שיתוף פעולה אקדמי-צבאי בראי פרסומים מדעיים: ישראל כמקרה בוחן

הדס אלאלוף*
Hadas Elalouf

לואיס שכטמן
Louis Shekhtman

אריאל רוזנפלד
Ariel Rosenfeld

המחלקה למדעי המידע, הפקולטה למדעי הרוח, אוניברסיטת בר אילן
* המחבר האחראי על התקשורת: hadas.lugasi@gmail.com

תקציר

שיתופי פעולה אקדמיים ממלאים תפקיד חשוב בקידום המדע ומאפשרים ניצול מיטבי של יכולות, משאבים, מיומנויות וידע. שיתופי פעולה אלו נבחנו ועודם נבחנים באופן שיטתי וסדור בספרות תוך התמקדות בשיתופי פעולה בין חוקרים, מוסדות ומדינות. יחד עם זאת, טרם נבחנו שיתופי פעולה בין גורמי צבא לאקדמיה, הפועלים יחדיו לפיתוח טכנולוגיות מתקדמות, מימוש יעדים מדעיים וחברתיים ויישום משימות לאומיות. לפיכך, המחקר בודק באופן סיסטמתי את היקף וצביון שיתוף הפעולה בין הצבא לאקדמיה כפי שבא לידי ביטוי בכתיבת מאמרים אקדמיים משותפים, תוך התמקדות בישראל כמקרה בוחן. על בסיס נתונים ביבליומטריים המחקר מבקש לזהות דפוסים, לכמת ולאפיין את שיתוף הפעולה הייחודי הזה. המחקר הינו מחקר ביבליומטרי על בסיס נתונים מ-Scopus ו-OpenAlex. תוצאות המחקר מצביעות על גידול בשיעור שיתוף הפעולה בין הצבא לגופי מחקר ומוסדות ישראליים. מרבית המאמרים שנכתבו בשותפות בין גורמי אקדמיה וצבא חקרו נושאים בריאותיים, רפואיים והיבטים שונים בהנדסה וטכנולוגיה. אוניברסיטאות בישראל נוטות גם לחבור לאקדמיות צבאיות בארצות הברית והתעשייה הביטחונית בישראל מקדמת שיתוף פעולה מחקרי עם גופי חינוך בארץ ובחו"ל, כאשר כמחצית מהפרסומים הם תוצר של שת"פ. הממצאים מתכתבים ומרחיבים את הידע הקיים בספרות וממחישים ששותפויות בין הצבא לאקדמיה, לכל הפחות במקרה של ישראל, משקפות את דרישות שדה הקרב המודרני והעתידי, כפי שנוכחנו לראות גם במלחמת חרבות ברזל.

Abstract

Academic cooperation and joint research are essential in advancing science and enabling the optimal utilization of abilities, resources, skills, and knowledge. The literature examined these

collaborations systematically, focusing mainly on cooperation between researchers, institutions, and countries. Nevertheless, joint research between the military and academia to develop advanced technologies, realize scientific and social goals, and implement national missions has yet to be examined. Therefore, the study systematically explores the relationship between the military and academia by analyzing scientometric indicators and finding the features and qualities reflecting the nature of the collaboration. This paper centers on Israel as a case study by assessing the scope and quality of cooperation between academic researchers and military personnel. It examines empirical characteristics by applying bibliometric tools to visualize the information, search for patterns, and quantify and evaluate scholarly content. The study is bibliometric, based on data from Scopus and OpenAlex. The results indicate increased cooperation between the military and Israeli research bodies and institutions. Most joint research investigated health and medical issues and various engineering and technology aspects. Many educational institutions in Israel cooperate with US military academies. The Israeli defense industry collaborates with educational institutions in Israel and abroad, with most companies conducting about half of their research with an academic partner. The findings correspond with previous studies and expand existing knowledge. They illustrate partnerships between the military and academia, at least in Israel's case, reflecting the demands of the modern and future battlefield, as seen in the Swords of Iron War.

מילות מפתח: שיתוף פעולה, צבא, אקדמיה, ביבליומטריקה

מבוא

שותפויות מחקר בין הצבא לאקדמיה חיוניות לפיתוח טכנולוגיות מתקדמות, מימוש יעדים מדעיים וחברתיים, יישום משימות לאומיות ושמירה על הביטחון. מנקודת מבטו של הצבא, שיתופי הפעולה עם האוניברסיטאות מקדמים מחקר חדשני ופורץ דרך, תוך פיתוח מאגר כישרונות. מן הצד השני, האקדמיה נהנית מעבודה על סוגיות עכשוויות בעלות חשיבות לאומית, גישה למתקני מחקר מיוחדים וסלילת ערוצים פוטנציאליים למימון. לפיכך, שיתוף הפעולה המדעי מתבטא במחקר ופיתוח משותף, חילופי נתונים והסכמי שותפות (Gupta et al., 2014; Tadjdeh, 2018).

אף שהאקדמיה והצבא אוחזים במערכות ערכים, תרבויות ותכליות נבדלות, כמו אחריות, מטרות, מסגרות זמן ופילוסופיות, הם חולקים יעדים משותפים והזדמנויות לשיפור החברה (Reddy et al., 2016). לכאורה, שני הגופים ממלאים תפקידים משלימים; האקדמיה דוגלת בביצוע מחקר שיטתי, תיאורטי ויישומי, בעוד שהצבא ממיר חלק מתפוקות המחקר ליישומים רלוונטיים למשימה ביטחונית (Gupta et al., 2014). עם זאת, מטרותיהם לעיתים חופפות והם מעצבים ומגבשים זה את זו (Woodward et al., 2017).

לשיתופי פעולה יש פוטנציאל להשיג תוצאות איכותיות יותר מעבודה עצמאית המבוצעת על ידי כל ישות בנפרד. מאמצים משותפים של ארגונים וגופי מחקר הנבדלים במיקודם ובעלי משימות מובחנות עשויים למנף עוצמות, למגר חולשות ולהאיץ השגת מטרות משותפות. שילוב הכוחות תורם להרחבת נקודת המבט

דרך חיבור בין גישות מגוונות ועידוד פתרונות חדשניים. הוא יוצר הזדמנויות משמעותיות לטיוב נתונים, זיהוי ותיאום משאבים, חשיבה שיטתית ופיתוח וניהול תשתית מחקרית ומדעית (Tanaka & Lopez, 2024). שיתוף הפעולה יעיל ומועיל במיוחד כאשר הפתרון מעורפל ודורש חשיבה יצירתית וחופש מחשבתי ומחקרי.

עבודת צוות ומחקר משותף יש בהם לצמצם פערים ביכולות וידע. המגמה המחקרית היא לנצל את החוזקות והיתרונות של מוסדות שונים דרך שיתוף פעולה, במקום להסתמך על מוסד אחד שמנסה להיות מומחה בכל תחום או היבט של משימה נתונה (Reddy et al., 2016). הסינרגיה בין הצבא לאקדמיה תורמת למומחיות, לפיתוח רעיונות ולחלוקת ידע ועבודה. הבסיס התיאורטי מקבל חיזוק מאנשי האקדמיה, בעוד שהצבא אחראי על פי רוב על שלב הפיתוח והיישום (Tanaka & Lopez, 2024 Mahnken, 2016;). שותפויות בין הצבא לאקדמיה מתקיימות במגוון אפיקים, שחלקם רשמיים וכוללים מימון, העברת מידע, פיתוח, חוזים רשמיים ועוד, וחלקם יכולים להיות פחות פורמליים (Lyons & Ratches, 2013). במסגרת מחקר זה אנו בוחנים את היקף ומאפייני שיתוף הפעולה בין צבא ואקדמיה דרך פרספקטיבה ביבליומטרית, המאפשרת את בחינת תוצריו המדעיים של שיתוף הפעולה.

מחקרים קודמים שבחנו שיתופי פעולה בין גופים שונים הראו כיצד מידע ביבליוגרפי מלמד על אופי שיתופי הפעולה ועל מידת הצלחתם. למשל, ג׳יונג ועמיתים (Jeong et al., 2011) בחנו מידע ביבליוגרפי ונתונים פנימיים כדי לבחון את האופי והמניעים לשיתופי הפעולה המחקריים. תוצאות המחקר חשפו שתקשורת בלתי פורמלית, קרבה תרבותית, מצוינות אקדמית, מימון חיצוני ורמות פיתוח טכנולוגי משחקים תפקיד משמעותי בקביעת אופני שיתוף הפעולה, אם כמחקר יחיד, כשיתוף פעולה פנימי, כשותפות מקומית או כשילוב כוחות בין-לאומי. כמו כן נבחן מודל של שיתוף פעולה משולש (Triple-Helix), המציין אינטראקציות בין האקדמיה, התעשייה והממשלה לקידום פיתוח כלכלי וחברתי (Leydesdorff, 2012). בלחודג׳ה ולנדרי (Belkhodja & Landry, 2007) עסקו בשאלות חיוניות הנוגעות לשיתוף הפעולה המשולש, והתחילו בשאלה מה מידת שיתוף הפעולה בין חוקרי מדעי הטבע וההנדסה באוניברסיטאות ובין התעשייה וסוכנויות ממשלתיות, ומהם המניעים לעבודה המשותפת. שנית, הם חקרו חסמים לשיתוף פעולה וניתחו את הדמיון וההבדל בין גורמים שתורמים או מעכבים עבודה שיתופית. החוקרים סיכמו ששיתוף פעולה מושפע ממיצובו האסטרטגי של החוקר, מקיום רשתות אסטרטגיות לעבודת צוות, מעלויות המחקר והפיתוח ומתהליך ייצור הידע. הם אף הסבירו שהיקף שיתוף הפעולה עם החוקר הוא תוצר של תקציב המחקר, מרכזיות האוניברסיטה, קיצוניות נושא המחקר, תרבות נטילת סיכונים של החוקר ואופי פרסומיו.

המחקר הנוכחי משקף קו מחשבה דומה, אך בוחן את שיתוף הפעולה המדעי מזווית שונה וייחודית. מטרתו לצמצם פער מחקרי של בחינת קשרי צבא-אקדמיה על ידי בחינת היקף ואופי שיתוף הפעולה בין חוקרים אקדמיים לאנשי צבא המזוהים עם כוחות הביטחון בישראל. היעד הוא להציג את המאפיינים הייחודיים של השותפויות האקדמיות-הצבאיות על ידי מדידה, הצלבת מידע ומציאת דפוסים המשקפים את צביון ושיעור השותפויות כפי שבא לידי ביטוי בפרסומים מדעיים. המאמר בוחן את המאפיינים האמפיריים של הקשר (היקף ותחום החקר) על ידי יישום כלים ביבליומטריים להבנת והמחשת מהות שיתוף הפעולה המוביל לפרסום מחקרים.

סקירת ספרות

שותפויות מחקר ופיתוח בין האקדמיה לצבא חיוניות להצלחת משימות לאומיות ולשמירה על ביטחון המדינה (Soroka et al., 2023). הצבא תר אחר חדשנות, שינוי וגיוון
, שכן הוא חסר ידע בסיסי בפיתוח יכולות טכנולוגיות מתקדמות שטרם קיימות כמוצרי מדף ולעיתים הוא נותר מאחור בכל הנוגע ליכולות טכנולוגיות מסוימות. עליו להיעזר בפיתוחים טכנולוגיים כדי למנף את יכולותיו ולממש את יעדי המודרניזציה שלו (Tadjdeh, 2018; Tegler, 2019). כדי להשיג גישה לידע ולחדשנות הצבא פונה לגורמים חיצוניים, למשל לאקדמיה ולרשויות המחקר, החדשנות והתעשייה (Edney, 2020). הוא מכיר בחשיבות השותפויות ובחיוניותן לאורך כל שלבי הפיתוח, משלב המחקר ועד לפריסה ולתחזוקה, ומעוניין לנצל את כישוריהם וכישרונם של השותפים לתמיכה בנושאים צבאיים (Department of Defense, 2018; Tadjdeh, 2018; Tegler, 2019).

