב לציין כי בעוד טכנולוגיות אחרות ברשימה זו מפותחות בעיקר לצרכים דרשימושיים (צבאי ואזרחי) ובאקוסיסטם מרובה שיתופי פעולה (המובלים בחלקם על ידי חברות טכנולוגיה וגופי אקדמיה), הרי טכנולוגיות על-קוליות מפותחות לצרכים צבאיים על ידי תעשיות ביטחוניות באופן כמעט בלעדי.

**ביוטכנולוגיה** – ביוטכנולוגיה משתמשת באורגניזמים, רקמות, תאים או רכיבים מולקולריים שמקורם ביצורים חיים כדי לפעול על יצורים חיים אחרים ולהתערב בפעולת התאים ומרכיביהם,

לרבות החומר הגנטי שלהם. התפתחויות בתחום זה כוללות גם התערבויות ביררפואיות המשמשות לשיפור התפקוד הפיזיולוגי, הקוגניטיבי או החברתי. המחקר בתחום מנסה לשלב בין טכנולוגיות ביו, ננו, מידע ואלמנטים עצביים, כדי "לשפר" את בני האדם ותפקודיהם (NATO STO, 2020, p. 94). כך, מצד אחד, חיילים עשויים להיות בעלי מסוגלות גבוהה יותר בקרב אך גם בעלי יכולת להרחיב את יכולות הלמידה, עיבוד המידע וקבלת ההחלטות שלהם. מהצד השלישי, עשויים להיות מפותחים חומרים לא מוכרים, בעלי פוטנציאל נזק רב על בסיס ביולוגי, או כאלה הפועלים נגד רקמות ביולוגיות (ICRC, 2017).

**חומרים חדשים וייצור מתקדם (Novel Materials and Advanced Manufacturing)** – חומרים מתקדמים הם חומרים מלאכותיים (להבדיל מביולוגיים) בעלי תכונות ייחודיות וחדשניות. הם עשויים להיות מיוצרים בטכניקות השאובות מננוטכנולוגיה או מביולוגיה סינתטית ולאפשר ייצור ציפויים בעלי עמידות קיצונית לחום, שריון גוף או פלטפורמה בעלת חוזק גבוה, ציפויים חמקניים, קצירת אנרגיה, מוליכות-על, חיישנים מתקדמים ואף פירוק חומרים אחרים ועוד. בדומה לטכנולוגיות אחרות, להתקדמות בחומרים ובייצור תהיה השפעה עמוקה על הביטחון בעשורים הקרובים. השימוש בחומרים חדשניים ובטכניקות ייצור מתקדמות (למשל, טכניקות ייצור אדפטיבי כמו הדפסות תלת-ממד) יהפוך מוצרים ליעילים יותר, יזרז תכנון וייצור מותאמים אישית, יוביל לאלקטרוניקה וחיישנים מסוגים חדשים, וייצור שינוי בעולם חלקי החילוף – במיגון, ברק"ם ועוד. גם כאן, האתגר העומד בפני המערכות הביטחוניות כפול – גם להצליח לנצל את הטכנולוגיה לצורכיהן (למשל עבור פיתוח חיישנים חדשים), וגם להתמודד עם הימצאותן בידי היריב – למשל התמודדות עם חומרים חמקניים בעלי תכונות משתנות ולא מוכרות לצורכי הסוואה, כיסוי והונאה, או עם ניידות יוצאת דופן בעקבות יכולות ייצור חדשות (NATO STO, 2020, p. 104).

**הנעה ואנרגיה**<sup>2</sup> – סיבות שונות, כמו החשש מהשפעותיהם הסביבתיות של דלקי מאובנים, מובילות להתפתחות בתחומי האנרגיה – ייצור, ניצולה, שינועה ואחסונה, והתפתחות זו מובילה איתה התפתחויות בתחומי ההנעה. מקורות אנרגיה גמישים ואלטרנטיביים עשויים לשנות את משק האנרגיה ובכך לתרום לאפשרויות חדשות שנחשבו בלתי מתקבלות על הדעת מבחינה אנרגטית עד לא מזמן. ביישומן הביטחוני, התפתחויות אלה יתרמו לניידות גבוהה בחתימה נמוכה; הגדלת סיבולת הפעולה של מכשירים שונים – למשל חיישנים; הנמכה דרסטית של עלות פעילויות עתירות אנרגיה, לרבות בתחומי מחשוב ובינה מלאכותית, ועוד. התפתחויות אלה צפויות לשנות הן את האפשרויות העומדות בפני הצד הכחול, והן את אלה הקיימות בפני היריב, למשל בהקשרים של חתימה נמוכה, תקשורת, תנועה ועוד.

אלה הן תשע המשפחות הטכנולוגיות המרכזיות, על השלכותיהן האפשריות, המסומנות על ידי נאט"ו כמפציעות ומשבשות, ואשר מאמר זה מבקש לבחון את אפקטיביות ההתמודדות עימן. לצד

<sup>2</sup> הנעה ואנרגיה הצטרפו מאוחר יותר לרשימת הטכנולוגיות הנכללות כטמ"מ בנאט"ו ולא היו ברשימה המקורית עליה הוסכם במפת הדרכים שפורסמה ב־2019.

ההצגה הממוקדת של טכנולוגיות אלה, חשוב לשמור על צניעות רבה בנוגע ליכולת לחזות את מסלול התפתחותן והשפעתן. תימוכין לכך ניתן למצוא בדבריו של המדען האמריקני המפורסם ונשיא "מכון העתיד", רוי אמארה, שהצהיר כי "אנו נוטים להעריך יתר על המידה את ההשפעה של טכנולוגיה בטווח הקצר ולזלזל בהשפעה בטווח הארוך" (Searls, 2012), כמו גם בדבריו של הסוציולוג אלווין טופלר שציין כי "העתיד תמיד מגיע מהר מדי, ובסדר הלא נכון" (Gilli, 2019b).

מאפיין נוסף של טמ"מ, אשר קיבל תשומת לב מעטה עד כה, הוא האופן שבו הן משבשות את תפיסתנו – כלומר את המודלים המנטליים האישיים שלנו בדבר האופן שבו היבטים מסוימים של העולם "עובדים". במילים אחרות, הטכנולוגיות בתחומים אלה "בלתי נתפסות" מטבען. צמד הפסיכולוגים ג'ורג' לייקוף ומארק ג'ונסון הסבירו בספרם, "מטפורות שאנו חיים לפיהן", כי דימויים, מבני שפה ודמיון הם מנגנונים חיוניים של המוח המאפשרים לנו להשתמש במה שאנו יודעים על החוויה הפיזית והחברתית שלנו כדי לספק הבנה של אינספור נושאים אחרים ולקבל החלטות במצבים מורכבים ובאיודאות (Lakoff & Johnson, 2003). אלה בדיוק המצבים המאפיינים את שדה הקרב ואת זירת הניתוח המודיעינית.

היעדר מודל מנטלי מתאים בא לידי ביטוי בשאלה, האם למשל אנחנו יכולים לדמיין מחשב קוונטי בעבודה? אולי התשובה לכך חיובית אם מדובר בפיזיקאי או מהנדס מיומן מאוד, אבל ההנחה היא שרוב קוראי מאמר זה אינם יכולים. אולם לא רק אנחנו, ההדיוטות, לא מסוגלים, אלא גם מקבלי ההחלטות, אלה שמנסים לצפות את התוצאות והשפעתן ועל ידי כך מכווינים את התפתחותן העתידית. יתרה מזו, ייתכן שכלל לא ניתן לבנות מודל מנטלי הולם עבור טכנולוגיות אלה. אליעזר יודקובסקי (2008), חוקר מוביל בתחומי הבינה המלאכותית, טען ש"ללא ספק, הסכנה הגדולה ביותר של בינה מלאכותית היא שאנשים מסיקים מוקדם מדי שהם מבינים אותה". בהשאלה, הדבר דומה לטכנולוגיות גרעיניות בשנות ה-50 או לתחום הסייבר בתחילת שנות ה-2000, אשר מרבית האנשים, כולל מחבר מאמר זה, עדיין מתקשים מאוד להבין.

לסיכום, נראה שההתפתחות של הטכנולוגיות הללו, השונות מאוד האחת מרעותה, תישאר רוויה באיודאות – עתירת הצלחות וכישלונות מפתיעים. לצד התפתחות הטכנולוגיות, הטמ"מ יפריעו ו"ישבשו" את המודל המנטלי שלנו לפעולת העולם, ובהקשר הביטחוני – לשדה הקרב העתידי, למלחמות ולתהליכים מבצעיים. בהתאם לכך, אני סבור שבעוד אנו מתקשים בהבנה של הדרך שבה הטכנולוגיה עצמה תפתח, אנחנו כן יכולים לפתח הבנה טובה יותר של הגורמים המשפיעים על אימוצה וקליטתה בצורה שתצמצם השפעות בלתי רצויות על הצבא והחברה, וכפועל יוצא מכך – לבנות ארגוני ביטחון חסינים יותר לנוכח הטכנולוגיות האלה ולתרום להאצת קצב ההתמודדות הטכנולוגי. מדוע אני סבור שיכולת ההבנה של ההשפעות החברתיות, התרבותיות והארגוניות של הטכנולוגיה גבוהה יותר? התשובה לכך מבוססת על מחקרים מתחום החדשנות, מדעיטכנולוגיה וחברה (STS) וטכנולוגיה צבאית, אשר יוצגו בחלק הבא.

### כיצד מתפתחת חדשנות טכנולוגית-ביטחונית?

כותבים שונים עסקו בשאלה כיצד ניתן להרחיב את השימוש בטכנולוגיות מתקדמות לצרכים ביטחוניים, צבאיים ומודיעיניים. חלקם עסקו בנושא מתוך התבוננות היסטורית (Roland, 2016), חלקם התמקדו בשאלת ההשפעה של הטכנולוגיה על הכוחות הבין-לאומיים הגדולים (Lee, 2018), ואחרים התמקדו, באופן ספציפי יותר, בהשפעה המהפכנית שעשויה להיות לטכנולוגיה על תפיסות צבאיות, למשל בעיצוב ה"מהפכות בעניינים צבאיים" (RMA) (Dolata, 2009; O'Hanlon, 2018), או על חדשנות צבאית באופן נרחב יותר (Stanley-Lockman & Rosen, 1988; Gerstein, 2018; Trabucco, 2021). המשותף לכל הכותבים הוא התובנה כי מה שמשיע על קצב אימוץ הטכנולוגיה לשימושים אלה איננו רק קצב הפיתוח הטכנולוגי אלא גורמים נוספים, כגון התאמה תרבותית, אוריינות, כשירות ומיומנות של המשתמשים, קונצנזוס ערכי ותפיסתי לגבי השימוש בטכנולוגיה ועוד. כל אלה באים לידי ביטוי, בין היתר, ב"יכולת הספיגה" (Absorptive Capacity) של טכנולוגיה על ידי ארגונים וחברות.