כפי שצוין, האקדמיה והצבא מחזיקים בשתי תרבויות נבדלות ומנהלים מערכת יחסים מורכבת. הבדלי התרבות יוצרים אתגרים בהגדרת המשימה, בתרבות הארגונית, בקביעת סדרי עדיפויות לטווח הקצר והארוך, ביצירת לוחות זמנים, בבעיות סיווג בטחוני ובשותפות בין סגל חסר ניסיון צבאי או הבנה מבצעית וסגל חסר ניסיון אקדמי. עם זאת, מחקרים הראו שכאשר שני המוסדות מסתכלים מעבר למסגרת המצומצמת, הם עשויים למצוא הזדמנויות ויעדים משותפים לעבודת צוות שיכולה להועיל לחברה בכללותה (Reddy et al., 2016; Tanaka & Lopez, 2024).

תמריצים לצבא לשתף פעולה עם האקדמיה

הצבא תר אחר שותפויות התומכות ביעדיו ובמשימותיו, ולכן צרכים מבצעיים ויעדים משימתיים מכתיבים את היקף שיתוף הפעולה עם האקדמיה. בדרך כלל שיתוף פעולה מחקרי מתחיל כאשר הצבא מאתר דרישה שלא נענתה ופונה למומחים חיצוניים. שותפות עם האקדמיה מעניקה לצבא גישה לחברי הסגל, למתקני המחקר ולמאגר כישרונות. בנוסף, הצבא יכול למנף יכולות מחקר רחבות-ספקטרום שבדרך כלל הוא אינו מעמיק בהן בשל ההתמקדות במשימה (Gupta et al., 2014). הגמישות המחקרית והמחשבתית שמאפיינת את האקדמיה מאפשרת לחוקרים להשקיע זמן בטיפוח וקידום טכנולוגיה מתקדמת, פריצות דרך רפואיות ופיתוח פתרונות הנדסיים, ולפיכך שיתופי פעולה עם אוניברסיטאות חושפים את הצבא לפרקטיקות ולרעיונות חדשים, מעמידים את תוכניותיו לבחינה ביקורתית של עמיתים ומובילים את חוקריו להישגים מדעיים (Lyons & Ratches, 2013). כמו כן, שיתוף פעולה במחקר ופיתוח מאפשר לצבא לשפר את ביצועיו, שכן השותפות מתבטאת בפיתוח ידע, שיטות, טכניקות ויכולות שרלוונטיות למשימות עתידיות (Tressel, 2020). לדוגמה, הצבא נעזר באקדמיה לפיתוח טכנולוגיות רפואיות, ציוד אופטי, חידושים טכנולוגיים לשיפור האיכות והנוחות של פרוטזות, לפיתוח מערכות הסוואה מתקדמות, נשק ויכולות התקפיות והגנתיות ולשמירה על הבריאות הנפשית והרווחה של אנשי צבא (Hernandez et al., 2017; Tanaka & Lopez, 2024; Traum et al., 2024).

תמריצים לאקדמיה לשתף פעולה עם הצבא

אנשי האקדמיה מצטיינים בהבאת רעיונות חדשניים או טכנולוגיה פורצת דרך לשלב הוכחת היתכנות, אך הם חסרים משאבים וידע להוציא את הרעיון מהכוח אל הפועל (Tanaka & Lopez, 2024). הצבא מציע לחוקרים שותפויות מחקר אטרקטיביות ואינטראקטיביות. החוקרים יכולים לשפר את טיב המחקר בגין

גישה לידע, למתקנים צבאיים ולציוד ייחודי שהאוניברסיטאות אינן יכולות לממן או אינן מורשות לפתח. יתרה מכך, שיתופי הפעולה מעניקים לחוקרים השראה בשל חשיפה לבעיות מסקרנות או לסוגיות ממוקדות מטרה והפיכת תפוקות המחקר ליישומים בשטח (Gupta et al., 2014). בנוסף, החוקרים רואים בצבא מקור מימון פוטנציאלי באקלים של מימון שלילי. הצבא יכול למשוך הון ולקבל גישה למנהיגים, למדינאים ולמומחי ביטחון בכירים. בנוסף, הצבא מספק מימון לצוות המחקר, לסטודנטים, לפוסט-דוקטורנטים, לרכישת ציוד חדש ולאספקה ומציע הזדמנויות תעסוקה לסטודנטים באוניברסיטה (Gupta et al., 2014; Tegler, 2019). למרות היתרונות שהוזכרו לעיל, שני הגופים נתקלים באתגרים בעת ייזום שיתוף הפעולה.

אתגרים וחסמים לשיתופי פעולה

לעיתים מתגלעים חילוקי דעות בין הגופים המשתפים פעולה, משום שמשימות הצבא ויעדי האקדמיה אינם חופפים והם נבדלים זה מזו בתרבות ובנקודות ההשקפה (Kistiakowsky, 1989; Savabieasfahani, 2014). פרויקטים צבאיים נקשרים בדרך כלל לסודיות, להגבלות, לסיווג, לאמצעי זהירות ביטחוניים, לחדשנות חסויה, לסייגים על מתקנים וכוח אדם ולמונופול על זכויות קניין רוחני. לדוגמה, הצבא עשוי להגביל אזרחים זרים ושותפים בין-לאומיים מלעבוד על פרויקט מסוים. לעומת זאת, האקדמיה מתגאה בערכים של שקיפות, אחריות, שיתוף ידע, ידע חופשי ובלתי מוגבל, תקשורת, חופש אקדמי, חדשנות פתוחה וסיעור מוחות (Gupta et al., 2014; Libaers, 2017; Savabieasfahani, 2014). אי לכך, מחקר צבאי עלול לסכן את החופש האקדמי והאתיקה המוסדית. בנוסף, מימון צבאי עלול לעוות את האיזון בין תחומי המחקר, לשנות את הדגש על נושאי החקר ולהוביל להשלכות פוליטיות (Kistiakowsky, 1989). עם זאת ראוי לציין שהצבא התאים קמעה את מדיניותו לגישה של חדשנות פתוחה או פתיחות סלקטיבית (selective openness) בהתחשב בצורכי הצבא (Libaers, 2017).

היחסים הצבאיים-אזרחיים בישראל

בחינת פוטנציאל צבאי כבסיס לבניית כוח לאומי מתמקד בהיבטים מגוונים, דוגמת מספר החיילים, תקציב צבאי, גודל האוכלוסייה, ייצור תעשייתי, הון אנושי, פיתוח כלכלי, טכנולוגיה וכו׳. המצב הגיאופוליטי בישראל והאי-סימטריה בין הפוטנציאל הצבאי של מדינות ערב וישראל הובילו את צה״ל, בשנותיה הראשונות של המדינה, להקים יחידות תכנון אזרחיות-צבאיות. היחידות התבססו על קווים מנחים צבאיים לזיהוי, חישוב ותכנון תחומים מסוימים של פוטנציאל לאומי, כמו ממשל ומשטר, מורל וחינוך, הגנה סטטית, כלכלה בזמן מלחמה וכוח אדם (Fried, 2023). כמו כן, עם תום מלחמת העצמאות היה צה״ל מעורב בהכוונה ובתכנון התעשייה והתשתיות האזרחיות. התפיסה שהנחתה את הצבא היא שהיבטים אזרחיים במדינה מהווים חלק עיקרי בפוטנציאל הלחימה של צה״ל וגורם מכריע בניצחון ושיקום המדינה במקרה הצורך.

המעורבות בתכנון התשתיות האזרחיות של המדינה ופעולות יחידות התכנון האזרחיות-צבאיות מצביעות שעם הקמת המדינה הפעילו כוחות הצבא שליטה על מאפייני תכנון אזרחיים שתרמו ישירות או בעקיפין לבניית כוחה הצבאי של ישראל. האופרציות בפיקוחו, שנעו בין תכנון עירוני ותעשייתי לתוכנית הלימודים בבית הספר, שופכות אור על תפיסת הצבא עצמו כאחראי לביטחון הלאומי ועל רתימת התכנון האזרחי לעזרתו. צה״ל סבר שהוא בעל סמכות בלעדית לקבוע צורכי ביטחון וציפה שהמוסדות האזרחיים ייענו לדרישותיו (Fried, 2023). עם זאת, ספרות המחקר מצביעה על כך שהצבא לא חרג מכללי המשחק

הדמוקרטיים ומעורבותו לא נבעה משאיפה למיליטריזציה או לדומיננטיות, אלא מחשש לצורכי הביטחון (ביגר ופריד, 2023).

יריבויות גאואסטרטגיות וגאופוליטיות בשילוב המהפכה הטכנולוגית העולמית מעצבות את אופי וחלוקת הכוח, ומכאן שהן מחייבות חדשנות ביטחונית כמרכיב חשוב בהבטחת ריבונות אסטרטגית (Cheung, 2021). לפיכך, מערכת הביטחון הישראלית נמצאת במרדף בלתי פוסק אחר השגת היתרון הטכנולוגי המכריע דרך יצירת קשרים מבוססים עם מוסדות הממשלה, האקדמיה, המשקיעים ותעשיות הביטחון הישראליות. שיתוף הפעולה מתבטא במימון נרחב של מחקר ופיתוח צבאי ובתחזוקה וטיפוח של תעשיות ביטחוניות מקומיות ותורם לאיכות החימוש ולהרחבת החידושים העומדים לרשות הצבא. השת"פ אף מתממש בטיפוח ה-S&T (Science and Technology) המקומי ובהכנסת טכנולוגיות מסחריות לתוך מערך הביטחון (Bitzinger, 2021; Cheung, 2021; Palavenis, 2021).

הקשר המרובע בישראל – צבא-ביטחון-תעשייה-אקדמיה – הולך ומתהדק בכפוף לעובדה שעליונות צבאית הפכה תוצר של טכנולוגיה והיי-טק. פיתוחים טכנולוגיים חדשים משיגים תוצאות מהירות בשדה הקרב תוך שימוש בפחות חיילים והפחתת הסיכון לחיי אדם. במקביל, הם מספקים מוצרי יצוא חדשים לתעשייה הביטחונית. דוגמאות מגוונות משקפות את שיתוף הפעולה הפורה בין החברה האזרחית לצבא. שיתוף הפעולה בין הצבא ל"טכניון" סייע בפיתוח דחפור D9 נשלט מרחוק, השותפות המחקרית עם "אלביט מערכות" סיפקה מכשירי זיהוי אלקטרוניים ומל"טים, גרפן (Graphene) שפותח תוך שיתוף פעולה בין אוניברסיטת מנצ'סטר וחברות ואוניברסיטאות ישראליות שיפר את סוללות הליתיום במזל"טים ומחקר משותף עם אוניברסיטת בר-אילן יישם בינה מלאכותית בכלי רכב בלתי מאוישים (Levidow, 2018). למרות 76 השנים שחלפו מתום מלחמת העצמאות, שאלות כמו מי אחראי? מי מתכנן? מי מכוון? ולמי יש את הכוח והסמכות להחליט? (Fried, 2023) עדיין מלוות ומעסיקות את יחסי צה"ל עם החברה האזרחית ומדגישות את נקודות הממשק בין הגופים.

חוקרים המקבלים מימון צבאי – מי הם?

ליבארס (Libaers, 2017) מצא שבארצות הברית12.8% מהחוקרים במדגם מייצג של 1,526 חוקרים אקדמיים קיבלו מימון צבאי. ממצאי המחקר הצביעו על כך שלחוקרים מבוגרים, בעלי קביעות, שמשתייכים לפקולטות נבחרות להנדסה, יש סיכוי גבוה יותר לקבל מימון צבאי. יתר על כן, המחקר העלה שמדענים במימון צבאי השקיעו פחות זמן בביצוע מחקר אישי או בעריכת מחקר עם מדענים באוניברסיטאות או במדינות אחרות. תוצאות המחקר חשפו כי בהשוואה לעמיתים שלא זוכים למימון צבאי, מדענים שמקבלים מימון צבאי השקיעו יותר זמן בייזום מחקר עם קבוצת המחקר שאליה הם משתייכים ועם חברות תעשייתיות. כמו כן, לאקדמאים שחוקרים בחסות קרנות צבאיות ומשתפים פעולה עם התעשייה, יש סיכויים גבוהים יותר לרשום פטנט על טכנולוגיה ולמסחר בטכנולוגיות חדשות, זאת בהשוואה לעמיתים שלא מקבלים מימון צבאי.