במחקר שפורסם ב-1990 הגדירו כהן ולווינטל את יכולת הספיגה הטכנולוגית כ"יכולת לזהות את ערכם של רעיונות, מושגים ומידע חדשים, להטמיע וליישם אותם כחלק מיכולות הארגון" (Cohen & Levinthal, 1990). חשוב לציין כי הם התייחסו לארגונים במובנם הרחב – מגופים בין-לאומיים של מדינות וחברות ועד קבוצות קטנות – אשר בכוחם ללמוד כיצד ללמוד ולהסתגל לרעיונות, מושגים ותפיסות חדשות. חשיבותה של יכולת הספיגה היא בהמשגת הפער שבין כמות הטכנולוגיות המתפתחות, אשר לפרקים נדמית כאינסופית כמעט, ובין היכולת של הארגונים לקלוט, להטמיע ולהשתמש בהן בצורה אפקטיבית. נראה כי בעשורים האחרונים, עם האצת קצב התפתחות הטכנולוגיה, הולך וגדל הפער בין קצב זה ובין ההשתנות האיטית יחסית של בני האדם, הארגונים, המוסדות, הנורמות החברתיות והתרבות. היטיב לנסח את הפער בין התפתחות הטכנולוגיות ובין קצב השינוי של יחידים, תאגידים, ממשלות ואפילו חברות (Societies) החוקר סקוט ברינקר, בקביעתו הידועה כ"חוק מרטק" (Martec's law): "הטכנולוגיה משתנה באופן מעריכי (אקספוננציאלי), אבל ארגונים משתנים באופן לוגריתמי" (Brinker, 2016). ממצא זה תקף גם בנוגע לטכנולוגיות צבאיות וביטחוניות, כפי שטען חוקר נאט"ו, אנדראה גילי: "האימוץ וההפצה של טכנולוגיה צבאית הם איטיים ומסובכים להפליא" (Gilli, 2021, p. 10). טענה זו נכונה גם בהקשר הצה"לי, כפי שנמצא לאחרונה במחקרים שעסקו באימוץ המואץ של טכנולוגיות בעקבות פרוץ מגפת הקורונה (בר-גיל, 2021; Bar-Gil & Spiegler, 2021).

בעוד קיים קונצנזוס בנוגע לקיומו של פער בין קצב ההתפתחות הטכנולוגי ובין יכולת הספיגה הארגונית, ובנוגע לצורך לסגור אותו, הרי אין קונצנזוס בנוגע לשאלה מה ניתן וצריך לעשות על מנת להאיץ את קצב הפיתוח, האימוץ, ההטמעה והשימוש בטכנולוגיה. בספרו **דיפוזיה של חדשנות** (Diffusion of Innovation), החוקר אוורט רוג'רס הגדיר את אופני המדידה שבהם נכון לבחון את קצב ההפצה של חידושים טכנולוגיים (Rogers, 1983) והניח את התשתית להתפתחות מודלים למדידת משתנים הכרוכים באימוץ הטכנולוגיה על ידי אינדיווידואלים, ארגונים וחברות (Gallivan,



(2001; Tamilmanni et al., 2021; Zhu et al., 2006). ואולם בעוד תאוריות אלה והמודלים המוצגים בהן עשויים להסביר משתנים כמו גדילה בכמות המשתמשים ואף במוצרים ובטכנולוגיות עצמן, הרי הם מתעלמים לעיתים מהשפעת הטכנולוגיה על תפיסות ושינויים רחבים יותר, שכן לצד השימוש בה, הטכנולוגיה מובילה לעיצוב מחדש של ארגונים, של מבנים חברתיים ואף של בני האדם המשתמשים בה (Bar-Gil, 2020). בעקבות זאת, מנקודת מבט ביטחונית, החיפוש אחר חדשנות טכנולוגית נדרש להתבטא בפרקטיקה מבצעית, או לממש יתרון פוטנציאלי בשדה הקרב (Stanley-Lockman & Trabucco, 2021, p. 5). על כן, חוקרים בנושאי חדשנות ביטחונית-טכנולוגית בוחנים את אימוץ הטכנולוגיה גם על ידי שינויים בדוקטרינה, במבנים ארגוניים ובתפיסות מבצעיות ומתחשבים בגורמים תרבותיים וארגוניים נוספים (Roland, 2016; SAS-123 Research Task Group, 2021).

במהלך ההיסטוריה, המגזר הביטחוני הפגין חדשנות קוהרנטית ויעילה יותר ממגזרים ציבוריים אחרים (Roland, 2016). טכנולוגיות מפציעות ומשבשות אינן המקרה הראשון וגם לא האחרון של טכנולוגיה דרשימושית שפותחה ואומצה בעיקר על ידי תעשייה מסחרית אך שימשה להשגת יתרון צבאי. רולנד (2016), אשר חקר את הנושא בראייה היסטורית, מציין את סלילת רשת הדרכים באימפריה הרומית כדוגמה לכך. עם זאת, במקרה של הט"מ, בעת הנוכחית דפוס היסטורי זה מאותגר, שכן מדינות וארגונים ביטחוניים מתקשים להגיע התקדמות טכנולוגית, אינם משמשים כסוכני החדשנות המובילים ותלויים בשיתוף פעולה אזרחי-צבאי יעיל להצלחת מאמציהם. חלק מן הטכנולוגיות מושפעות יותר מקצב הפיתוח בחברות הטכנולוגיה הגלובליות (למשל, בינה מלאכותית ונתוני עתק), חלקן מהאקוסיסטם של מחקר ופיתוח, הכולל מחקר אקדמי בסיסי ומחקר תעשייתי וביטחוני יישומי (קוונטים, חלל, חומרים חדשים, הנעה ואנרגיה), וחלקן מפותחות בעיקר בתעשיות ביטחוניות (על-קוליות) (Agrawal et al., 2019; Lee, 2018; Soare, 2021, p. 7).

שינויים אלה, במעמדם ובתפקידם של הגופים העוסקים בפיתוח ואימוץ של טכנולוגיות בעולם הביטחון והמודיעין, מובילים לשאלה כיצד למקד את המאמצים המדינתיים-צבאיים-ביטחוניים לטובת האצת קצב הדיפוזיה של הטכנולוגיה. לטענתי, בעקבות הסקירה לעיל ובהתחשב במרכזיות הנחלשת של מדינות וארגונים ביטחוניים בפיתוח ט"מ, הישענות על אסטרטגיה המדגישה את קצב המחקר והפיתוח הטכנולוגי (R&D) עשויה להתגלות כמוגבלת ביכולתה לחולל דיפוזיה של חדשנות טכנולוגית לצרכים ביטחוניים. לטענתי, לצד ההשקעות במו"פ טכנולוגי, נדרשת השקעה משלימה ורחבת היקף בבניית יכולות המאיצות את הדיפוזיה של חדשנות טכנולוגית ברחבי הארגונים, הצבאות והמדינות. הספרות המחקרית מכנה יכולות אלה "יכולות טרנספורמטיביות" (Transformative Capacities) – המחזקות את יכולתם של מבנים ומערכות להשתנות על ידי פיתוח תרבות, כישורים (skills) והון אנושי, בממדים הארגוניים, המוסדיים והחברתיים (Dolata, 2009; Ziervogel et al., 2016).

## נאט"ו ופעולותיה להאצת קצב ההתפתחות הטכנולוגית

מזכ"ל נאט"ו, יאנס סטולטנברג, הצהיר ב־2020 על כוונתו לשמור על היתרון הטכנולוגי של נאט"ו על ידי פיתוח עקרונות וסטנדרטים משותפים לטכנולוגיות חדשות, כחלק מתוכנית "נאט"ו 2030". לשם כך נאט"ו מבצעת השקעות אדירות במו"פ טכנולוגי, בהן הקמת מאיץ חדשנות (DIANA: Defence Innovation Accelerator for the North Atlantic); הקמה של קרן השקעות לעידוד חדשנות טכנולוגית בעלות של כמיליארד אירו (NATO, 2022); הקמת קבוצות מומחים ויועצים טכנולוגיים, ועוד.<sup>3</sup> לצד השקעות אלה עולים קולות אחרים, מתוך הברית ומחוצה לה, המכריזים כי מדובר לא רק בשאלה של התפתחות טכנולוגית. בהתאם לתפיסות שנסקרו לעיל, הם מדגישים שניצחון במרוץ הטכנולוגי כרוך בדיפוזיה של חדשנות טכנולוגית לא פחות מאשר במו"פ טכנולוגי "טהור" (Murray, 2020). הם טוענים כי נעשים מעט מדי מאמצים לפתח את היכולות הטרנספורמטיביות של הברית והמדינות החברות בה (Soare, 2021).

## הפעילות להאצת קצב ההתפתחות הטכנולוגית בישראל

מחקר זה מתמקד בפעילויותיה של נאט"ו כחקר מקרה. על מנת למצות את הלמידה מהמקרה הנחקר וליישמה על המקרה של ישראל, אפרט מעט על האקוסיסטם המקומי ועל הפעילויות הבולטות שנערכו בו בשנים האחרונות, במטרה להאיץ את קצב ההתפתחות הטכנולוגית ואת אימוצה על ידי כוחות הביטחון. גורמים רבים משתתפים בפעילות ענפה של המו"פ אשר מטרתה לשמר את היתרון הטכנולוגי של ישראל, בהם משרד הביטחון וצה"ל, התעשיות הביטחוניות, מוסדות אקדמיים וגופי מחקר. עיקר הפעילות בתחום נעשית בתעשיות הביטחוניות. הגורמים הללו משקיעים במו"פ בכל שנה מיליארדי ש"ח במצטבר. נוסף על כך, בשנים האחרונות הולכת ומתרחבת בשוק האזרחי מגמה של פיתוחים טכנולוגיים שלהם ערך גם לצורכי הביטחון (מבקר המדינה, 2018). הגוף המרכז את שיתוף הפעולה בין הגופים הביטחוניים השונים בישראל ובהם צה"ל, משרד הביטחון והתעשיות הביטחוניות השונות, הוא מִפְּאָ"ת – מנהל למחקר ולפיתוח אמצעי לחימה ותשתית טכנולוגית.<sup>4</sup>

בשנים האחרונות התקיימו פעילויות בולטות לקידום קצב החדשנות הטכנולוגית הצבאית, ובראשן הקמת מרכזי חדשנות של משרד הביטחון (Innofense)<sup>5</sup> ושל צה"ל (חטיבת השילד"ח),<sup>6</sup> שאף מפעילים תוכנית האצה (אקסלרטור) וחממות טכנולוגיות. נוסף על כך הוקמו גופים ארגוניים לקידום נושאים טכנולוגיים נבחרים על ידי ריכוז משאבים, יצירת שותפויות ותקינה. כך קמה בצה"ל מנהלת הטרנספורמציה הדיגיטלית,<sup>7</sup> ולאחרונה פורסם כי משרד הביטחון אף מתכנן להקים מנהלה ייעודית לקידום פיתוח טכנולוגיות עתידיות.<sup>8</sup>

<sup>3</sup> ראו: [https://www.nato.int/cps/en/natohq/topics\\_184303.htm](https://www.nato.int/cps/en/natohq/topics_184303.htm)

<sup>4</sup> [https://www.mod.gov.il/Departments/Pages/Research\\_and\\_Development\\_Agency\\_Mafaat.aspx](https://www.mod.gov.il/Departments/Pages/Research_and_Development_Agency_Mafaat.aspx)

<sup>5</sup> [/https://accelerator.i-hls.com/he/home-he](https://accelerator.i-hls.com/he/home-he)

<sup>6</sup> <https://www.globes.co.il/news/article.aspx?did=1001278547>

<sup>7</sup> <https://www.israeldefense.co.il/node/40845>

<sup>8</sup> [https://www.calcalist.co.il/local\\_news/article/hkfxszhcs](https://www.calcalist.co.il/local_news/article/hkfxszhcs)