עוד מצא ליבארס (Libaers, 2017) שלחוקרים בתחומי ביולוגיה, הנדסת חשמל והנדסת חומרים ומכונות, ובמידה פחותה לחוקרים בתחומי כימיה, הנדסה אזרחית והנדסה כימית, יש סיכויים גבוהים משמעותית לקבל מימון צבאי מאשר למדענים המשתייכים למחלקות מדעי המחשב והנדסה. החוקר הדגיש שלתחומים שמתקשרים למשימה האסטרטגית ולכישורים צבאיים ומתכתבים עם דרישות שדה הקרב והצורך להגן על המדינה, יש סיכויים טובים יותר להשיג מימון. במחקר שנערך בקרב אוניברסיטאות בבריטניה (Beale et

al., 2007) התגלה שלמעלה ממחצית מהפרויקטים הצבאיים נערכו במחלקות להנדסה, והשאר התחלקו בין מחלקות מדע וטכנולוגיה.

שותפות מחקרית ומאמרים מדעיים שהם תוצר של שיתוף פעולה

שיתוף פעולה מדעי הפך נפוץ במחקר. ניתוח ביבליומטרי של מאמרים מדעיים שנכתבו בשותפות מהווה גישה יעילה לבחינת אופי שיתוף הפעולה (Melin & Persson, 1996). כלים ביבליומטריים יכולים לסייע באיתור נושאים, מחברים, שיתופי פעולה וגופי מחקר שהינם בעלי תרומה והשפעה מהותית על פרסום מאמרים משותפים לאקדמיה ולצבא.

בהקשר זה, חוקרים משתמשים בכלים ביבליומטריים כדי להבין, לאפיין ולהמשיג את טיב הקשר שבבסיס הפרסום ועל מנת להפנים את היבטי המחקר הצבאי. הם מיישמים מדדים סיינטומטריים לחקר לקחים צבאיים שניתן לתרגמם לאזרחות או כדי להדגיש היבטים כמו תדירות מידע, אלגוריתמים ויישומים הנפוצים בעולם הצבאי. למשל, סאלם ועמיתים (Saleem et al., 2018) ערכו ניתוח ביבליומטרי של חמש שנים על כתב העת הרפואי של צבא פקיסטן. האק ועמיתים (Haq et al., 2020) השתמשו במאגרי המידע של Scopus להצגת ניתוח ביבליומטרי של פרסומים של כותבים המשתייכים לקולג' הרפואי-צבאי בפקיסטן. החוקרים תרו אחר מידע על היקף הפרסום, כמות הציטוטים, תחומי חקר, כותבים פוריים, כתבי עת בולטים ושיתופי פעולה בתוך פקיסטן ומחוצה לה. יה ועמיתים (Yeh et al., 2021) חקרו פרסומים על וטרנים שפורסמו ב-PubMed באמצעות ניתוח ביבליומטרי של המידע. החוקרים תרו אחר מספר הפרסומים שראו אור בשנה, הגוף המממן, שיוך הכותבים, היקף הפרסומים בכתבי העת השונים ותחום המחקר של כתב העת (פסיכולוגיה, נוירולוגיה, פסיכיאטריה).

ויקרס ועמיתים (Vickers et al., 2017) חיפשו פרסומים העוסקים בטראומה צבאית הנובעת מסכסוך מזוין דרך ניתוח שיטתי של מסד הנתונים של Web of Science. החוקרים ציינו לקחים חיוניים שתורגמו לפרקטיקה האזרחית ולדוקטרינת הצבא על ידי בחינת מדד הירש (the h-index), אימפקט פקטור (Impact Factor, גורם ההשפעה), ניתוח הציטוטים ומספרם. ממצאי המחקר זיהו שיתוף פעולה נרחב בין מחברים שנוטים לעבוד בשותפות למוסדות ורמת שותפות פחותה בין מחברים ממדינות שונות. לפי התוצאות, ארה"ב פרסמה את המחקרים העדכניים ביותר הדנים בטראומה צבאית, ואחריה בריטניה, גרמניה וישראל. מחקרים משתמשים במחוונים ביבליומטריים להערכת תפוקה וטיב פרסום, לבחינת היקף שיתוף פעולה מחקרי ולחקר וזיהוי קשרים. שחטה ומחמוד (Shehatta & Mahmood, 2016) יישמו אינדיקטורים ביבליומטריים ממאגר המידע InCites™, שהינו חלק מ-Web of Science, כדי להעריך את תפוקת הפרסום ואת שיעור שיתוף הפעולה בין חוקרים מערב הסעודית בין השנים 1980 עד 2014. ממצאי המחקר חשפו ש-60,639 מאמרים נכתבו בשיתוף פעולה של מספר כותבים והצביעו על שיעור שותפות של 81.1%. כמחצית מהמחקרים (49.2%) נכתבו על ידי שניים או שלושה כותבים. כמו כן, היקף שיתוף הפעולה הבין-לאומי גדל מ-56 פרסומים ב-1984 ל-9,859 ב-2014. תוצאות המחקר מצביעות על כך ששיתוף פעולה מדעי משפיע לחיוב על תפוקה ואיכות, זאת כיוון שהפרסומים הללו צוטטו יותר (מדד הירש, h-index) ופורסמו בכתבי עת מובילים ואיכותיים. גואו ועמיתים (Guo et al., 2018) השתמשו בזיהוי מילות מפתח, מדידת חשיבות מילים וסמיכות מילים וניתוח מבנה ואשכולות כדי לסקור, למפות ולחקור את הקשר בין מילות מפתח. החוקרים יישמו את שיטת מציאת קשרים בין מילים נפוצות (the common word network method) לניתוח מאפייני המחקר ולאופטימיזציה של מערכת החדשנות של האוניברסיטה באינטגרציה צבאית-

אזרחית בסין. המחקר ערך גם ניתוח ביבליומטרי של הספרות על מערכת החדשנות של האוניברסיטה באינטגרציה צבאית-אזרחית כדי לנתח בשיטתיות את נושא המחקר וניהול הידע.

בשונה מהמחקרים שצוינו לעיל, גלאן ועמיתים (Galán et al., 2022) הציגו מודל למידת מכונה המיושם על ארגון צבאי. על אף השימוש בלמידת מכונה, המודל נתמך במחקר ביבליומטרי שהונהג על מודל ארכיטקטוני של ארגון לא צבאי. המחקר נועד להציג מודל ארכיטקטוני שמשקף איך למידת מכונה מיושמת מעשית בסביבה צבאית. דרך הארכיטקטורה שנבחרה הבליטו החוקרים תכונות כמו תדירות נתונים, אלגוריתמים ויישומים שכיחים בהקשר צבאי.

המחקרים ממחישים את היקף המידע שנחשף דרך ניתוח רשומות אינפורמטיביות. הדמיית הנתונים חושפת ידע מהותי על רשתות שיתוף פעולה, צביונן ושיעורן. עם זאת, המאמרים מתמקדים בניתוח אקדמי של היבטים צבאיים ולא חוקרים את ממד שיתוף הפעולה בין הצבא לאקדמיה. על אף היקף המחקרים שמתמקדים בניתוח ביבליומטרי של היבטים צבאיים, למיטב ידיעתנו טרם נבחן היבט השותפות בין הצבא לאקדמיה.

עם זאת, מספר מחקרים יישמו את הגישה הביבליומטרית לחקר שיתוף פעולה ציבורי-פרטי. לדוגמה, אברמו ועמיתים (Abramo et al., 2009) ביצעו ביבליומטריקה לחקר שיתוף פעולה מחקרי ציבורי-פרטי בין אוניברסיטאות איטלקיות לתעשייה המקומית. המחקר בחן פרסומים משותפים בכתבי עת בין-לאומיים, מחקרים שבוצעו במשותף על ידי מדענים מאוניברסיטאות איטלקיות וחוקרים במגזר הפרטי לפיתוח מערכת מיפוי לאומית לשיתוף פעולה ציבורי-פרטי. ממצאי המחקר חשפו שמרבית השותפויות הן בתחומי הרפואה והכימיה, בעוד שתחומי הנדסת תעשייה וניהול וטכנולוגיית מידע מחזיקים באחוז הגבוה ביותר של פרסום מאמרים שנכתבו במשותף. כמו כן, ניתוח המידע העלה שחוקרים מאוניברסיטאות המשתפים פעולה עם המגזר הפרטי אוחזים בביצועי מחקר עדיפים בהשוואה לעמיתים שאינם מעורבים במחקר משותף. עם זאת, בדרך כלל האימפקט פקטור של כתבי עת המפרסמים מאמרים אקדמיים שנכתבו על ידי התעשייה נמוך מזה של כתבי עת המפרסמים מחקרים שנכתבו בשילוב עם מוסדות אחרים. בנוסף, פרסומים שנבעו ממחקר ציבורי-פרטי משותף לא הוכיחו רב-תחומיות, ובכך נבדלו משמעותית מפרסומים אחרים.

לונדברג ועמיתים (Lundberg et al., 2006) חקרו אף הם שיתופי פעולה בין אוניברסיטאות לתעשייה ובחנו אם ניתן לזהות ולהגדיר ביעילות שותפות דרך מסדי נתונים שיתופיים. הם השוו מידע משותף (collaborative data) עם מימון תעשייתי לאוניברסיטה לרפואה. ממצאי המחקר הצביעו על כך ששליש מהחברות שהעניקו מימון לאוניברסיטה לא שיתפו פעולה עם האוניברסיטה לכתיבת מחקרים. יתרה מכך, אינדיקטור המימון זיהה שרק ל-16% מהחברות יש תיעוד לפרסום מחקרים משותפים. לפיכך, החוקרים הסיקו שהאינדיקטורים מְחַבְּרוּת (authorship) וגורם מימון מספקים תוצאות לא מספקות ועלולים להוביל לפרשנות שגויה של קידום וטיפוח שיתופי פעולה.

בהמשך לקו המחשבה על מידע משותף, מלין ופרסון (Melin & Persson, 1996) בחנו את הקשר בין שיתוף פעולה ומחקר משותף. החוקרים בדקו את אופי הנתונים הביבליומטריים וכיצד ניתן לחדדם ולהשתמש בהם לניתוח היבטים שונים של שיתוף פעולה. החוקרים התמקדו בסוגיה אם נתונים משותפים משקפים שיתוף פעולה. החוקרים הצהירו שצורות מסוימות של שיתוף פעולה לא מתגלמות בשותפות בכתיבת מאמרים וחלק מהמאמרים שנכתבו בשותפות אינם משקפים שיתוף פעולה בפועל. לכן, לפי ממצאיהם, קיים צורך גובר במחקרי אימות שיבהירו את הקשר בין ניתוחים ביבליומטריים של מְחַבְּרוּת ובין שיתוף פעולה מחקרי אמיתי.

החידוש המחקרי המוצע במאמר זה הוא חקירת הקשר בין הצבא לאקדמיה כפי שניבט דרך פרסומים מדעיים משותפים. המחקר מעריך את השותפות בין שני הגופים כדי לחשוף את המאפיינים והיקף שיתוף הפעולה תוך הסתכלות על ישראל כמקרה בוחן. מטרת המחקר הינה לבחון את שיתוף הפעולה בין הצבא הישראלי ומוסדות, הן בישראל והן בחו״ל, על ידי חקר התפלגות נושאי המחקר, מספר הציטוטים, תדירות הפרסומים המשותפים עם גופי מחקר ישראליים ואקדמיות צבאיות בארה״ב והיקף השותפות בין התעשייה הביטחונית בישראל למוסדות אקדמיים בישראל ובחו״ל. שאלות המחקר הנובעות מהמטרות הן: מהם תחומי החקר של מאמרים שנכתבו בשותפות? מה היקף שיתוף הפעולה בין מוסדות אקדמיים ישראליים ואקדמיות צבאיות אמריקניות? מה היקף השותפות בין התעשייה הביטחונית בישראל למוסדות אקדמיים בישראל ובחו״ל? מהי שכיחות המאמרים לפי כמות הציטוטים?

מתודולוגיה

מתודולוגיית המחקר היא ביבליומטרית. מחקר ביבליומטרי מבוסס על נתונים סטטיסטיים של פרסומים אקדמיים. הוא מאפשר מעקב אחר התפתחות תחומי דעת, זיהוי מגמות בולטות במחקר ובחינת תמורות, מגמות והשפעות. הזווית הביבליומטרית – חקר ההיבט הכמותי וניתוח הנתונים – מספקת מידע חיוני לגבי שיעור השותפות בין הצבא לאקדמיה ואופיה. היא מזהה תחומי מחקר מובילים ונטייה לשתף פעולה בהם. היקף הקשר הצבאי-אקדמי ומאפייניו נבחנו דרך סקירת מאמרים ומחקרים שפורסמו בכתבי עת בין השנים 1980–2024 ונכללו בלפחות אחד ממאגרי המידע הבאים: Scopus, מאגר מידע ביבליוגרפי וציטוטים רב-תחומי, ו-OpenAlex, מאגר מידע חדשני וגדול. Scopus הוא אחד ממסדי הנתונים הגדולים והמקיפים למידע ביבליוגרפי העוקב אחר פרסומים וציטוטים אקדמיים, והוא מקובל לביצוע מחקרים ביבליוגרפיים וסיינטומטריים ולביצוע סקירות ביבליוגרפיות. הוא מכסה מגוון רחב של תחומי מחקר וכולל מאמרים, ספרים, ועידות מדעיות ומקורות מידע נוספים (Schotten et al., 2017). לצורך המחקר נסקרו ב-Scopus מאמרים שפורסמו בין השנים 1980–2023. OpenAlex נתפס כממשיך דרכו של Microsoft Academic Graph, שנסגר ב-2021, ומהווה חלופה מתקדמת למסדי נתונים מסחריים כמו Scopus (Priem et al., 2022; Scheidsteger & Haunschild, 2023). OpenAlex מציע בסיסי ידע מדעיים מתועדים, מקיפים וזמינים. הוא מסד נתונים חדש יחסית המספק גישה חופשית ונגישה לכ-250 מיליון מאמרים, למידע ביבליוגרפי ולנתוני ציטוטים. בקטלוג הביבליוגרפי OpenAlex נסקרו מאמרים שראו אור בין השנים 1990–2024. ראוי לציין שהחיפוש בשני מאגרי המידע בוצע בתקופות שונות – קיץ 2023 ב-Scopus וחורף 2025 ב-OpenAlex. אי לכך, יש אי-התאמה בין השנים.

החיפוש ב-Scopus אחר מאמרים שנכתבו בצוותא (החיפוש הוגבל למאמרים בלבד) התבצע על פי המונחים הבאים: ״affiliation/שיוך (צבא/army) ושיוך (אקדמיה/academia)״, ״שיתוף פעולה בין צבא לאוניברסיטה״ (collaboration between military and university), ״שיוך (צבא/military) ושיוך (אוניברסיטה/university)״, ״שיתוף פעולה בין תעשייה ביטחונית לאקדמיה״. המילה שיוך מתייחסת להימנותו של החוקר עם מוסד אקדמי או צבאי על פי הצהרתו כפי שמופיעה על גבי המאמר. החיפוש ב-OpenAlex בוצע לפי שיוך החוקרים. דרך שיוך החוקרים נבדק אופי והיקף שיתוף הפעולה בין הצבא וחברות ביטחוניות לאקדמיה.

הגדרת המונח שיתוף פעולה במחקר זה מתייחסת למאמרים שנכתבו על ידי לפחות שני כותבים מארגונים שונים המזוהים זה עם הצבא וזה עם מוסד מחקר (כלומר, חוקר אקדמי שמשתף פעולה עם עמית צבאי).

ספרים או מאמרים שחסרו נתונים חיוניים כמו השתייכות מוסדית של המחברים או העדר שיתוף פעולה (למשל, כל החוקרים קשורים למוסד צבאי) לא שולבו במחקר. הוחלט להשתמש במחקר במונח רחב וכללי כמו "צבא" (צה"ל) ולא בשמות החילות (לדוגמה, חיל האוויר, חיל הים, מודיעין), כדי להגיע למכנה המשותף הזהה והבסיסי ביותר. השימוש במונח רחב כמו "צבא" הניב תוצאות הנוגעות לגופי ביטחון מגוונים. עם זאת, בדיעבד, ייתכן שהוביל להקטנת שיעור המאמרים ולאי הכללת מחקרים שנכתבו בשילוב חילות מסוימים.

ראוי לציין שזיהוי פרסומים שיתופיים הוא מאתגר, כיוון שמוסדות אזרחיים וצבאיים משתמשים במילים דומות (ולא תמיד עקביות) בכותרות ובתיאורים, כמו צבא, חיל, כח, אוניברסיטה, מוסד או אקדמיה. לפיכך, כל פרסום דרש בדיקה ידנית ומדוקדקת כדי לאמת את אופי שיתוף הפעולה (חוקר אקדמי שמשתף פעולה עם עמית צבאי), וזו התבצעה על ידי הכותבת הראשונה של המאמר. חיסרון זה מתבטא בהפחתת נפח המאמרים הנחקרים, אך הבטיח את דיוק הנתונים. השימוש בשני מאגרי מידע נבע מהיקף המאמרים הנמוך יחסית שאותר דרך Scopus (מתוך 969 מאמרים רק 260 שיקפו שיתוף פעולה בין חוקר אקדמי לעמית צבאי. ב-709 מאמרים שיוך החוקרים היה צבאי או אקדמי ללא שילוב ביניהם). השאיפה להבטיח מהימנות, טווח רחב ודיוק הובילה להוספת מאגר מידע נוסף מקיף, מכיל ועדכני. הנתונים שהופקו מ-Scopus ומ-OpenAlex הוצלבו ונותחו באמצעות תוכנות Excel ופייתון.

אלה המאפיינים ששימשו לבחינת הנתונים:

(1) תחום חקר – תחום החקר של כל מחקר הוגדר על ידי מסדי הנתונים Scopus ו-OpenAlex.

(2) כמות ציטוטים – שכיחות מאמרים לפי כמות ציטוטים.

(3) היקף שיתוף הפעולה (שיעור המאמרים שנכתבו בצוותא) בין מוסדות אקדמיים ישראלים ואקדמיות צבאיות אמריקניות.

(4) היקף השותפות (מספר המחקרים שבוצעו בשותפות) בין התעשייה הביטחונית בישראל למוסדות אקדמיים בישראל ובחו"ל.

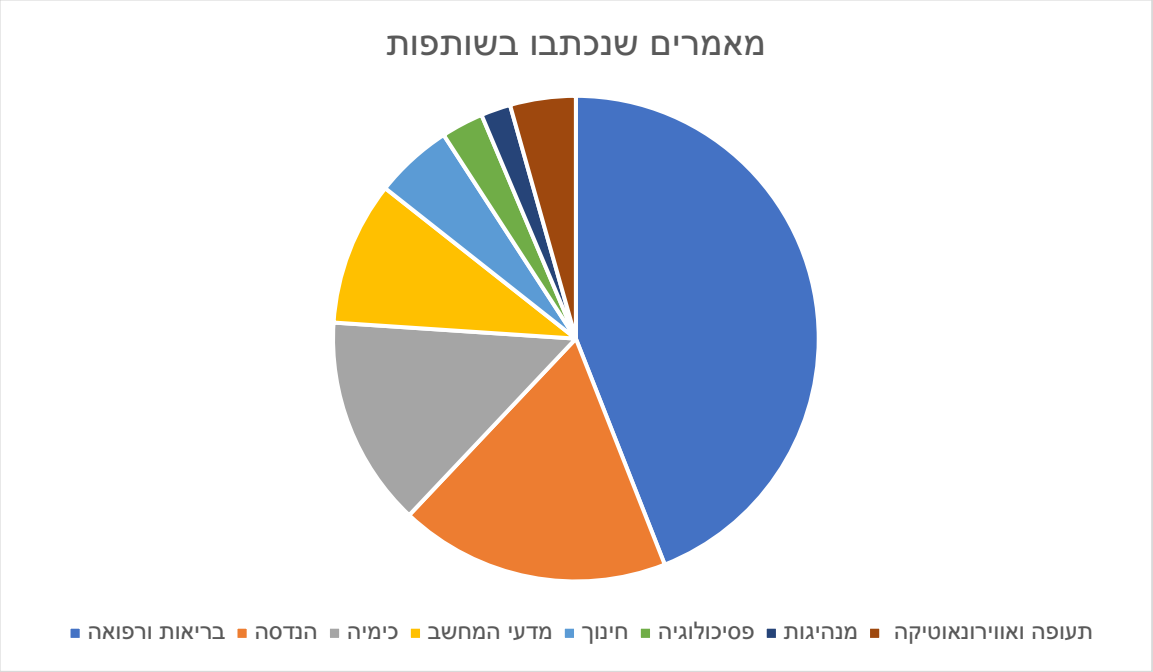
תוצאות

סקירת הפרסומים ב-Scopus, לפי מושגי החיפוש שצוינו במתודולוגיה, הניבה 969 מאמרים, אולם רק 260 מאמרים תאמו את צורכי המחקר (כללו שיתוף פעולה בין חוקר אקדמי לעמית צבאי). הממצאים חשפו (איור 1א) שמרבית המאמרים שנכתבו בשותפות חקרו נושאים בריאותיים ורפואיים, למשל, מדעי המוח, גנטיקה, אימונולוגיה, ביואתיקה, בריאות הנפש (110 מחקרים, 42.3%). במחקרים אף נבחנו היבטים שונים בהנדסה (הנדסת חשמל, מחשבים, אווירונאוטיקה, הנדסה אזרחית, כימית, מכנית) (45 מחקרים, 17.3%), אספקטים מגוונים בכימיה (35 מחקרים, 13.46%) ונושאים במדעי המחשב (24 מחקרים, 9.2%). ראוי לציין ששיתוף פעולה מינימלי בין האקדמיה לצבא נצפה בתחומי מדעי החברה, כאשר רק 13 מחקרים התמקדו בחינוך (5%), שבעה עסקו בפסיכולוגיה (2.7%) וחמישה שמו דגש על מנהיגות (1.9%). תחומים צבאיים כמו תעופה ואווירונאוטיקה היוו 4.2% מהמאמרים (11 מחקרים).