מן הספרות שנסקרה עולה כי כדי להאיץ את קצב אימוץ הטכנולוגיה ביחס לטמ"מ, יש להשקיע בפיתוח יכולות טרנספורמטיביות. אלה חמש הסיבות המרכזיות: 1. ההשקעות הטכנולוגיות הנוכחיות במ"פ גבוהות מאוד, וכדי להשיג את ההחזר הטוב ביותר עבור ההשקעה רצוי לתגבר אותן במאמצים משלימים שאינם כרוכים בהכרח במו"פ טכנולוגי; 2. מחקרים רבים הראו שזהות המנצחים והמפסידים במרוץ ההשתנות ואימוץ הטכנולוגיה נקבעת לרוב לנוכח קיומם של מנגנוני אימוץ יעיל של טכנולוגיות, ולא דווקא לנוכח פיתוח הטכנולוגיות; 3. במקרה של טמ"מ, חיזוי ההתקדמות במחקר ופיתוח בטכנולוגיה ספציפית עשוי להיות קשה, מועד לכישלון ואף חסר תוחלת. השקעה בפיתוח יכולות תתרום לאימוץ טכנולוגי, התאמה והטמעה של טכנולוגיות מסוגים שונים מול שיבושים פוטנציאליים רבים ואיזודאות גדולה; 4. חוק מרטק שהוצג מעלה טוען שיחידים, תאגידים, ממשלות ואפילו חברות נעים לאט מאוד ביחס לקצב הפיתוח הטכנולוגי. על כן יש להתחיל לעודד שינויים בגורמים אלה כמה שיותר מוקדם; 5. ההתפתחות הטכנולוגית בתחומים אלה מכוונת על ידי רשת רחבה של אינטרסים לאומיים, פיננסיים ותאגידיים, נאט"ו וארגונים בין-לאומיים אחרים, אבל גם מדינות בודדות כמו ישראל, ואפילו צה"ל וקהילת הביטחון, יכולים להשפיע על גופים אלה באמצעות יכולות טרנספורמטיביות הכוללות מאמצים שונים, ובכך לאפשר התפתחות טכנולוגית-חברתית מיטבית.

אם כך, כיצד נדע מהם המאמצים המועילים ביותר לשם אימוצן של יכולות טרנספורמטיביות? החלק הבא יפרט על שיטת המחקר שנועדה לענות בדיוק על שאלה זו, העומדת בלב המאמר.

### שיטת המחקר

במטרה לענות על השאלה כיצד ניתן לשמור על היתרון הטכנולוגי של ישראל ביחס לטכנולוגיות מפציעות ומשבשות, בחרתי לבצע מחקר מדיניות מובנה שיתמקד במדיניות של ארגון ביטחוני רב-לאומי (נאט"ו) ביחס לשתיים מתשע הטכנולוגיות הללו. חלק זה, העוסק בשיטת המחקר, יפתח בתיאור הדגשים לביצוע מחקר מדיניות מובנה, ימשיך בהסבר מדוע נבחרו דווקא הטכנולוגיות הללו, ולאחר מכן ינמק מדוע נבחרה נאט"ו כזירה למחקר. בהמשך יפורט אופן איסוף המידע וניתוחו.

מחקר מדיניות מובנה נועד להעריך בצורה קפדנית את יתרונותיה, חסרונותיה והשפעותיה של המדיניות הנחקרת. מחקר מוצלח נדרש לעמוד בכמה תנאים בסיסיים כדי לקבוע את מידת האפקטיביות של צעדי המדיניות שנקטו, או את אלה שעדיין חסרים. ראשית, עליו לבחור מיקוד מחקרי מתאים – הן מבחינת ההעמקה בנושא המדיניות הן מבחינת היקף החומרים הנסקרים. שנית, עליו לתכנן היטב את אסטרטגיית הדגימה של מסמכי המדיניות והביקורת על אודות המדיניות על מנת למנוע מצב של הטיה בנתונים. נוסף על כך, עליו להגדיר מראש את שיטת הניתוח כדי לאפשר עקביות בניתוח המדיניות, ולבסוף, עליו להצליח לאזן בין ההכללה של הממצאים וההמלצות שנוספו על המסמכים הבודדים, ובין היכולת ללכוד נקודות וממצאים חריגים ויוצאי דופן (Capacci et al., 2012; Dal Mas et al., 2019).

טכנולוגיות נתוני עתק ובינה מלאכותית מתקדמות יותר מטמ"מ אחרות. כמו כן, הן נמצאות בשימוש נרחב לצרכים אזרחיים וצבאיים, כך שנצבר ניסיון חברתי וצבאי חשוב בהתמודדות איתן (Davenport, 2018; Floridi, 2014; Gilli, 2019a; Johnson, 2019; Mayer-Schönberger & Aitken, 2013; Taylor, 2019). סיבה נוספת לבחירה בטכנולוגיות הללו כמוקד למחקר מדיניות היא שגם בחוגי המדיניות זכו הבינה המלאכותית ונתוני העתק לתשומת לב מרכזית: לפחות 50 ממשלות פרסמו אסטרטגיות מידע ובינה מלאכותית לאומיות, ורבות אחרות פרסמו מסמכים אחרים כדי לנצל את "עידן המידע" או "עידן המכונות החכמות".<sup>9</sup> עדות נוספת להתקדמות המדיניות בתחום היא שיותר מ-200 גופים, ובהם ארגונים בין-לאומיים, מדינות וחברות מהמגזר הפרטי, פרסמו אסטרטגיות וקווים מנחים לרגולציה, אתיקה ומדיניות של בינה מלאכותית (AI Initiatives, n.d.; Hagendorff, 2020). גם בהקשר הביטחוני בוצעו תהליכים של הטמעה, התאמה ומיסוד ואף החלו להצטבר לקחים ושיח ביקורתי סביב המדיניות שנועדה לקדם את השימוש המושכל בטכנולוגיות אלה ואת תוצאותיו (Gilli, 2019a; Tarraf et al., 2019).

מחקר מדיניות מובנה דורש שיח סדור וביקורתי בנושאי המדיניות שאותם הוא בא לבחון. בישראל, רק ביולי 2022 נחשפו לראשונה עקרונות התוכנית הלאומית לבינה מלאכותית, אך לא נחשפה התוכנית כולה (עקרונות התוכנית הלאומית לבינה מלאכותית, 2022). האסטרטגיה הצה"לית בתחום נמצאת עדיין בתהליכי גיבוש ואישור, ולא ברור אם תפורסם באופן פומבי, כך שטרם בשלה העת לביצוע מחקר מדיניות בישראל. בבחינה של מדינות פוטנציאליות נוספות, נמצא כי המדינה המתקדמת ביותר ברמת המדיניות והשיח הפומבי על אודותיה היא ארצות הברית. ואולם לנוכח השוני הרב בין ישראל לארצות הברית בתחום המדיני, הצבאי והביטחוני והחשש מהטיית ממצאי המחקר, הוחלט על התמקדות במדיניות רב-לאומית בתחום הביטחוני, בחירה שהובילה באופן טבעי לנאט"ו.

איסוף המידע למחקר כלל חיפוש לפי מילות מפתח ספציפיות התואמות למיקוד המחקרי.<sup>10</sup> בתחילה התבצע חיפוש ממוקד באתרים שבהם יש פרסומים רשמיים של נאט"ו ועל אודותיה – האתר הרשמי של נאט"ו,<sup>11</sup> כתב העת NATO review,<sup>12</sup> אתר מכללת נאט"ו לביטחון<sup>13</sup> ואתר מכון המחקר של נאט"ו.<sup>14</sup> נערך חיפוש ממוקד גם באתרים המרכזים פרסומים ומאמרים של מכוני מחקר העוסקים בשילוב טכנולוגיות בלחימה – RUSI,<sup>15</sup> RAND,<sup>16</sup> CEST.<sup>17</sup> לאחר תום החיפוש הממוקד התבצע

<sup>9</sup> למאגר מתעדכן ראו: [/https://www.caidp.org/ai-policy-frameworks](https://www.caidp.org/ai-policy-frameworks)  
<sup>10</sup> שאילתת החיפוש המדויקת שהוזנה למנועים השונים ניתנת לתיאור באופן הבא: ABSTRACT \ BODY: NATO + (AI OR EDT OR big-data) + (policy OR recommendations OR Lessons OR analysis OR innovation)  
<sup>11</sup> [/https://www.nato.int](https://www.nato.int)  
<sup>12</sup> <https://www.nato.int/docu/review/index.html>  
<sup>13</sup> [/https://www.ndc.nato.int](https://www.ndc.nato.int)  
<sup>14</sup> <https://www.ndc.nato.int/research/publications.php?icode=6>  
<sup>15</sup> [/https://rusi.org](https://rusi.org)  
<sup>16</sup> [/https://www.rand.org](https://www.rand.org)  
<sup>17</sup> [/https://cset.georgetown.edu](https://cset.georgetown.edu)

חיפוש נוסף, דרך מנוע החיפוש האקדמי של סקופוס<sup>18</sup> על מנת לשמור על עדכניות המחקר, המידע שנאסף הוגבל למסגרת זמן של שבע שנים לאחור, כלומר נאספו מסמכים משנת 2015 עד יולי 2022. כדי לוודא שלא הוחסרו חומרים חשובים, לאחר שלב זה התבצע איסוף משני של חומרים באמצעות מעבר על רשימות ההפניות של החומרים שנאספו בחיפוש המקורי. בסיום שלב האיסוף הצטברו 149 מסמכים. כל החומרים שנאספו אינם כוללים מידע מסווג, והם הוצגו במרשתת לקריאה פומבית.

הסינון והבחירה מתוך המסמכים שנאספו נערכו לפי שיקולי רלוונטיות למחקר והתבססו על קריאת התקצירים או המאמרים עצמם על ידי עורך המחקר. בסיכומו של שלב איסוף המידע, נבחרו כ-56 מסמכים להמשך ניתוח. רשימה מלאה שלהם, לצורכי עקיבות מחקרית וכביבליוגרפיה מפורטת לתחום, מופיעה בנספח א'.

למאגר החומרים הללו בוצע ניתוח תוכן (Krippendorff, 2018) שהתמקד בפירוט המכשולים (barriers), ההזדמנויות, הבעיות, הפתרונות והלקחים הנלמדים מהניסיונות לשילוב של בינה מלאכותית וניתוח נתוני עתק בשימוש ביטחוני. הממצאים שנאספו בשלב זה נותחו בראי התאוריות העוסקות בקצב החדירה של טכנולוגיות ואשר פורטו בפרק המבוא, ובראשן דיפוזיה של חדשנות טכנולוגית (Rogers, 1983), חדשנות צבאית-ביטחונית (Dubik, 2019; Scott et al., 2018) ותאוריית השינוי הטרנספורמטיבי (Dolata, 2009). החלק הבא מתאר את הממצאים העולים מתהליך הניתוח.

## הממצאים

ניתוח הממצאים העלה ארבע משפחות של גורמים מובחנים, אך קשורים, אשר משפיעים על קצב האימוץ של הטכנולוגיה. כולם מוצגים בטבלה 1. פרק זה יאפיין כל אחד מהגורמים הללו, יתאר את השפעותיו ויפרט את ההמלצות המרכזיות לקידום משפחת הגורמים.