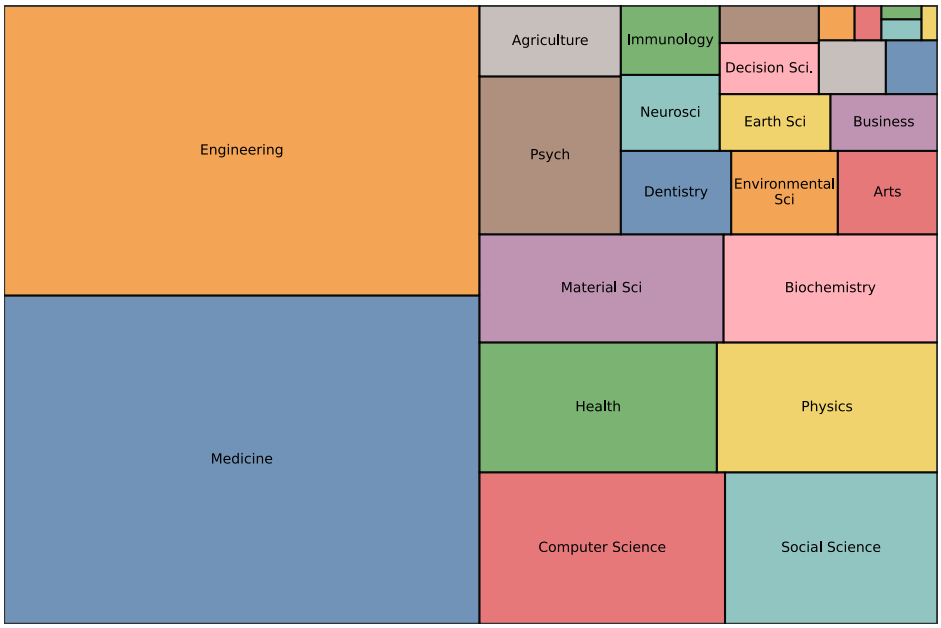
החיפוש בקטלוג הביבליוגרפי OpenAlex הציג תוצאות דומות (איור 1ב), על אף ההבדל בכמות המאמרים שאותרו בשני מסדי הנתונים (260 ב-Scopus לעומת 127 ב-OpenAlex). הנתונים מ-Open Alex מצביעים על כך שמרבית המאמרים שנכתבו בשותפות עסקו ברפואה, בריאות, הנדסה ומדעי המחשב.

איור 1ג ממחיש את כמות הציטוטים למאמר לפי תחום מחקר. התוצאות משקפות כי מספר רב יותר של מאמרים מתפרסמים בנושאי רפואה וביוכימיה והם זוכים לציטוטים רבים, בעוד שבתחום ההנדסה רואים אור מאמרים רבים, אך הם פחות מצוטטים על ידי עמיתים.

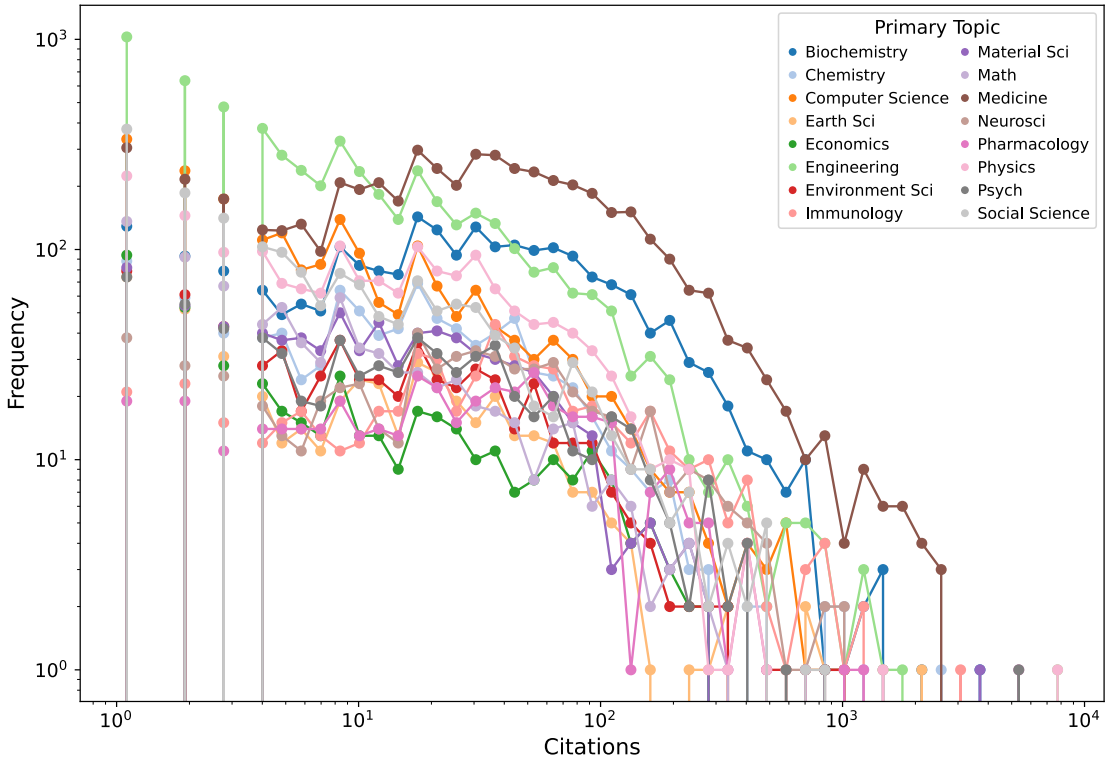
איור 1א. תחומי המחקר הבולטים של מאמרים שנכתבו בשותפות לפי מסד הנתונים Scopus



איור 1ב. תחומי המחקר הבולטים של מאמרים שנכתבו בשותפות לפי מסד הנתונים OpenAlex

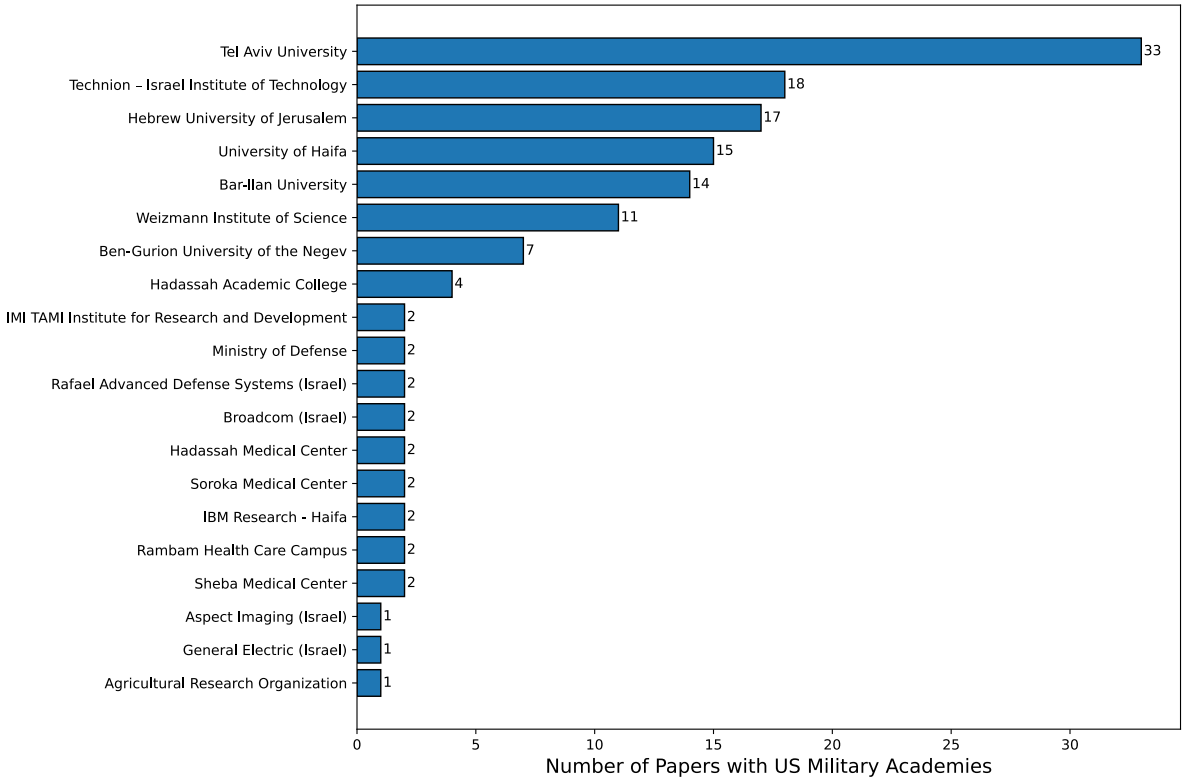


איור 1ג. כמות ציטוטים למאמר לפי תחום מחקר



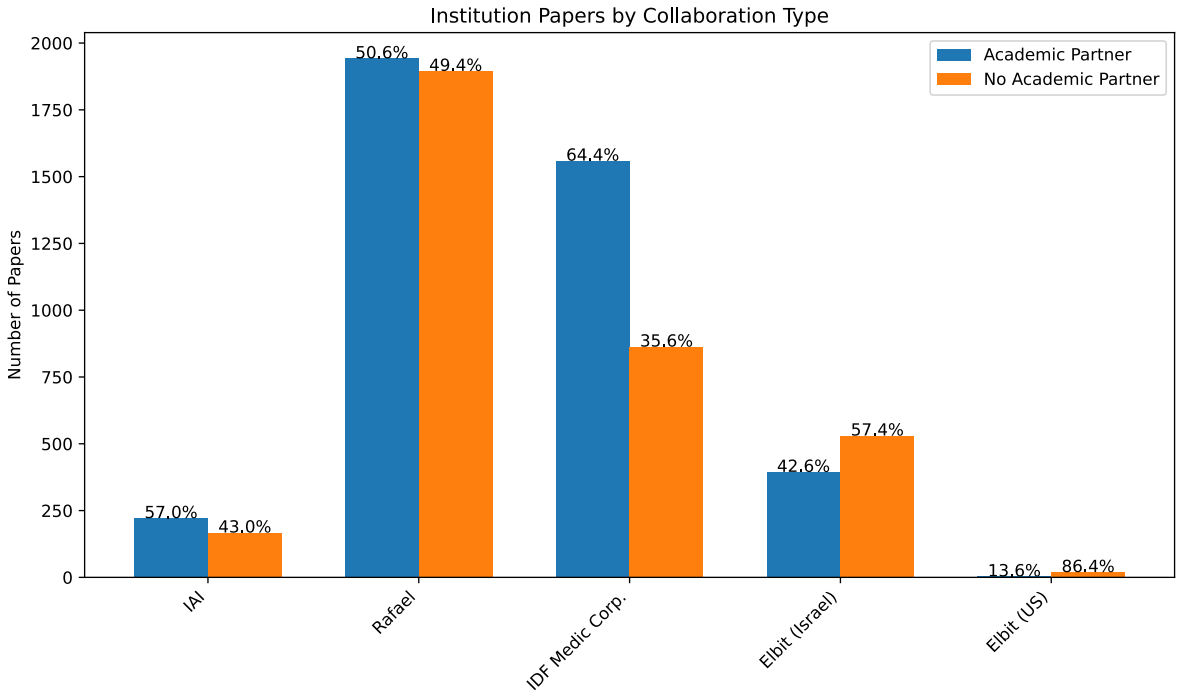
החיפוש בקטלוג הביבליוגרפי OpenAlex הניב 127 מאמרים שנכתבו בשת"פ של אקדמיות צבאיות בארה"ב ומוסדות מדעיים בישראל. אוניברסיטת תל אביב הובילה במספר שיתופי הפעולה עם פרסום 33 מאמרים, הטכניון היה שותף ל-18 פרסומים וחוקרי האוניברסיטה העברית שיתפו פעולה ב-17 מאמרים שראו אור. גם בשאר האוניברסיטאות המובילות בישראל נמצאו שיתופי פעולה עם המוסדות הצבאיים האמריקניים, אך בהיקף מצומצם יותר (איור 2). ראוי לציין כי אף שהנתונים חורגים מנושא המחקר, אקדמיות צבאיות בארה"ב נוטות לשתף פעולה גם עם גופים אחרים בישראל, דוגמת "רפאל", "ברודקום" ו-IBM, וכן עם בתי החולים "הדסה", "סורוקה", "רמב"ם" ו"שיבא".

איור 2. היקף שיתוף הפעולה בין אקדמיות צבאיות בארה"ב לגופים בישראל לפי הקטלוג הביבליוגרפי OpenAlex



ממצאי המחקר חשפו שהתעשייה הביטחונית בישראל נוטה לשתף פעולה עם מוסדות אקדמיים בישראל ובחו״ל, כאשר בקרב מרבית הגופים כמחצית מהמחקרים בוצעו עם שותף אקדמי. חוקרים מהאקדמיה היו שותפים ל-64% ממחקרי חיל הרפואה, 50% מפרסומי רפאל, 57% ממחקרי התעשייה האווירית ו-43% מפרסומי אלביט ישראל (איור 3).

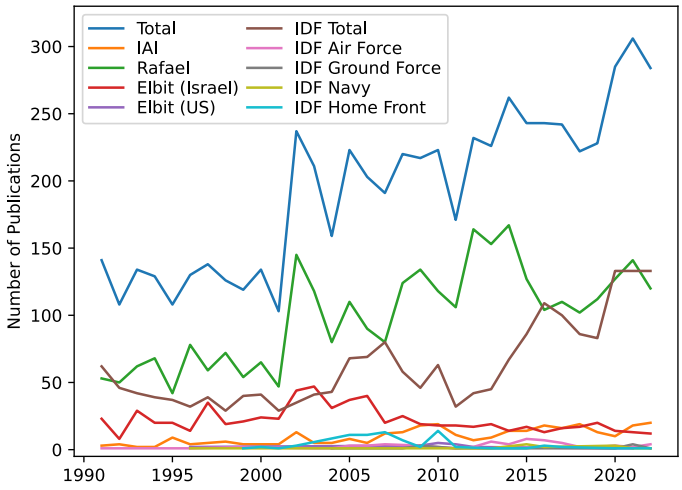
איור 3. היקף שיתוף הפעולה בין התעשייה הביטחונית בישראל לאקדמיה לפי הקטלוג הביבליוגרפי OpenAlex



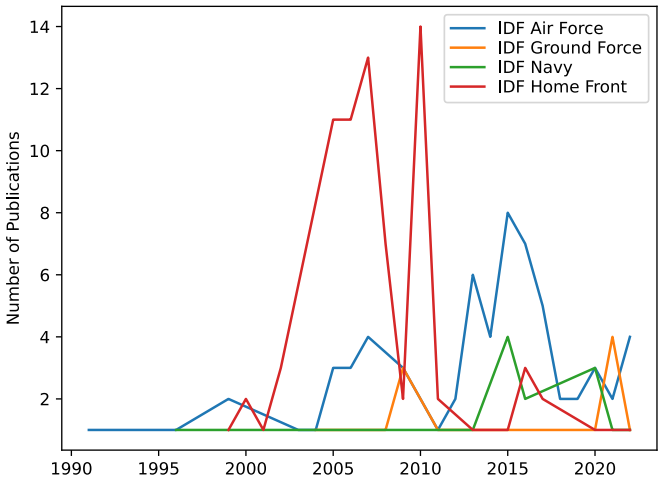
כמו כן, במחקר נבדקו מאמרים שהתפרסמו על ידי התעשייה הביטחונית בישראל – התעשייה האווירית (להלן גם IAI – Israeli Aerospace Industries), רפאל ואלביט (בישראל ובארה"ב) – ומחקרים שפורסמו על ידי צה"ל. החיפוש בוצע ב-OpenAlex. נמצא שהגופים שהוזכרו לעיל פרסמו 7,580 מאמרים בסך הכול. הממצאים גילו שנפח המאמרים גדל בשנים האחרונות, אולם הסתכלות מעמיקה מצביעה על כך שבין 2002 ל-2018 היקף המאמרים יציב יחסית. עד לאחרונה חוקרי רפאל הובילו בשיעור הפרסומים, אך בשנים האחרונות הגביר חיל הרפואה את היקף הפרסום (פרסומי חיל הרפואה נכללו תחת סך כל המאמרים שפרסם הצבא, להלן IDF Total). בהשוואה לשני גופים אלו, התעשייה האווירית ואלביט מפרסמים מחקרים במידה פחותה (איור 4א).

כפי שצוין, המחקר בחר שלא להשתמש בשמות החילות, אלא במונח רחב וכללי כמו צה"ל. אולם, לנוכח היקף המאמרים שפרסם חיל הרפואה (IDF Total) הוחלט לבחון לעומק את התפלגות הפרסומים על ידי הצבא. ניתוח החיפוש הוביל למסקנה שב-OpenAlex מאמרים שפורסמו על ידי צה"ל שויכו לחיל הרפואה (ככל הנראה בשל היקף הפרסומים ביחס לחילות אחרים). לפיכך, נבחן השיוך הצבאי דרך בדיקה ידנית. נמצא שהיקף מועט יחסית של מאמרים פורסם על ידי חילות אחרים (חיל היבשה, חיל האוויר, חיל הים ופיקוד העורף), ולעיתים הכתיבה בוצעה בשותפות עם חיל הרפואה (בחינת השפעת פעילות על בריאות החיילים). בתחילת המילניום פרסם פיקוד העורף כעשרה מאמרים בשנה, ולאורך העשורים התמעטה הכמות. פרסומי מאמרים בשיתוף חיל האוויר היו דומיננטיים ב-2010, אך היקפם פחת החל מ-2017 (איור 4ב).

איור 4א. היקף הפרסומים של התעשייה הביטחונית וחילות צה"ל לפי הקטלוג הביבליוגרפי OpenAlex

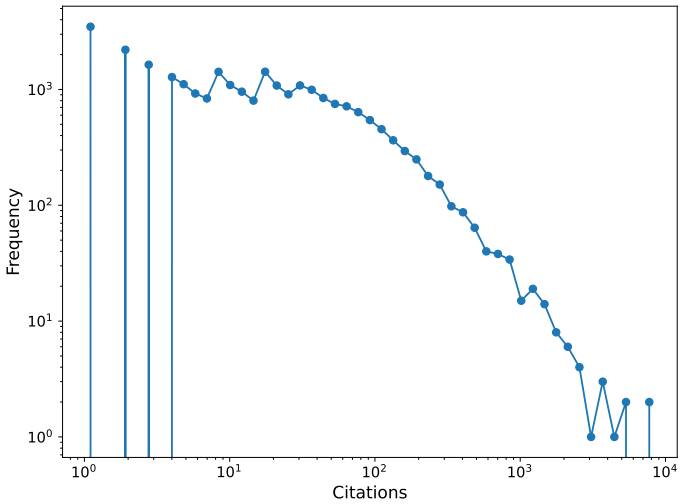


איור 4ב. היקף הפרסומים של חילות צה"ל לפי הקטלוג הביבליוגרפי OpenAlex



בנוסף, תוצאות המחקר חשפו שבדומה לתחומים אחרים, מספר הציטוטים לכל מאמר הינו, באופן גס, על פי חוק חזקה. משמע, מאמרים ספורים שמצוטטים רבות (אלפים ואפילו קרוב ל-10 אלף ציטוטים), ומרביתם לא מצוטטים כלל או זוכים למספר ציטוטים מועט (פחות מעשרה) (איור 5). אפקט rich-get-richer (Perc, 2014) מתייחס למאמרים המצוטטים יותר ובעלי סיכוי גבוה יותר להיות מצוטטים בעתיד. התופעה מתיישבת עם עדויות רבות להתפלגות זאת במגוון תחומי דעת ותקופות, ללא קשר לקיום ולסוג שיתוף הפעולה הנבחן.

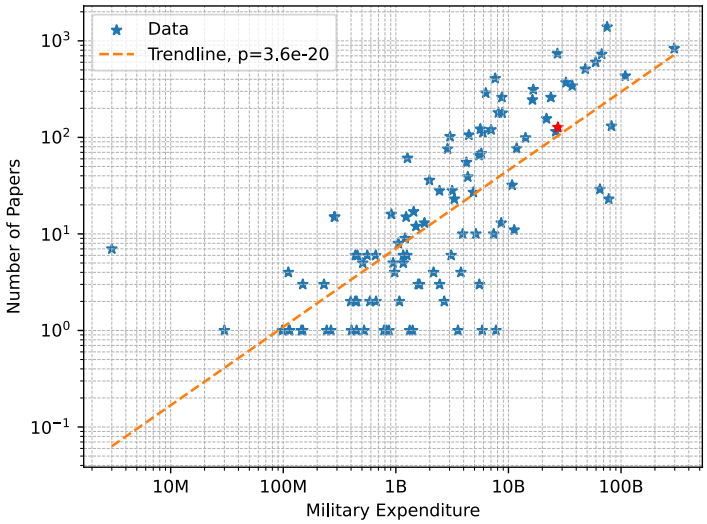
איור 5. שכיחות מאמרים לפי כמות ציטוטים



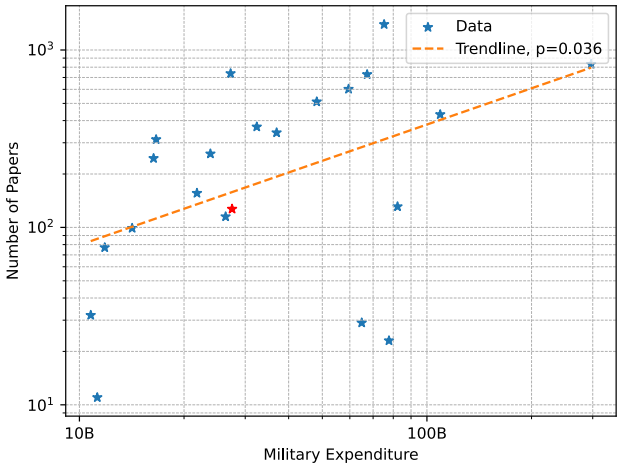
במחקר אף נערכה השוואה בין ההוצאות הצבאיות של מדינות שונות, כפי שמשתקפת בתקציב הביטחון שלהן, למספר המאמרים שנכתבו בשיתוף עם אוניברסיטאות צבאיות בארה״ב. הנתונים על תקציבי הביטחון של המדינות נדלו ממסד הנתונים של המכון הבין-לאומי לחקר השלום בסטוקהולם (Stockholm International Peace Research Institute, 2025).

באיור 6א ניתן לראות קשר הדוק ($p<1e-10$) בין הוצאות צבאיות למספר המאמרים שנכתבו תוך שיתוף פעולה עם אוניברסיטאות צבאיות. ישראל (מודגשת באדום), מוקד העבודה, ממוקמת מעט מעל הקו, משמע משתפת פעולה מעל למצופה לפי הוצאות הביטחון הלאומיות. עם זאת, הגרף ממחיש שהקשר בין הוצאה צבאית לכמות המאמרים המשותפים אינו לינארי. רוב המדינות שהקצו לביטחון הלאומי תקציב גבוה מפרסמות יותר מאמרים בשותפות עם אוניברסיטאות צבאיות (מעל למצופה לפי הקו). לפיכך, בוצעה בדיקה נוספת רק על מדינות עם הוצאות צבאיות של מעל ל-10 מיליארד דולר (איור 6ב). גם בבדיקה זו נראה קשר הדוק בין הוצאות צבאיות למספר המאמרים שנכתבו בשותפות עם אוניברסיטאות צבאיות בארה״ב ($p=0.04$). באיור 6ב ישראל ממוקמת קצת מתחת לקו, כלומר פורסמו פחות מאמרים מהמצופה. הניתוח מדגים שביחס לתקציב הביטחון שלה ישראל נוטה לשתף פעולה עם אקדמיות צבאיות בארצות הברית, אך הקשר אינו הדוק ופורה בהשוואה למדינות אחרות.

איור 6א. יחס בין הוצאות צבאיות למספר המאמרים שנכתבו בשת״פ עם אוניברסיטאות צבאיות בארה״ב



איור 26. יחס בין הוצאות צבאיות למספר המאמרים שנכתבו בשותפות עם אוניברסיטאות צבאיות בארה״ב, בקרב מדינות עם תקציב ביטחון של מעל 10 מיליארד דולר.