טבלה 1 – ארבעת הגורמים המשפיעים על קצב האימוץ של טכנולוגיית הבינה המלאכותית והמידע

גורם	השפעה מרכזית	קצב השינוי	המלצות מרכזיות
טכנולוגיה (EDT)	מחקר ופיתוח (R&D)	↑↑↑↑	לא נידונות במאמר זה
אנשים	אימוץ (Adoption)	↑↑↑	אוריינות טכנולוגית כלים לאוריינות רחבת היקף תמיכה והנעה (מוטיבציה)
ארגונים	הסתגלות (Adaptation)	↑↑	הובלת חדשנות (Champion innovation) פיתוח שותפויות למידה בלולאה כפולה (Double loop learning)
חברה (Society)	הטמעה (Assimilation)	↑	מיסוד עמוק סטנדרטיזציה ועדות להכוונת השימוש (Review boards)

<sup>18</sup> [/https://www.scopus.com](https://www.scopus.com)

## הטכנולוגיה ככוח מניע

הגורם הראשון והבולט ביותר הוא המחקר והפיתוח של הטכנולוגיה עצמה והניסיונות הרבים להאיץ אותו. כאמור, האצת המו"פ הטכנולוגי עצמו הוא נושא חשוב אך מוכר ונידון רבות. מהסיבות שהוצגו בפרק המבוא לא נעסוק בו במאמר זה, אלא נתמקד בניתוח גורמים נוספים ובפיתוח יכולות טרנספורמטיביות.

### הגורם האנושי

האנשים הם אלה שמאמצים את הטכנולוגיה כמשתמשים, מפתחים, מנהלים ומקבלי החלטות. השאלה העיקרית העומדת בפני מי שמעוניין לשפר את קצב החלחול הטכנולוגי בהקשר זה היא – מה ניתן לעשות כדי לעזור לאנשים לקבל ולאמץ (adopt) טכנולוגיה טוב יותר (Lai, 2017; Roberts & Flin, 2020). כפי ששואלת בפרובוקטיביות החוקרת רובי רוברטס (2021): "מה שווה הטכנולוגיה אם אף אחד לא משתמש בה?".

העלייה המהירה של פלטפורמות דיגיטליות הפונות ישירות לצרכן, כמו גוגל, אפל, פייסבוק ואמזון – כולן כיום בין חמש החברות בעלות שווי השוק הגבוה בעולם – היא עדות למהירות שבה אנשים הסתגלו לשינוי דיגיטלי בעקבות שימוש בנתוני עתק. ככל שהפלטפורמות הללו ומכשיריהן אוספים יותר נתונים, מתרבות האינטראקציות שלהן עם המשתמשים, והשירותים שהן מציעות זוכות במשתמשים נוספים. שלא כמו טכנולוגיות צרכניות אלה, טמ"מ, כמו גם טכנולוגיות מורכבות אחרות, מותאמות פחות לדרישות המשתמש היחיד ולפיכך מקשות על אימוצן.

נראה כי הגורמים שעשויים יותר מכולם לקדם את יכולת אימוץ הטכנולוגיה של הגורם האנושי, עוסקים ישירות בהסרת חסמי האימוץ המרכזיים: אוריינות נמוכה, חוסר אמון והיעדר מוטיבציה (Tamilmani et al., 2021). אלה יכולים להתבצע על ידי מאמצי חינוך והדרכה, כמו גם בעזרת שימוש בהערכת ביצועים כדרך להגביר את המוטיבציה של הפרט לעסוק בטכנולוגיה באופן כללי, ובכך לתרום לאימוץ יישומים של טמ"מ.

מהמסמכים שנסקרו נראה כי קיים קונצנזוס סביב סוגיה מרכזית נוספת – המחסור בכישרונות (טאלנטים) טכנולוגיים למו"פ הטכנולוגי (Gilli, 2021b). ממצאים אלה תואמים גם מחקרים שאינם בתחום הביטחוני (Gartner, 2021). למרות זאת, יש לציין כי מחקרים אחרים סותרים קביעה זו ואף טוענים שמדובר במיתוס (Rayome, 2017). בהקשר של הטכנולוגיות לשימוש ביטחוני הנידונות במחקר זה נראה כי אכן קיים מחסור חריף בכישרונות, אך לאו דווקא לטובת מו"פ טכנולוגי, ועל מנת להתגבר עליו יוצגו שלוש ההמלצות הראשונות:

**אוריינות** – מניתוח השפעת האוריינות על אימוץ טכנולוגיית בינה מלאכותית לצרכים ביטחוניים, עולה כי האתגר הגדול יותר מלמצוא כישרונות טכנולוגיים – הוא למצוא כישרונות שמבינים הן את "העסק" הן את הטכנולוגיה. קיין ושותפיו (Kane et al., 2019), שחקרו את הנושא, טענו בפשטות שהבעיה היא חוסר המודעות לכך שחשוב להבין את ה"למה" לפני שמבינים את ה"איך". חלק ממאמצי האוריינות בבינה מלאכותית נכשלו בהעלאת שיעור האימוץ מכיוון שהם התמקדו ב"איך"

– במונחים של פרקטיקות טכנולוגיות מפורטות, ולא ב"למה" – במונחים של מטרות והדרכה כללית לפעולה שתגדיל את שיעור האימוץ של הטכנולוגיה. הדבר נכון במיוחד עבור מנהיגים ומקבלי החלטות, שכן מחקרם מצביע על כך שלשיעור האוריינות הטכנולוגית שלהם יש השפעה קריטית על שיעורי האימוץ. בשל ההשפעה הרחבה שיש לכך על דפוסי האימוץ האישיים והארגוניים, המלצה מרכזית הנובעת מממצאים אלה היא להגדיל את החלקים העוסקים באוריינות טכנולוגית, ובייחוד באימוץ טכנולוגיה, במסגרת פעילויות פיתוח המנהיגות ודור העתיד בשל ההשפעה הרחבה שיש לכך על דפוסי האימוץ האישיים והארגוניים.

**הרחבת מאמצי האוריינות** – התקדמות בפיתוח כלים לחינוך והכשרה דיגיטליים מאפשרת אספקת תוכן איכותי ללמידה בקנה מידה רחב מאוד. אפשרויות אלה מומשו בתוכניות שפיתחו מדינות וצבאות במטרה לקדם את שיעור החדירה והאימוץ של בינה מלאכותית (ראו למשל DoD Chief Information Officer, 2020). תוכן למידה איכותי המיוצר או מתואם בצורה ריכוזית, עשוי להועיל מאוד למאמצים אלה ולתמוך במאמצים אחרים להגביר את האוריינות, לחזק את הסטנדרטים המשותפים ולפתח מיומנויות חדשות (upskilling and reskilling) עבור חלקים גדולים יותר מכוח העבודה. מהלך זה יאפשר הסתגלות ארגונית טובה יותר והתאמה חברתית שתכיל אוכלוסיות רבות יותר.

**הערכה על אימוץ טכנולוגיה** – "אם זה כל כך חשוב אז למה לא מעריכים על זה?" היא שאלה שגורה. שילוב של מדדי אימוץ טכנולוגיה כחלק מתהליך ההערכה והמשוב התקופתי, יכול לשמש חלק מסט הכלים להגברת המוטיבציה לאימוץ טכנולוגיה. קנה ושותפיו מצאו במחקריהם שאוזכרו לעיל, כי ארגונים המשלבים מדדי אימוץ לבינה מלאכותית בהערכת הביצועים שלהם היו בעלי שיעור אימוץ גבוה יותר. מכיוון שטכנולוגיות משבשות ומפציעות עשויות להיות מורכבות מאוד לאימוץ ברמת הפרט, המלצות ישימות יותר כוללות מדידה ישירה של אימוץ טכנולוגיה, אך גם היבטים תומכים ומשלימים לאימוץ כגון שיעור האוריינות הטכנולוגית.

### הסתגלות ארגונית

חלחול (דיפוזיה) של חדשנות, במיוחד במקרה של טמ"מ, אינה יכולה להיבנות רק על סמך החלטות האימוץ של אנשים בודדים, אפילו אם מדובר במנהיגים. ארגונים, בהגדרתם הרחבה, נדרשים להסתגל ולהתאים את עצמם להשתנות הטכנולוגית על ידי שינוי המבנים, הנהלים ודרכי העבודה שלהם. כך, למשל, רוב מארי, לשעבר ראש יחידת החדשנות של נאט"ו, טען בפרובוקטיביות כי "המדינות שמנצחות במרוץ [אימוץ הטכנולוגיה] הן אלה עם הבירוקרטיה הזריזה ביותר ולא אלה עם הטכנולוגיה הטובה ביותר" (Soare, 2021). ממחקר המקרה של ההסתגלות הארגונית לטכנולוגיות של בינה מלאכותית ונתוני עתק, עולה כי יש מאמצים המתגלים כאפקטיביים במיוחד לקידום יכולת ההסתגלות הארגונית.

**תמיכה בחדשנות (Championing innovation)** – תומכי ומובילי חדשנות מאפשרים הרחבה של מאמצי חדשנות שנעשים על ידי יחידים או ארגונים, ובכך תורמים לדיפוזיה של חדשנות טכנולוגית

בצורה יעילה יותר. תרומתם מתרחשת, בין היתר, מכיוון שהם מאפשרים לארגון להתנסות בטכנולוגיות שונות ולמלא את הפערים בתמיכה הארגונית עד מיסוד ארגוני מלא של הטכנולוגיה. כך הם מאיצים את קצב השינוי בארגון על ידי יצירת לקחים שנלמדו ולפיכך מאפשרים הבנה טובה ומהירה יותר של ערך הטכנולוגיה לצורכי ההסתגלות הארגונית. עיסוק בפרויקטים ניסיוניים יכול להיות שימושי, אך חשוב להדגיש כי התנסות לשמה, "פיילוט", אשר לעיתים נעשית כדי להנמיך ציפיות ולמתן התנגדות לשינוי, איננה מספקת. הדבר החשוב הוא להבין כיצד ללמוד מפרויקט לפרויקט, ולשלב את הלקחים שנלמדו במגוון רחב של תחומים כדי להרחיב את השימוש בחדשנות הטכנולוגית, ובעיקר כדי ללמוד כיצד ניתן ללמוד מכל מקרה ופרויקט לקראת הפרויקט הבא.

**למידה ארגונית** – משמשת ככלי מרכזי לשיפור תהליך ההסתגלות ומסתמנת כמפתח במרוץ להאצת החלחול הטכנולוגי. המושג "למידה בלולאה כפולה", אותו פיתח הפסיכולוג הארגוני כריס ארגיריס, מתאר את הצורך של ארגונים לא רק ללמוד איך לעשות דברים בצורה אחרת אלא "ללמוד איך ללמוד" – כלומר, לפתח דרכים חדשות וטובות יותר ללמידה עצמה (Argyris, 1977). גישה כזו ללמידה ארגונית על אודות הסתגלות טכנולוגית משמשת מרכיב מרכזי ביכולות הטרנספורמטיביות הנדרשות מארגונים, ותאפשר לארגונים להסתגל למגוון רחב יותר של טמ"מ.

**שותפויות** – פיתוח שותפויות סולל דרך נוספת שבה ארגונים יכולים להרחיב את יכולות החדשנות וההסתגלות שלהם בצורה אופקית. במקרה הבוחן שלנו, נוצרו שותפויות רבות שנראה כי הביאו להישגים שלא ניתן היה להשיג בלעדיהן. למשל – שותפות AI partnership for defence – שותפות רב-לאומית של ארגונים צבאיים וביטחוניים מיותר מ-13 מדינות (כולל ישראל) שהצטרפו לחברות הקבועות ב"מועדון חמש העיניים"<sup>19</sup>. מודלים אחרים לשותפויות כוללים, למשל, חילופים של כוח אדם בין גופים נבחרים, אקדמיות וחברות תעשייה בתחום הבינה המלאכותית. חילופים אלה עשויים לסייע בהגברת הידע על המפגש שבין היבטים טכנולוגיים, ביטחוניים ומודיעיניים. פרקטיקה מוצלחת אחרת מצביעה על קידום חילופים קבועים ופרויקטים משותפים בין החברות השונות, כעידוד לפיתוח ה"אקוסיסטם" של חלחול וחדשנות טכנולוגית ברחבי ברית נאט"ו. יש לציין שגם במקרי הבוחן של נתוני עתק ובינה מלאכותית, צעדים אלה יושמו באופן חלקי בלבד, אך נראה כי ההיגיון העומד מאחוריהם ופוטנציאל התרומה שלהם רלוונטי גם לטמ"מ אחרות.