דיון

המגמה העולמית היא שהמדע והטכנולוגיה חודרים לכל תחומי החיים והצבא אינו יוצא דופן – שדה הקרב משתנה ועמו נצפית מגמת שינוי בסוג האיומים שעימם מתמודדות מדינות. שדה הקרב המודרני מתאפיין במתקפות סייבר, טילי נ״ט, כטב״מים, רחפנים ומנהרות ובאתגרים רפואיים ונפשיים ייחודיים, כפי שנצפה במלחמת חרבות ברזל. שינויים אלו מחייבים יכולות לחימה מתקדמות ומצריכים שיטות ומערכות מתקדמות, לעיתים עתירות טכנולוגיות, למשימות ביטחוניות. אם בעבר הארטילריה נתפסה כמלכת שדה הקרב, היום הטכנולוגיה ירשה את כס המלכות (היימליך, 2021), וצבאות נחושים לאמץ את הטכנולוגיות החדישות ביותר להשגת יתרון בשדה הקרב, לקבלת החלטות יעילה בזמן אמת ובתנאי אי-ודאות ולהכרעת האויב. אמצעים טכנולוגיים מתוחכמים משנים סדרי עולם. הם נותנים מענה לבעיות מבצעיות, הופכים את שדה הקרב לחכם ומורכב יותר ומפחיתים את המחיר הצבאי והאזרחי. אין פלא שהצבא תר אחר מענה

מדעי וטכנולוגי לצרכים המבצעיים המשתנים. הצבא שם דגש על פיתוח רובוטים, כלי טיס בלתי מאוישים, רחפנים, אמצעים לגילוי מטענים וטיפול באיום המנהרות, כלי רכב בלתי מאוישים, פצצות מונחות לייזר ו-GPS ומערך הגנה אווירית מתקדם. הוא אף חותר לשילוב אינטגרטיבי של טכנולוגיות מתקדמות, כמו בינה מלאכותית, למידת מכונה וביג דאטה לניתוח כמויות עתק של מידע במהירות וביעילות (מרכז דדו לחשיבה צבאית בין תחומית, 2020).

עם זאת, צבאות מפגרים בהבנה בסיסית בנושאים אקדמיים מסוימים כמו גם בפיתוחים וביכולות טכנולוגיות מסוימות, והם נאלצים להיעזר במחקר ובפיתוחים טכנולוגיים של גורמים חיצוניים למינוף יכולותיהם. עליהם לטפח שותפויות לייזום רעיונות חדשניים, להשגת ידע ולניצול כישרון וכישורים של שותפים חיצוניים (Department of Defense, 2018; Tadjdeh, 2018; Tegler, 2019). שיתוף הפעולה בין הצבא לאקדמיה ולתעשייה הביטחונית מתמקד בפיתוח טכנולוגיות אסטרטגיות חדשניות קצרות וארוכות טווח, שיעדן להמיר רעיונות וצרכים שעלו מהשטח לאב טיפוס בר-קיימא לבדיקה ושכלול בשדה הקרב (Traum et al., 2024).

האקו-סיסטם הישראלי מורכב ממערכת יזמית דינמית, אקדמיה מתקדמת ותעשיות ביטחוניות מובילות, והוא מהווה גורם מפתח בפיתוח טכנולוגיות חדשניות. יזמים וחוקרים ידועים ביכולת המצאה ובמסוגלות להתאים טכנולוגיות לשימושים צבאיים במהירות גבוהה (קאוף, 2024). ממצאי המחקר אכן חשפו שחלק ניכר משיתופי הפעולה המחקריים בין צבא לאקדמיה (כ-40%) עסקו בתחומי ההנדסה, הכימיה והמחשוב, כשמטרתם לרתום את הטכנולוגיה לעיצוב שדה הקרב העתידי. צבאות מנצלים את החדשנות לשימור יתרון טכנולוגי ולפיתוח פתרונות מקוריים המתאימים לצרכים המבצעיים המשתנים. השותפות בין האקדמיה למערכת הביטחון ממנפת את הידע והיכולות של החוקרים, ואלה מיושמים במערכות צבאיות מתקדמות. תוצאות המחקר מתכתבות עם ממצאיהם של אברמו ועמיתים (Abramo et al., 2009), שהראו שהאחוז הגבוה ביותר של פרסום מאמרים בשותפות הוא בתחומי הנדסת תעשייה וניהול וטכנולוגיית מידע. הן אף תואמות לתוצאותיהם של ביל ועמיתים (Beale et al., 2007), שזיהו שמרבית הפרויקטים הצבאיים באוניברסיטאות בבריטניה נערכו במחלקות להנדסה, למדע ולטכנולוגיה.

מאחורי הקלעים של שדה הקרב נערכת מלחמה נוספת, גורלית לא פחות, על חייהם של חיילים שנפצעו בשטח ועל נפגעי פוסט-טראומה. הרפואה בצל הלוחמה המודרנית מתרחבת והטיפול בלוחמים גדל מעבר להיקף הטיפול המסורתי בטראומה. רפואת קרב היא תחום ייחודי שבו המציאות מכתיבה את קצב החדשנות. היא תלויה בשיתוף פעולה הדוק בין הצבא, התעשייה הביטחונית והאקדמיה, כדי לתת מענה לבעיות רפואיות שנוצרות בשטח. (זימנד ואח', 2021). אי לכך, הצבא חותר להטמעת פיתוחים שיסייעו לפצועים בסכנת חיים מיידית לשרוד פגיעות שבעבר לא היה ניתן לצאת מהן בשלום. הצבא משקיע ברכש ובפיתוח ציוד רפואי מתקדם והכניס לשדה הקרב חידושים טכנולוגיים שונים, דוגמת שעון חכם המוצמד לפצוע לאורך כל שרשרת הפינוי, רחפן שמעביר ציוד רפואי לשטח, מצלמה זעירה שעוזרת להחדיר צינור לקנה הנשימה, מברגה מדויקת במקום מזרק עם מחט, כמו גם אולטרסאונד נייד שמאתר דימומים פנימיים, שימוש במנות דם מלא במצבו הטבעי, צידניות אקטיביות שמתקררות בעזרת ריאקציה כימית ושמיכות חימום אקטיביות עם חומר כימי מיוחד (נוישטיין, 2018 ; רוזנבלום, 2023). הצרכים מתחדדים לנוכח דור מתקדם של אמל"ח המעיד על שדה קרב עתידי שיכלול נשק כימי, פיזיקלי וביולוגי חדש, ולפיכך מתחייבת היערכות צבאית לתופעות רפואיות ייחודיות כמו מחלות פנימיות, פגיעה מוחית, סרטן וזיהומים. חקר רפואי צבאי לשיפור הבנת הפתוגנזה של מחלות פנימיות בשדה הקרב יוביל לפיתוח אסטרטגיות לניהול קליני, דוגמת שימוש בתאי גזע לטיפול בפציעות בשדה הקרב או מחקר מולקולרי על הסיבות לתפקוד לקוי

של הלב וכלי הדם בתנאי כובד מוגבר או מיקרו-כובד לפיתוח אסטרטגיות מניעה של חידוש לב וכלי דם בקרב אסטרונאוטים לאחר הטיסות (זימנד ואח', 2021).

רוח צה"ל וערכיו נסובים סביב ערכי האחריות והרעות, ואלה מתבטאים בסיוע ומתן טיפול לאנשים שנפצעו בגופם או בנפשם. המאבק של הצבא על בריאותם הנפשית של הלוחמים הוא פן נוסף וחשוב שמעסיק את הצבא כדי למנוע פוסט-טראומה עמוקה. לכן הצבא משתף פעולה עם אנשי מקצוע, אקדמאים ואנשי בריאות הנפש, כדי לשפר דרכי אבחון ולגבש שיטות טיפול מניעתיות, תרופתיות, קוגניטיביות, התנהגותיות ורגשיות. לפי תוצאות המחקר, מרבית המחקרים שנכתבו בשותפות בחנו נושאים בריאותיים ורפואיים (42.3%). ממצא זה מתכתב עם מחקרם של אברמו ועמיתים (Abramo et al., 2009), שחשפו שמרבית שיתופי הפעולה נעשו בתחומי הרפואה ועם מחקרים שהתמקדו בנושאים קשורים: חקר כתבי עת רפואיים צבאיים (Saleem et al., 2018), מאפייני מאמרים על וטרנים (Yeh et al., 2021), אפיון חוקרים שמשתייכים למוסד צבאי-רפואי-אקדמי (Haq et al., 2020) וחיפוש פרסומים העוסקים בטראומה צבאית (Vickers et al., 2017). תוצאות המחקר אף ממחישות את טענתו של ליבארס (Libaers, 2017) כי שותפויות בין הצבא לאקדמיה משקפות את דרישות שדה הקרב.

תוצאות המחקר האירו בזרקור את היקף המאמרים שנכתבו בשת"פ של אקדמיות צבאיות בארה"ב ומוסדות מדעיים בישראל ואת שיעור הפרסומים המשותפים של התעשייה הביטחונית בישראל עם מוסדות אקדמיים בישראל ובחו"ל. ההיקף המצומצם יחסית של שיתופי פעולה בין אקדמיות צבאיות בארה"ב ומוסדות מדעיים בישראל רחוק מלהגשים את הפוטנציאל הגלום למינוף עוצמות, למיגור חולשות ולהשגת מטרות משותפות. לכן, יש לפעול להרחבת השותפויות לפיתוח רעיונות, לחלוקת ידע ולקידום חופש מחשבתי ומחקרי. לעומת זאת, שילוב הכוחות הנרחב בין התעשייה הביטחונית בישראל עם מוסדות אקדמיים בישראל ובחו"ל מצביע על הרצון להעמיק את נקודת המבט, לחבר בין גישות מגוונות ולעודד פתרונות חדשניים. מיום הקמתה ישראל שמה דגש על מחקר מדעי, חדשנות, יזמות ופיתוח ההון האנושי. האקו-סיסטם הישראלי נשען על פיתוח צבאי ביטחוני, שמקרין על המגזר האזרחי וזולג אליו, על זיקה הדוקה בין התעשייה לאקדמיה, על הגעתן של חברות בין-לאומיות לישראל ועל השילוב בין הגורמים הללו. המציאות הישראלית יוצרת רצף בין מערכות החינוך לצבא ביחס לכישרונות ויכולות, והזליגה של הון אנושי (משוחררים מהצבא), רעיונות פורצי דרך, חוזים ותקציבים מהצבא לשוק האזרחי היא ממכפילי הכוח של האקו-סיסטם הייחודי שנוצר בישראל (לוצאטו, 2018). ממצאי המחקר ממחישים שישראל מנצלת את שיתופי הפעולה לקידום ולפיתוח, אך יכולה להעמיק את הסינרגיה בין המערכות הביטחוניות לאקדמיה כדי להתכונן לאתגרי המחר.

בנוסף, תוצאות המחקר חשפו שיתוף פעולה מינימלי בין האקדמיה לצבא בתחומי מדעי החברה. הצבא נשען על הון אנושי, משמע, הוא מושפע מאינטראקציה בין בני אדם, היבטים תרבותיים, התנהגות, נפש ותקשורת. המשאב הבסיסי בבניית כוח לאומי הוא האדם על שלל מורכבויותיו, ואי לכך חשוב לא להזניחו לטובת המדע והטכנולוגיה. קיסטיאקובסקי (Kistiakowsky, 1989) טענה שמימון צבאי של מחקרים אקדמיים עשוי לעוות את האיזון בין תחומי המחקר, לשנות את הדגש על נושאי החקר ולהסיט את המחקר מתחומים מסוימים. לכן, חובה על האקדמיה להתגבר על ההטיות ולהזכיר לצבא שיש להרחיב את שיתופי הפעולה מעבר לתחומים טכנולוגיים ובריאותיים ולשים יותר דגש על החברה האנושית שעליה נשען הכוח המלחמתי. המחקר מסייע להבנת הקשר בין הצבא לאקדמיה, לזיהוי קשרים ולבחינת היקף שותפות מחקרית עם מוסדות בישראל ובחו"ל. תרומת המחקר היא בהדגשת היקף שיתוף הפעולה בין הצבא לאקדמיה בישראל ומאפייניו, המצביעים על נכונות השניים ללמוד מהניסיון של גוף חיצוני במטרה לקדם הפריה הדדית.