## מיסוד חברתי

מרכיב מרכזי לחלחול טמ"מ הוא השפעתן החברתית העמוקה. בהתחשב בהשפעה זו, טכנולוגיות אלה אף עשויות ליצור סיכונים ביטחוניים על ידי גרימת אי נחת חברתית בעקבות העדר קונצנזוס ערכית-רבותי אודות אופני השימוש המיטיבים בהן, ופגיעה באמון הציבור בטכנולוגיות עצמן ובמדינות, צבאות וארגונים העושים בהן שימוש. דוגמאות אקטואליות לכך ניתן לראות במחלוקת

<sup>19</sup> "מועדון חמש העיניים" הוא ברית (סוג של שותפות) מודיעינית ותיקה בין אוסטרליה, ארצות הברית, בריטניה, קנדה ונירזילנד. על השותפות בתחום הבינה המלאכותית ראו: <https://www.defenseone.com/technology/2020/09/france-israel-s-korea-japan-others-join-pentagons-ai-partnership/168533>



החברתית הנוגעת לשימוש בטכנולוגיות לזיהוי פנים בעת הלחימה באוקראינה (Arroyo, 2022), או אי חידוש החוזה בין גוגל לפנטגון לפיתוח כלים מבוססי בינה מלאכותית לניתוח נתוני עתק של מודיעין חזותי בעקבות מחאת עובדי גוגל כנגד פרויקט מייבן (Maven) (Griffith, 2018). בהקשר הישראלי, ב־2022 התבררנו על מחאה דומה של עובדי אמזון וגוגל בדבר פרויקט הענן ("נימבוס") (Alba & Love, 2022).

ואולם מדובר לא רק בניהול סיכונים. מאמצי מיסוד חברתי ומנגנונים הולמים עשויים לקדם את ההטמעה וההתאמה הטכנולוגית בדרכים נוספות. דרכים אלה כוללות את עיצוב הנרטיב הציבורי בנוגע לתפקידה של הטכנולוגיה, אשר משפיע על האמון הניתן בה, ואת עיצוב האקלים הרגולטורי והנורמות התרבותיות והאתיות, הן לגבי פיתוח הטכנולוגיה הן לגבי השימוש בה. המחקר בתחום מציין כי קצב המיסוד החברתי איטי בהרבה מן הגורמים האחרים שנסקרו, ובהם ההתפתחות הטכנולוגית, שיעורי האימוץ וההסתגלות הארגונית, ולכן הוא חוליה חלשה המעכבת את קצב החלחול של הטכנולוגיה למגוון רחב יותר של שימושים. מקרה הבוחן של הבינה המלאכותית מצביע על כך שכדי לאפשר הטמעה טובה יותר של טמ"מ בחברה, ולפתח חוסן בפני ההשפעות המזיקות הפוטנציאליות שלה, יש צורך במאמצי מיסוד חברתי עמוקים. ממצאי המחקר מעלים כי שני כיווני מאמץ מרכזיים זהו כאפקטיביים לשם כך: הראשון הוא זיהוי מוקדם, היכרות ומעורבות בתמהיל המתפתח של בעלי העניין החדשים והמסורתיים ביחס לטכנולוגיות הללו. הכיוון השני, המשלים, הוא מאמץ רחב לביסוס של אמון חברתי-תרבותי-ארגוני בטכנולוגיה על ידי מנגנוני ממשל, רגולציה וסטנדרטיזציה. דוגמאות למאמצים אלה (המוצלחים יותר ופחות) כוללות את המסגרות עבור מחקר אחראי וחדשנות (Responsible Research and innovation) בתחום הבינה המלאכותית (Stanley-Lockman & Trabucco, 2021); פיתוח והטמעה של קוד אתי בין-תרבותי לשימושים צבאיים וביטחוניים בבינה מלאכותית (Danks & Trusilo, 2022); והרחבת הדיונים על יכולות אוטונומיות צבאיות, מבוססות בינה מלאכותית, כתגובת נגד מאוחרת לקולות הביקורתיים בתחום זה (Taddeo & Blanchard, 2022).

**תקינה** – תקנים הם מנגנוני מיסוד לקולקטיב הנדרש לפעול בתיאום גבוה במערכות מורכבות. תקנים יכולים להיות טכניים, כמו תקני הגנת סייבר, אך עשויים לבוא לידי ביטוי גם בצורה של נהלים או דרישות, כגון המקרה של קוד אתי בין-תרבותי לבינה מלאכותית (Christie, 2020; Dufour, 2018; NATO, 2021). התקנים מייצרים צורך לעמוד בדרישות שונות ובכך מגבירים שקיפות, קונצנזוס ואמון. כגוף מדינתי עם תמריץ להניע שיתוף פעולה והתאמה חברתית, צה"ל ממוקם היטב כדי להגדיר ולהפעיל סטנדרטים שיסייעו לעצב את קווי המתאר של טמ"מ עתידיות, כפי שכבר עשה בעבר (Stanley-Lockman, 2021). מאמץ התקינה והסטנדרטיזציה הלאומי והביטחוני צריך לכוון לשיפור יכולת הפעולה ההדדית לא רק במובן הטכני, אלא גם עבור נורמות חברתיות ושיקולים אתיים בין השותפויות השונות, כחלק מהאסטרטגיה בנוגע לטמ"מ.

**קוד אתי** – בשימוש כ"תקן" ספציפי, הקוד האתי יכול לחזור ולהדגיש את מחויבותם של המדינה, צה"ל והחברה לערכיהם המשותפים, בעוד שאלות מוסריות ואתיות חדשות צצות עם התפתחות

טמ"מ ושימושיהן. שימושים חדשים בטכנולוגיות עשויים להיות מותנים במצפון, העדפות אישיות, מוסר ועוד, ולכן קווים מנחים אתיים משותפים ורחבים ליישור אנכי (לאורך הארגון) ואופקי (ברמה החברתית) הם בעלי ערך רב להכוונת הפיתוח, היישום וההטמעה של טמ"מ ולהפחתת לחצים וקונפליקטים ערכיים, כמו למשל במקרה של פרויקט גוגל מייבן.

**ועדות ביקורת (Review Board)**<sup>20</sup> – הכוללות מומחים בסוגיות אתיות הנוגעות לטמ"מ שונות, נמצאו כדרך נוספת לתמוך במאמצי המיסוד החברתי הרחב יותר. חשוב לציין כי מהממצאים עולה שבעת מינוי ועדות כאלה יש להסמיק אותן לפקח על יישום הדרגתי של תהליכים, עקרונות וסטנדרטים ערכיים. נראה כי חלק מוועדות הביקורת שהוקמו היו "חסרות שיניים" בכל הנוגע ליכולתן לבקר ולדרוש עמידה בסטנדרטים ערכיים לבינה מלאכותית (Rességuier & Rodrigues, 2020). על ועדות אלה גם לדון ביישומים של טמ"מ במגזר הביטחוני כדי לשקף מגוון דעות ונקודות מבט (משפטית, פסיכולוגית, חברתית ועוד). פעולה נכונה של ועדות אלה תוביל למיסוד חברתי טוב יותר, שיתבטא באמון גבוה יותר, חופש פעולה משפטי ורגולטורי רחב יותר והגברת הקונצנזוס, בדרך לעליונות טכנולוגית ארוכת טווח ובתקיימא, המבוססת על ערכים משותפים.

## דיון

חשוב להצביע באופן ברור על מגבלותיו האפשריות של המחקר. בפרק השיטה פירטתי את הנימוקים לשימוש בחקר מקרה, למיקוד המחקר בטכנולוגיות של בינה מלאכותית ונתוני עתק ובזירה הבין לאומית של נאט"ו. מגבלה אפשרית ראשונה הנובעת מכך היא שכל טכנולוגיה ממשפחת הטכנולוגיות המפציעות ומשבשות מכילה עולם עשיר מאוד של טכנולוגיות אחרות ועשויה ליצור מגוון רחב של השפעות. על כן, לא נכון יהיה להכליל את הממצאים של מחקר זה ולהחיל אותם על טכנולוגיה בדידה מסוימת אחרת מלבד בינה מלאכותית או נתוני עתק – למשל, טכנולוגיות קוונטיות – או, לחלופין, להשתמש בו למטרות של תיעדוף בין הטכנולוגיות עצמן. מאידך גיסא, אני רואה בממד המכליל של המחקר דווקא נקודת חוזק – והיא הקריאה לפיתוח יכולות טרנספורמטיביות רחבות שישרתו מגוון נרחב של סוגי טכנולוגיה כפי שנסקר, עם ההתאמות הספציפיות הנדרשות – מובן שטכנולוגיות מסוימות דורשות תקינה ייעודית; שיפור מנגנוני ההערכה והלמידה הארגונית הוא גנרי יותר; מאמצי אוריינות העוסקים באימוץ טכנולוגיות באופן כללי עשויים להיות רחבים יותר, לעומת מאמצים המכוונים לרכישת מיומנות (reskilling) בטכנולוגיה חדשה ועוד.

נוסף על כך, חקר המקרה התמקד מרחבית וארגונית בארגון רב-לאומי גדול, בעל מסגרת התייחסות, אקלים ותרבות השונים מאוד מישראל, בייחוד בהקשר של מדיניות. האם ניתן להשליך ממנו על ישראל – מדינה קטנה במונחים בין-לאומיים, שאינה חברה בנאט"ו ובעלת אקוסיסטם אחר וייחודי

<sup>20</sup> ראו למשל את הוועדה שהוקמה בנאט"ו לנושאי המידע והבינה המלאכותית, העוסקת בנושא אימוץ אחראי של בינה מלאכותית – (Responsible AI (RAI) Adoption) [https://www.nato.int/cps/en/natohq/official\\_texts\\_208374.htm](https://www.nato.int/cps/en/natohq/official_texts_208374.htm)

של מחקר ופיתוח טכנולוגי לצרכים ביטחוניים? הממצאים וההמלצות אשר מוצגים במחקר זה נשקלו ונבחנו בראי הבדלי ההקשר, אך בהחלט נדרשת זהירות יתרה ועולה הצורך לבחון את ההקשר הרחב יותר של הכללת ממצאי המחקר והחלתם על ישראל.

הדרך הנכונה להתגבר על מורכבויות ומוגבלויות אלה תהיה על ידי תוכנית מחקרי המשך, אשר תבחן את השפעות המדיניות בנושא אימוץ טכנולוגיות מפציעות ומשבשות בתחום הצבאי-ביטחוני מודיעיני בישראל, הן ביחס לטכנולוגיות ספציפיות הן בהשוואה למדינות אחרות. צורך זה מוביל אותי להמלצה האחרונה במאמר זה – הקמתו של מרכז מצוינות לאימוץ והטמעה של טכנולוגיות (COE: Center of excellence), ובייחוד עבור טכנולוגיות מתפתחות בהקשרים ביטחוניים. ישראל משופעת במרכזי מצוינות למחקר ופיתוח טכנולוגי ומשקיעה בכך כסף רב (מבקר המדינה, 2018), אך אין בישראל, ובפרט במערכת הביטחון, מרכז ייעודי העוסק בחקר תהליך האימוץ וההטמעה של טכנולוגיה. אף שגורמים אלה בעלי חשיבות מרכזית בשימור העליונות הטכנולוגיות העתידית של ישראל, אין מי שאחראי למשימה לפתח הבנה טובה יותר בנוגע למאפשרים ולחסמים הפסיכולוגיים, ארגוניים, תרבותיים וחברתיים שנידונו כאן בקצרה. ההשקעה במחקר ובקידום התחום אומנם תהיה נמוכה באופן מהותי מן ההשקעות בטכנולוגיות עצמן, אך עדיין נדרשים כאן השקעת משאבים גדולה, זמן רב ומאמצים רבים. מרכז מצוינות בתחום זה יאפשר למערכת הביטחון ולישראל ללמוד, להרחיב וליישם את המאמצים ואת ההמלצות המתוארים במאמר זה. עוד יש לציין, כי מרכז כזה יאפשר להבין בצורה טובה יותר גם את התקדמותן, התפתחותן והטמעתן של טכנולוגיות בקרב אויבים ויריבים, שכן בשלב זה, אני מקווה כי כבר מובן שכל אלה אינם תלויים אך ורק במודיעין על אודות המו"פ הטכנולוגי עצמו.

## סיכום

השאלה המרכזית שנבחנה במאמר זה היא כיצד ניתן לשמר ואף להאיץ את היתרון הטכנולוגי של ישראל בכל הנוגע לטכנולוגיות מפציעות ומשבשות בתחום הביטחוני. המאמר התמודד עם שאלה זו באמצעות בחינת מסמכים הסוקרים את מדיניות נאט"ו בנושא בינה מלאכותית ונתוני עתק ואת תוצאותיה עד כה. המידע שנאסף ממסמכים אלה נותח לפי תאוריות העוסקות בקצב החדירה והשימוש של טכנולוגיות בארגונים. מהניתוח עלה כי יש ארבע משפחות של גורמים המשפיעים על קצב החדירה של טכנולוגיות מפציעות ומשבשות: קצב המו"פ הטכנולוגי, החלטות האימוץ של אינדוידואלים, קצב ההשתנות וההתאמה של הארגונים, והמיסוד התרבותי-חברתי של הטכנולוגיה. עבור כל אחת ממשפחות אלה צוינו שלוש המלצות המדיניות המשפיעות ביותר. בהמשך נידונו מגבלות המחקר והוצגו המלצות למחקרי המשך, שיתמודדו עם מגבלות אלה ויאפשרו תפיסה טובה יותר ויישום אפקטיבי של ההבנות בתחום.

לסיכום, ברצוני להעיר כי יש מי שיראה את המלצות המאמר כ"גבוהות" ולא בהכרח ניתנות ליישום מהיר. לטענתי, אין קיצורי דרך, בדיוק כשם שלא ניתן לערוך קיצורים ו"יישום מהיר" של המלצות

לפיתוח טכנולוגיה קוונטית. יתרה מכך, תקוותי היא שהמאמר מדגים את חשיבות הנושא ואת העובדה שנדרשת השקעה של חשיבה ומשאבים ניכרים על מנת לממש את ההמלצות שניתנו כאן, ואשר יקבעו את קצב האימוץ של טכנולוגיות מפציעות ומשבשות – קצב שאנו מחויבים להאיץ למען התמודדות טובה יותר עם האתגרים העומדים בפנינו.

מאמר זה נכתב טרם מלחמת "חרבות ברזל" ולכן אינו מתייחס אליה ישירות. הכותב סבור כי המלחמה מדגישה את הרלוונטיות של התובנות ושל ההמלצות העולות מן המאמר, וממחישה את הצורך הדחוף בהאצת קצב ההשתנות הטכנולוגית ובבניית יכולות טרנספורמטיביות מול טכנולוגיות מתפתחות. עם זאת, נדרש המשך מחקר וניתוח מעמיק יותר של הלקחים העולים מהמלחמה בכל הנוגע לאימוץ, הטמעה ושימוש בטכנולוגיות מפציעות ומשבשות.

## מקורות

- בר-גיל, א. (2021). "בסוף מתרגלים להכל"—הסתגלות צה"ל לעבודה מרחוק על ידי אימוץ כלי עבודה מקוונים בתקופת הקורונה ומה ניתן ללמוד ממנה. בין הזירות, 17.
- הרשקוביץ, ש. (2019). האל שבמכונה: טכנולוגיות מפציעות ועתיד המודיעין (מחקרי עומק) המכון לחקר המתודולוגיה של המודיעין.
- מבקר המדינה. (2018). ניהול תוכניות המחקר והפיתוח במערכת הביטחון (דוח שנתי 69א'; דוחות שנתיים). משרד מבקר המדינה.
- עקרונות התכנית הלאומית לבינה מלאכותית נחשפים לראשונה. New-Tech. (2022, July 19).
- Agrawal, A., Gans, J., & Goldfarb, A. (2019). *The Economics of Artificial Intelligence: An Agenda*. University of Chicago Press.
- AI initiatives. (n.d.). *Artificial Intelligence*. Retrieved December 30, 2021, from <https://www.coe.int/en/web/artificial-intelligence/national-initiatives>
- Alba, D., & Love, J. (2022, August 31). *Google Workers Step Up Protests of \$1.2 Billion Israeli Contract*. Bloomberg.Com. <https://www.bloomberg.com/news/articles/2022-08-31/google-workers-step-up-protests-of-1-2-billion-israeli-contract>
- Argyris, C. (1977). Double loop learning in organizations. *Harvard Business Review*, 55(5), 115–125.
- Arroyo, I. R. (2022, September 21). The controversy of facial recognition in the Ukraine war. *Sacyr Blog*. <https://www.sacyr.com/-/la-polemica-del-reconocimiento-facial-en-la-guerra-de-ucrania>
- Bar-Gil, O. (2020). Clipping us together: The case of the Google Clips camera. *NECSUS European Journal of Media Studies*, 9, 215–236. <https://doi.org/10.25969/mediarep/14308>
- Bar-Gil, O., & Spiegler, L. (2021, September 1). Atmosphere of collaboration during social distancing—Adopting collaboration workspace during the Corona Pandemic. *IFKAD 2021: Managing Knowledge in Uncertain Times Proceedings*. IFKAD 2021: Managing Knowledge in Uncertain Times, Rome.
- Brinker, S. (2016). *Martec's Law: The greatest management challenge of the 21st century*, sl: Chiefmartec.
- Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2016). *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies* (1 edition). W. W. Norton & Company.
- Capacci, S., Mazzocchi, M., Shankar, B., Brambila Macias, J., Verbeke, W., Pérez-Cueto, F. J., Koziół-Kozakowska, A., Piórecka, B., Niedzwiedzka, B., D'Addesa, D., Saba, A., Turrini, A., Aschemann-Witzel, J., Bech-Larsen, T., Strand, M., Smillie, L., Wills, J., & Traill, W. B. (2012). Policies to promote healthy eating in Europe: A structured review of policies and their effectiveness. *Nutrition Reviews*, 70(3), 188–200. <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2011.00442.x>
- Chenok, D., Bochoven, L. van, & Zaharchuk, D. (2021). *Deploying AI in defense organizations: The value, trends, and opportunities* (29037929USEN-00). IBM. <https://www.ibm.com/downloads/cas/EJBREOMX>
- Christensen, C. M. (1997). *The innovator's dilemma: When new technologies cause great firms to fail*. Harvard Business School Press.
- Christie, E. H. (2020, November 24). *Artificial Intelligence at NATO: dynamic adoption, responsible use*. NATO Review. <https://www.nato.int/docu/review/articles/2020/11/24/artificial-intelligence-at-nato-dynamic-adoption-responsible-use/index.html>
- Cohen, W. M., & Levinthal, D. A. (1990). Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation. *Administrative Science Quarterly*, 35(1), 128–152. <https://doi.org/10.2307/2393553>
- Crawford, K. (2021). *The atlas of AI power, politics, and the planetary costs of artificial intelligence*. Yale University Press.
- Dal Mas, F., Massaro, M., Lombardi, R., & Garlatti, A. (2019). From output to outcome measures in the public sector: A structured literature review. *International Journal of Organizational Analysis*, 27(5), 1631–1656. <https://doi.org/10.1108/IJOA-09-2018-1523>
- Danks, D., & Trusilo, D. (2022). The Challenge of Ethical Interoperability. *Digital Society*, 1(2), 11. <https://doi.org/10.1007/s44206-022-00014-2>
- Davenport, T. H. (2018). *The AI advantage: How to put the artificial intelligence revolution to work*. The MIT Press.
- DoD Chief Information Officer. (2020). *Artificial Intelligence Education Strategy*. DoD Joint AI Center.

[https://www.ai.mil/docs/2020\\_DoD\\_AI\\_Training\\_and\\_Education\\_Strategy\\_and\\_Infographic\\_10\\_27\\_20.pdf](https://www.ai.mil/docs/2020_DoD_AI_Training_and_Education_Strategy_and_Infographic_10_27_20.pdf)

Dolata, U. (2009). Technological innovations and sectoral change: Transformative capacity, adaptability, patterns of change: An analytical framework. *Research Policy*, 38(6), 1066–1076.

<https://doi.org/10.1016/j.respol.2009.03.006>

Dubik, J. (2019, January 22). A Dual Approach to Military Innovation. Association of the United States Army. <https://www.ansa.org/articles/dual-approach-military-innovation>

Dufour, M. (2018). Will artificial intelligence challenge NATO interoperability? (6; NDC Policy Brief, p. 4). NATO Defense College.

Floridi, L. (2014). *The 4th revolution: How the infosphere is reshaping human reality*. Oxford Univ. Press.

Frantzman, S. J., & Mehta, A. (2023, June 19). Whether Iran's "hypersonic" weapon is real or not, Israel has to plan to react: Experts. *Breaking Defense*.

<https://breakingdefense.sites.breakingmedia.com/2023/06/whether-irans-hypersonic-weapon-is-real-or-not-israel-has-to-plan-to-react-experts/>

Gallivan, M. J. (2001). Organizational adoption and assimilation of complex technological innovations: Development and application of a new framework. *ACM SIGMIS Database: The DATABASE for Advances in Information Systems*, 32(3), 51–85.

<https://doi.org/10.1145/506724.506729>

Gartner. (2021, September 13). Gartner Survey Reveals Talent Shortages as Biggest Barrier to Emerging Technologies Adoption. Gartner. <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2021-09-13-gartner-survey-reveals-talent-shortages-as-biggest-barrier-to-emerging-technologies-adoption>

Gerstein, D. M. (2018, August 13). The Military's Search for Innovation. *Rand*. <https://www.rand.org/blog/2018/08/the-militarys-search-for-innovation.html>

Gilli, A. (Ed.). (2019a). Automation in air warfare: Lessons for Artificial intelligence today. In T. Tardy (Ed.), *The Brain and the Processor: Unpacking the Challenges of Human-Machine Interaction* (pp. 27–43). NATO Defense College.

Gilli, A. (Ed.). (2019b). *The Brain and the Processor: Unpacking the Challenges of Human-Machine Interaction*. NATO Defense College.

Gilli, A. (2021a). NATO, technological superiority, and emerging and disruptive technologies. In T. Tardy (Ed.), *NATO 2030: New technologies, new conflicts, new partnerships* (Rome, pp. 5–18). NATO Defense College.

Gilli, A. (2021b). NATO, technological superiority, and emerging and disruptive technologies (NATO 2030, pp. 5–18). NATO Defense College. <https://www.jstor.org/stable/resrep29562.7>

Gray, M., & Ertan, A. (2021). An Overview of NATO Member States' (p. 34). NATO CCDCOE.

Griffith, E. (2018, June 1). Google Won't Renew Controversial Pentagon AI Project. *Wired*. <https://www.wired.com/story/google-wont-renew-controversial-pentagon-ai-project/>

Hagendorff, T. (2020). The Ethics of AI Ethics: An Evaluation of Guidelines. *Minds and Machines*, 30(1), 99–120. <https://doi.org/10.1007/s11023-020-09517-8>

Hershkovitz, S. (2022). The Future of National Intelligence: How Emerging Technologies Reshape Intelligence Communities.

Hilbert, M. (2016). Big Data for Development: A Review of Promises and Challenges. *Development Policy Review*, 34(1), 135–174. <https://doi.org/10.1111/dpr.12142>

ICRC. (2017, July 6). 'Supersoldiers': Ethical concerns in human enhancement technologies. *Humanitarian Law & Policy*. <https://medium.com/law-and-policy/supersoldiers-ethical-concerns-in-human-enhancement-technologies-fa9bf1e06889>

Johnson, J. (2019). Artificial intelligence & future warfare: Implications for international security. *Defense & Security Analysis*, 35(2), 147–169. <https://doi.org/10.1080/14751798.2019.1600800>

Kane, G. C., Andrus, G. R., Copulsky, J. R., & Nguyen Phillips, A. (2019). *The technology fallacy: How people are the real key to digital transformation*. The MIT Press.

Kelly, K. (2016). *The inevitable: Understanding the 12 technological forces that will shape our future*. Viking.

Koppelman, B. (2019). How Would Future Autonomous Weapon Systems Challenge Current Governance Norms? *The RUSI Journal*, 164(5–6), 98–109. <https://doi.org/10.1080/03071847.2019.1694261>

Kosal, M. E. (2020). Disruptive and game changing technologies in modern warfare: Development, use, and proliferation. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-28342-1>

- Krippendorff, K. (2018). *Content analysis: An introduction to its methodology*. Sage publications.
- Lai, P. (2017). The Literature Review of Technology Adoption Models and Theories for the Novelty Technology. *Journal of Information Systems and Technology Management*, 14(1). <https://doi.org/10.4301/S1807-17752017000100002>
- Lakoff, G., & Johnson, M. (2003). *Metaphors We Live By*. University of Chicago Press.
- Lee, K.-F. (2018). *AI Superpowers: China, Silicon Valley, and the New World Order* (1st edition). Harper Business.
- Lucarelli, S., Marrone, A., & Moro, F. N. (2021). NATO Decision-Making in the Age of Big Data and Artificial Intelligence (p. 100).
- Manyika, J., Chui, M., Bughin, J., Dobbs, R., Bisson, P., & Marrs, A. (2013). *Disruptive technologies: Advances that will transform life, business, and the global economy*. McKinsey Global Institute.
- Mayer-Schönberger, V., & Cukier, K. (2013). *Big Data: A Revolution that Will Transform how We Live, Work, and Think*. Houghton Mifflin Harcourt.
- Murray, R. (2020, September 1). Building a resilient innovation pipeline for the Alliance. NATO Review. <https://www.nato.int/docu/review/articles/2020/09/01/building-a-resilient-innovation-pipeline-for-the-alliance/index.html>
- NATO. (2021, October 22). Summary of the NATO Artificial Intelligence Strategy. NATO. [https://www.nato.int/cps/en/natohq/official\\_texts\\_187617.htm](https://www.nato.int/cps/en/natohq/official_texts_187617.htm)
- NATO. (2022, June 30). NATO launches Innovation Fund. NATO. [https://www.nato.int/cps/en/natohq/news\\_197494.htm](https://www.nato.int/cps/en/natohq/news_197494.htm)
- NATO STO. (2020). *Science & Technology Trends 2020-2040*. NATO Science & Technology Organization, 2020.
- O'Hanlon, M. E. (2018, September 11). A retrospective on the so-called revolution in military affairs, 2000-2020. Brookings. <https://www.brookings.edu/research/a-retrospective-on-the-so-called-revolution-in-military-affairs-2000-2020/>
- Rayome, A. D. (2017, October 16). The myth of the tech talent shortage: Why it's a much smaller problem than vendors say. TechRepublic. <https://www.techrepublic.com/article/the-myth-of-the-tech-talent-shortage-why-its-a-much-smaller-problem-than-vendors-say/>
- Rességuier, A., & Rodrigues, R. (2020). AI ethics should not remain toothless! A call to bring back the teeth of ethics. *Big Data & Society*, 7, 205395172094254. <https://doi.org/10.1177/2053951720942541>
- Roberts, R., & Flin, R. (2020). Unlocking the Potential: Understanding the Psychological Factors That Influence Technology Adoption in the Upstream Oil and Gas Industry. *SPE Journal*, 25(01), 515–528. <https://doi.org/10.2118/198903-PA>
- Roberts, R., Millar, D., Corradi, L., & Flin, R. (2021). What Use is Technology If No One Uses it? The Psychological Factors That Influence Technology Adoption Decisions in Oil and Gas. *Technology, Mind, and Behavior*, 2(1). <https://doi.org/10.1037/tmb0000027>
- Rogers, E. M. (1983). *Diffusion of innovations* (3rd ed). Free Press ; Collier Macmillan.
- Roland, A. (2016). *War and Technology: A Very Short Introduction* (Illustrated edition). Oxford University Press.
- Rosen, S. P. (1988). New Ways of War: Understanding Military Innovation. *International Security*, 13(1), 134–168. JSTOR. <https://doi.org/10.2307/2538898>
- SAS-123 Research Task Group. (2021). *Futures Assessed alongside socio-Technical Evolutions (FATE) (TR-SAS-123)*. STO/NATO.
- Scharre, P. (2018). *Army of None: Autonomous Weapons and the Future of War* (Illustrated edition). W. W. Norton & Company.
- Scott, B., Kaahaaina, N., & Stock, C. (2018). Innovation in the Military. *Small Wars Journal*. <https://smallwarsjournal.com/jrnl/art/innovation-military>
- Searls, D. (2012). *The intention economy: When customers take charge*. Boston, Mass. : Harvard Business Review Press. <http://archive.org/details/intentioneconomy0000sear>
- Singer, P. W. (2009). *Wired for War: The Robotics Revolution and Conflict in the 21st Century* (Reprint edition). Penguin Books.
- Soare, S. R. (2021, June 11). Innovation as Adaptation: NATO and Emerging Technologies [Blog]. GMFUS. <https://www.gmfus.org/news/innovation-adaptation-nato-and-emerging-technologies>
- Stanley-Lockman, Z. (2021). *Military AI Cooperation Tool box [CSET Issue Brief]*. CEST - Center for Security and Emerging Technology.

- Stanley-Lockman, Z., & Trabucco, L. (2021). NATO's Role in Responsible AI Governance in Military Affairs. 32.
- Stone, R. (2020, January 8). 'National pride is at stake.' Russia, China, United States race to build hypersonic weapons. *Science*. <https://www.science.org/content/article/national-pride-stake-russia-china-united-states-race-build-hypersonic-weapons>
- Taddeo, M., & Blanchard, A. (2022). Accepting Moral Responsibility for the Actions of Autonomous Weapons Systems—A Moral Gambit. *Philosophy & Technology*, 35(3), 78. <https://doi.org/10.1007/s13347-022-00571-x>
- Tamilmani, K., Rana, N. P., Wamba, S. F., & Dwivedi, R. (2021). The extended Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT2): A systematic literature review and theory evaluation. *International Journal of Information Management*, 57, 102269. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2020.102269>
- Tarraf, D., Shelton, W., Parker, E., Alkire, B., Carew, D., Grana, J., Levedahl, A., Leveille, J., Mondschein, J., Ryseff, J., Wyne, A., Elinoff, D., Geist, E., Harris, B., Hui, E., Kenney, C., Newberry, S., Sachs, C., Schirmer, P., ... Warren, K. (2019). The Department of Defense Posture for Artificial Intelligence: Assessment and Recommendations. RAND Corporation. <https://doi.org/10.7249/RR4229>
- Taylor, T. (2019). Artificial Intelligence in Defence. *The RUSI Journal*, 164(5–6), 72–81. <https://doi.org/10.1080/03071847.2019.1694229>
- van Amerongen, M. (2021, June 3). NATO Review—Quantum technologies in defence & security. *NATO Review*. [https://www.nato.int/docu/review/articles/2021/06/03/quantum-technologies-in-defence-security/index.html?utm\\_source=pocket\\_mylist](https://www.nato.int/docu/review/articles/2021/06/03/quantum-technologies-in-defence-security/index.html?utm_source=pocket_mylist)
- Vanatta, N., Johnson, B. D., Brown, J. C., Lindsay, G., & Carrott, J. (2022). Future Implications of Emerging Disruptive Technologies on Weapons of Mass Destruction (p. 82). Threatcasting Lab.
- Vladu, M., & Popescu, S. (2021). Considerations on the Impact of Emerging and Disruptive Technologies on Security Policies. *Scientific Bulletin*, 26(2), 211–216. <https://doi.org/10.2478/bsaft-2021-0026>
- Waelbers, K. (2011). *Doing good with technologies: Taking responsibility for the social role of emerging technologies*. Springer.
- Yudkowsky, E. (2008). Artificial Intelligence as a positive and negative factor in global risk. In E. Yudkowsky, *Global Catastrophic Risks*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oso/9780198570509.003.0021>
- Zhu, K., Kraemer, K. L., & Xu, S. (2006). The Process of Innovation Assimilation by Firms in Different Countries: A Technology Diffusion Perspective on E-Business. *Management Science*, 52(10), 1557–1576.
- Ziervogel, G., Cowen, A., & Ziniades, J. (2016). Moving from Adaptive to Transformative Capacity: Building Foundations for Inclusive, Thriving, and Regenerative Urban Settlements. *Sustainability*, 8(9), Article 9. <https://doi.org/10.3390/su8090955>



## נספח א' – רשימת המסמכים שנסקרו

- Andrea Gilli. (2021). NATO, technological superiority, and emerging and disruptive technologies. In T. Tardy (Ed.), *NATO 2030: New technologies, new conflicts, new partnerships* (Rome, pp. 5–18). NATO Defense College.
- Aronhime, L., & Cocron, A. (2021, July 19). NATO's Innovation Challenge. *NATO Review*. <https://www.nato.int/docu/review/articles/2021/07/19/natos-innovation-challenge/index.html>
- Brose, C. (2020). *The Kill Chain: Defending America in the Future of High-Tech Warfare*. Hachette UK.
- Calvo, D., Cheng, R., Helou, M., Kratz, N., Liddy, C., McDonnell, J., Shin, T., Taak, J., Crawford, J., Furbish, M., Haj, M. A., Luzum, N., & Webb, O. (2021, August 12). NATO Review - Countering disinformation: Improving the Alliance's digital resilience. *NATO Review*. <https://www.nato.int/docu/review/articles/2021/08/12/countering-disinformation-improving-the-alliances-digital-resilience/index.html>
- Chenok, D., Bochoven, L. van, & Zaharchuk, D. (2021). Deploying AI in defense organizations: The value, trends, and opportunities (No. 29037929USEN-00). IBM. <https://www.ibm.com/downloads/cas/EJBREOMX>
- Christie, E. H. (2020, November 24). Artificial Intelligence at NATO: dynamic adoption, responsible use. *NATO Review*. <https://www.nato.int/docu/review/articles/2020/11/24/artificial-intelligence-at-nato-dynamic-adoption-responsible-use/index.html>
- Dufour, M. (2018). Will artificial intelligence challenge NATO interoperability? (No. 6; NDC Policy Brief, p. 4). NATO Defense College.
- Ehlert, U. (2021, December 16). NATO Review—Why our values should drive our technology choices. *NATO Review*. <https://www.nato.int/docu/review/articles/2021/12/16/why-our-values-should-drive-our-technology-choices/index.html>
- Gilli, A. (Ed.). (2019a). Automation in air warfare: Lessons for Artificial intelligence today. In T. Tardy (Ed.), *The Brain and the Processor: Unpacking the Challenges of Human-Machine Interaction* (pp. 27–43). NATO Defense College.
- Gilli, A. (2019b). Preparing for “NATO-mation”: The Atlantic Alliance toward the age of artificial intelligence (No. 4; NDC Policy Brief, p. 4). NATO Defense College.
- Gilli, A. (Ed.). (2019c). *The Brain and the Processor: Unpacking the Challenges of Human-Machine Interaction*. NATO Defense College.
- Gilli, A. (2021). NATO, technological superiority, and emerging and disruptive technologies (NATO 2030, pp. 5–18). NATO Defense College. <https://www.jstor.org/stable/resrep29562.7>
- Gilli, A., & Gilli, M. (2016). The diffusion of drone warfare? Industrial, organizational, and infrastructural constraints. *Security Studies*, 25(1), 50–84.
- Gilli, A., & Gilli, M. (2019). Imitation, innovation, disruption: Challenges to NATO's superiority in military technology (No. 25; NDC Policy Brief, p. 4). NATO Defense College.
- Gilli, A., & Ozawa, M. (2021). NATO 2030: New technologies, new conflicts, new partnerships (No. 17; NDC Research Paper). NATO Defense College.
- Gilli, M., Leonard, A.-S., & Stanley-Lockman, Z. (2020). “NATO-Mation”: Strategies for Leading in the Age of Artificial Intelligence (Reserch Paper No. 15; NDC Research Papers Series). NATO Defense College.
- Goldfarb, A., & Lindsay, J. R. (2022). Prediction and Judgment: Why Artificial Intelligence Increases the Importance of Humans in War. *International Security*, 46(3), 7–50. [https://doi.org/10.1162/isec\\_a\\_00425](https://doi.org/10.1162/isec_a_00425)
- Hao, K. (2019, February 26). Why AI is a threat to democracy—And what we can do to stop it. *MIT Technology Review*. <https://www.technologyreview.com/2019/02/26/66043/why-ai-is-a-threat-to-democracyand-what-we-can-do-to-stop-it/>
- Horowitz, M. C. (2018). Artificial Intelligence, International Competition, and the Balance of Power. *Texas National Security Review*, 1(3), 22.
- Hunter Christie, E. (2022). Defence cooperation in artificial intelligence: Bridging the transatlantic gap for a stronger Europe. *European View*, 17816858221089372. <https://doi.org/10.1177/17816858221089372>
- Johnson, J. (2019). Artificial intelligence & future warfare: Implications for international security. *Defense & Security Analysis*, 35(2), 147–169. <https://doi.org/10.1080/14751798.2019.1600800>
- Kosal, M. E. (2020). Disruptive and game changing technologies in modern warfare: Development, use, and proliferation. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-28342-1>

- Lasconjarias, G. (2017). NATO, the Nations and the Challenges of Being Prepared. Eisenhower Paper, 8.
- Lucarelli, S., Marrone, A., & Moro, F. N. (2021). NATO Decision-Making in the Age of Big Data and Artificial Intelligence (p. 100).
- Mazarr, M. J., Rhoades, A. L., Beauchamp-Mustafaga, N., Blanc, A. A., Eaton, D., Feistel, K., Geist, E., Heath, T. R., Johnson, C., Langeland, K., Léveillé, J., Massicot, D., McBirney, S., Pezard, S., Reach, C., Vedula, P., & Yoder, E. (2022). Disrupting Deterrence: Examining the Effects of Technologies on Strategic Deterrence in the 21st Century. RAND Corporation. [https://www.rand.org/pubs/research\\_reports/RRA595-1.html](https://www.rand.org/pubs/research_reports/RRA595-1.html)
- Meyer-Minnemann, L. (2016). Resilience and Alliance Security: The Warsaw Commitment to Enhance Resilience (Forward Resilience: Protecting Society in an Interconnected World Working Paper Series, p. 6). Center for Transatlantic Relations.
- Murray, R. (2020, September 1). Building a resilient innovation pipeline for the Alliance. NATO Review. <https://www.nato.int/docu/review/articles/2020/09/01/building-a-resilient-innovation-pipeline-for-the-alliance/index.html>
- NATO. (2019). NATO 2030: United for a New Era. Analysis and Recommendations of the Reflection Group Appointed by the NATO Secretary General. NATO. [https://www.nato.int/nato\\_static\\_fl2014/assets/pdf/2020/12/pdf/201201-Reflection-Group-Final-Report-Uni.pdf](https://www.nato.int/nato_static_fl2014/assets/pdf/2020/12/pdf/201201-Reflection-Group-Final-Report-Uni.pdf)
- NATO. (2020, October 29). Cooperation on Artificial Intelligence will boost security and prosperity on both sides of the Atlantic, NATO Deputy Secretary General says. NATO. [https://www.nato.int/cps/en/natohq/news\\_179231.htm](https://www.nato.int/cps/en/natohq/news_179231.htm)
- NATO. (2021a). NATO Advisory Group On Emerging And Disruptive Technologies. NATO. [https://www.nato.int/nato\\_static\\_fl2014/assets/pdf/2021/3/pdf/210303-EDT-adv-grp-annual-report-2020.pdf](https://www.nato.int/nato_static_fl2014/assets/pdf/2021/3/pdf/210303-EDT-adv-grp-annual-report-2020.pdf)
- NATO. (2021b, June 11). Resilience and Article 3. NATO. [https://www.nato.int/cps/en/natohq/topics\\_132722.htm](https://www.nato.int/cps/en/natohq/topics_132722.htm)
- NATO. (2021c, October 22). Emerging and disruptive technologies. NATO. [https://www.nato.int/cps/en/natohq/topics\\_184303.htm](https://www.nato.int/cps/en/natohq/topics_184303.htm)
- NATO. (2021d, October 22). NATO Allies take the lead on the development of NATO's Innovation Fund. NATO.
- NATO. (2021e, October 22). Summary of the NATO Artificial Intelligence Strategy. NATO. [https://www.nato.int/cps/en/natohq/official\\_texts\\_187617.htm](https://www.nato.int/cps/en/natohq/official_texts_187617.htm)
- NATO Science & Technology Organization. (2020). Science & Technology Trends 2020-2040. NATO Science & Technology Organization.
- NATO wants to set AI standards. If only its members agreed on the basics. (2021, March 29). POLITICO. <https://www.politico.eu/article/nato-ai-artificial-intelligence-standards-priorities/>
- Popescu, A. I. C. (2021). The geopolitical impact of emerging technology. Bulletin of "Carol I" National Defence University (EN), 04, 7-21.
- Ryseff, J., Landree, E., Johnson, N., Ghosh-Dastidar, B., Izenberg, M., Newberry, S., Ferris, C., & Bradley, M. A. (2022). Exploring the Civil-Military Divide over Artificial Intelligence. RAND Corporation. [https://www.rand.org/pubs/research\\_reports/RRA1498-1.html](https://www.rand.org/pubs/research_reports/RRA1498-1.html)
- SAS-123 Research Task Group. (2021). Futures Assessed alongside socio-Technical Evolutions (FATE) (TR-SAS-123). STO/NATO.
- SC 138 Committee 7. (2021). How are emerging and disruptive technologies affecting NATO's core tasks? (No. 26; The College Series). NATO Defense College.
- Six in Ten (61%) Respondents Across 26 Countries Oppose the Use of Lethal Autonomous Weapons Systems. (n.d.). Ipsos. Retrieved April 5, 2022, from <https://www.ipsos.com/en-us/news-polls/human-rights-watch-six-in-ten-oppose-autonomous-weapons>
- Soare, S. R. (2021). Innovation as Adaptation: NATO and Emerging Technologies. German Marshall Fund of the United States. <https://www.jstor.org/stable/resrep33488>
- Speranza, L., & Nelson, N. (2020, December 8). NATO needs a strategy for emerging and disruptive technologies. Defense News. <https://www.defensenews.com/opinion/2020/12/08/nato-needs-a-strategy-for-emerging-and-disruptive-technologies/>
- Sprenger, S. (2020, October 9). NATO chief seeks technology gains in alliance reform push. Defense News. <https://www.defensenews.com/global/europe/2020/10/09/nato-chief-seeks-technology-gains-in-alliance-reform-push/>
- Stanley-Lockman, Z. (2021a). Military AI Cooperation Toolbox [CSET Issue Brief]. CEST - Center for Security and Emerging Technology.

- Stanley-Lockman, Z. (2021b). Responsible and Ethical Military AI Allies and Allied Perspectives [CSET Issue Brief]. CEST - Center for Security and Emerging Technology.
- Stanley-Lockman, Z., & Christie, E. H. (2021, October 25). An Artificial Intelligence Strategy for NATO. NATO Review. <https://www.nato.int/docu/review/articles/2021/10/25/an-artificial-intelligence-strategy-for-nato/index.html>
- Stanley-Lockman, Z., & Trabucco, L. (2021). NATO's Role in Responsible AI Governance in Military Affairs.
- Sweijs, T. (2022). Reinvigorating NATO's Edge: Military Innovation and the Strategic Concept. GLOBSEC. [https://www.globsec.org/wp-content/uploads/2022/05/Reinvigorating-NATO%E2%80%99s-Edge-ver3-preads.pdf?mc\\_cid=00c8f76d5b&mc\\_eid=2c6c341755](https://www.globsec.org/wp-content/uploads/2022/05/Reinvigorating-NATO%E2%80%99s-Edge-ver3-preads.pdf?mc_cid=00c8f76d5b&mc_eid=2c6c341755)
- Tarraf, D., Shelton, W., Parker, E., Alkire, B., Carew, D., Grana, J., Levedahl, A., Leveille, J., Mondschein, J., Ryseff, J., Wyne, A., Elinoff, D., Geist, E., Harris, B., Hui, E., Kenney, C., Newberry, S., Sachs, C., Schirmer, P., ... Warren, K. (2019). The Department of Defense Posture for Artificial Intelligence: Assessment and Recommendations. RAND Corporation. <https://doi.org/10.7249/RR4229>
- Thiele, R. D. (2016). Building Resilience Readiness against Hybrid Threats – A Cooperative European Union / NATO Perspective. 449, 8.
- Valášek, T. (2019). NATO at 70: Enter the technological age (No. 10; NDC Policy Brief, p. 4). NATO Defense College.
- van Amerongen, M. (2021, June 3). NATO Review—Quantum technologies in defence & security. NATO Review. [https://www.nato.int/docu/review/articles/2021/06/03/quantum-technologies-in-defence-security/index.html?utm\\_source=pocket\\_mylist](https://www.nato.int/docu/review/articles/2021/06/03/quantum-technologies-in-defence-security/index.html?utm_source=pocket_mylist)