תוצאות המחקר מראות שמדינות מרחיבות את שיתופי הפעולה ביניהן וגופים צבאיים וביטחוניים מגדילים את היקף השותפות עם גופי מחקר. התוצאות משקפות פתיחות, תהליכי שינוי תפיסתיים, למידה משותפת ושיתוף פעולה מתמשך ומאוזן, הממוקד במודרניזציה, בשיפורים ושכלולים ובשיתוף מהיר בלקחים משדה הקרב. השותפויות המחקריות משרתות ומעשירות את מערכת היחסים של הצבא, התעשייה והאקדמיה. הן מהוות ערוץ להחלפת ידע וטכניקות, להעשרת השיח ולהעמקת שיתוף הפעולה המשפיע על בניין הכוח של הצבא. ממצאי המחקר מצביעים על כך שהיקף שיתוף הפעולה בין הצבא, התעשייה והאקדמיה גדל עם השנים, ומשפיע לחיוב על התפוקה ועל מתן מענה טכנולוגי ורפואי לצרכים בשטח. עם זאת, ראוי לתת את הדעת לכך שמרבית המאמרים שנכתבו בשותפות לא זוכים לציטוטים רבים. ייתכן שהמחקרים לא מפורסמים בכתבי עת מובילים ואיכותיים או שעוסקים בנושאים ביטחוניים שלהם נגיעה מועטה לנושאי המחקר האקדמיים. מחקר עתידי יכול לבחון היבט זה.

מגבלות המחקר נובעות מההיקף המצומצם יחסית של מאמרים שאותרו. מילות החיפוש הרחבות שנבחרו הקטינו את שיעור המאמרים וייתכן שהובילו לאי הכללת מחקרים שנכתבו בשילוב חילות מסוימים. ראוי לציין ששיתופי פעולה בין הצבא לאקדמיה מתפרסמים לעיתים כדו״חות מחקר (חלקם חסויים), או רואים אור בכתבי עת בעברית שאינם מאונדקסים, ולכן אפשרי שהמחקר המוצע לא משרטט מצג מקיף של שיתופי פעולה בין אקדמיה לצבא בישראל. כמו כן, במחקר זה נבחנו מאפיינים מסוימים שמציגים תמונה חלקית ולא מלאה של אופי שיתופי הפעולה בין הצבא לאקדמיה.

מגבלות המחקר אף נובעות ממגבלות הביבליומטריה. הביבליומטריה מתבססת בעיקר על פרסומים המייצגים את התפוקה הגלויה. אולם, חוקרים משתמשים באמצעים נוספים להעברת מידע, כמו תקשורת מילולית, דו״חות פנימיים, קבוצות מחקר ומעבדות – אמצעים אלה אינם נמדדים על ידי הביבליומטריה. בנוסף, שיוך מאמרים שהם תוצר של עבודה משותפת מקשה על החוקרים למדוד את היקף ההשתתפות של כל מחבר ולקבוע כיצד יש לחלק את הקרדיט בין כותבים ממוסדות שונים. בעיה נוספת הינה טווח הכיסוי של מאגרי הנתונים שעליהם מתבססים המדדים הביבליומטריים. המאגרים מוגבלים מבחינת היקף הכיסוי וקידוד הנתונים ומניבים ערכים שונים למדדים (Okubo, 1997).

מחקרים עתידיים יכולים לבחור מילות חיפוש מצומצמות ומדויקות על מנת להגדיל את מאגר המאמרים ולבחון היבטים נוספים, דוגמת סוג שיתוף הפעולה (מקומי, בין-לאומי), נותני חסות, שיוך החוקרים, כתבי עת מובילים, מדדי כתב העת (דירוג, אימפקט פקטור), תפוקה מחקרית, אלטמטריקה ומדד Field Weighted Citation Impact.

סיכום

שיתופי פעולה אקדמיים-צבאיים משפרים את איכות המחקר דרך גישה למימון, ידע, מומחיות ומשאבים. לפיכך, יש לקדם את הדיאלוג ושיתוף הפעולה בין הצבא למוסדות המחקר האקדמיים. ממצאי המחקר מדגישים את הפוטנציאל של האקדמיה והצבא להניע חידוש מחשבתי, מודרניזציה ויעילות מבצעית תוך הבטחת יכולות אסטרטגיות לאומיות ארוכות טווח. הבנת אופי שיתוף הפעולה והיקפו עשוי להתבטא בהרחבת השותפויות, בייזום מחקרים חדשים, בהגברת היעילות ובשיפור איכות המחקר. המאמר מאיר בזרקור היבטים שתורמים לשותפות או מעכבים אותה, לכן הוא יכול לקדם הפנמה של חסמים וגורמים מסייעים.

מקורות

ביגר, ג' ופריד, י' (2023). *התכנון הצבאי של המדינה: ההכוונה הצה"לית לתעשיה ולתשתיות האזרחיות לאחר מלחמת העצמאות*. רסלינג.

היימליך, ר' (2021). ארטילריה: עדיין מלכת הקרב, או שמא זנח צה"ל את הסיוע הארטילרי? *מערכות*, *489*, 22–29.

זימנד, י', רימון, ע' וחביב, י' (2021). מחקר רפואי צבאי בנושא מחלות פנימיות בלוחמה מודרנית: מושגים חדשים, דרישות, אתגרים והזדמנויות. *הרפואה הצבאית*, *18*(4), 23.

לוצאטו, א' (2018). *תעשיית ההיי-טק הישראלית לקראת אתגרי המחר* . לוצאטו את לוצאטו. תעשיית ההיי-טק הישראלית לקראת אתגרי המחר | לוצאטו את לוצאטו

מרכז דדו לחשיבה צבאית בין תחומית (2020). *סוגיות עכשוויות באמנות המערכה בין הקטבים: עליונות צבאית ותר"ש "תנופה", גיליון 28–30*. משרד הביטחון.

נוישטיין, ל' (27 באוגוסט, 2018). *רחפנים, רובוטים ושעון חכם: אלו הן הטכנולוגיות הרפואיות והלוגיסטיות של שדה הקרב העתידי*. מערכת אתר צה"ל. רחפנים, רובוטים ושעון חכם: רפואה עתידנית ולוגיסטיקה בשדה הקרב | את"צ(www.idf.il)

קאוף, א' (1 ביולי, 2024). חדשנות טכנולוגית בשירות הביטחון הלאומי. *TheMarker*. חדשנות טכנולוגית בשירות הביטחון הלאומי – ספר הביטחון הישראלי TheMarker -

רוזנבלום, ש' (23 בנובמבר, 2023). נלחמים על כל פצוע: החידושים של חיל הרפואה שמצילים חיים. *Ynet*. https://www.ynet.co.il/health/article/yokra13686754

Abramo, G., D'Angelo, C. A., Di Costa, F., & Solazzi, M. (2009). University-industry collaboration in Italy: A bibliometric examination. *Technovation*, *29*(6-7), 498-507. https://doi.org/10.1016/j.technovation.2008.11.003

Beale, M., Street, T., & Wittams, J. (2007). *Study war no more: Military involvement in U.K. Universities*. CAAT and FoR.

Belkhodja, O., & Landry, R. (2007). The Triple-Helix collaboration: Why do researchers collaborate with industry and the government? What are the factors that influence the perceived barriers? *Scientometrics*, *70*(2), 301–332. https://doi.org/10.1007/s11192-007-0205-6

Bitzinger, R. A. (2021). Military-technological innovation in small states: The cases of Israel and Singapore. *Journal of Strategic Studies*, *44*(6), 873–900. https://doi.org/10.1080/01402390.2021.1947252

Cheung, T. M. (2021). A conceptual framework of defence innovation. *Journal of Strategic Studies*, *44*(6), 775–801. https://doi.org/10.1080/01402390.2021.1939689

Department of Defense. (2018). *Summary of the 2018 Department of Defense artificial intelligence strategy.* Department of Defense.

Edney, M. M. (Host). (2020, October 29). Collaborating with academia to develop future practice and practitioners [Podcast]. *Engineering With Nature*, *1*(10). https://www.usace.army.mil/Media/News/NewsSearch/Article/2399840/collaborating-with-academia-to-develop-future-practice-and-practitioners/

Fried, Y. (2023). Identifying and planning military potential and nationalpower: The case of the Israeli civilian-military planning units. *Defense & Security Analysis*, *39*(1), 73-90. https://doi.org/10.1080/14751798.2023.2147637

Galán, J. J., Carrasco, R. A., & LaTorre, A. (2022). Military applications of machine learning: A bibliometric perspective. *Mathematics*, *10*(9), 1397. https://doi.org/10.3390/math10091397

Guo, H., Zhang, R., Shi, J., Zou, M., Chen, X., Zhang, J., et al. (2018). Bibliometric analysis of the research on innovation mechanism of colleges in civil-military inosculation. *Global Journal of Educational Studies, 4*(2), 15-27. https://doi.org/10.5296/gjes.v4i2.14086

Gupta, N., Sergi, B. J., Tran, E. D., Nek, R., & Howieson, S. V. (2014). *Research collaborations between universities and Department of Defense Laboratories.* Science & Technology Policy Institute.

Haq, I. U., Ullah, M., & Tanveer, M. (2020). Research output of Army Medical College, Pakistan: A bibliometric study based on Scopus database. *Library Philosophy and Practice*, 3926.

Hernandez, S. H. A., Morgan, B. J., Hernandez, B. F., & Parshall, M. B. (2017). Building academic–military research collaborations to improve the health of service members. *Nursing Outlook*, *65*(6), 718-725. https://doi.org/10.1016/j.outlook.2017.05.001

Jeong, S., Choi, J. Y., & Kim, J. (2011). The determinants of research collaboration modes: Exploring the effects of research and researcher characteristics on co-authorship. *Scientometrics*, *89*, 967-983. https://doi.org/10.1007/s11192-011-0474-y

Kistiakowsky, V. (1989). Military funding of university research. *AAPSS*, *502*(1), 141-154.

Levidow, L. (2018). *Beyond dual use: Israeli universities' role in the military-security-industrial complex*. British Committee for the Universities of Palestine.

Leydesdorff, L. (2012). The Triple Helix of University-Industry-Government relations. *SSRN Electronic Journal*. https://doi.org/10.2139/ssrn.1996760

Libaers, D. (2017). Academic scientists with military funding — who are they, what are their working practices, and are they engaged in technology commercialization? In D. Siegel (ed.), *The world scientific reference on innovation* (Vol. 4-5, pp. 97-114). World Scientific Publishing.

Lundberg, J., Tomson, G., Lundkvist, I., Skår, J., & Brommels, M. (2006). Collaboration uncovered: Exploring the adequacy of measuring university-industry collaboration through co-authorship and funding. *Scientometrics*, *69*(3), 575–589. https://doi.org/10.1007/s11192-006-0170-5

Lyons, J. W., & Ratches, J. (2013). *External collaboration in army science and technology: The army's research alliances.* Center for Technology and National Security Policy National Defense University.

Mahnken, T. G. (2016, May 18). The military and the academy: Overcoming the divide. *Foreign Affairs*. https://csbaonline.org/about/news/the-military-and-the-academy-overcoming-the-divide

Melin, G., & Persson, O. (1996). Studying research collaboration using co-authorships. *Scientometrics*, *36*(3), 363-377. https://doi.org/10.1007/BF02129600

Okubo, Y. (1997). *Bibliometric indicators and analysis of research systems: Methods and examples*. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/208277770603

Palavenis, D. (2021). Adaptive Israel defense industry: Myth or reality? *Israel Affairs*, *27*(5), 969–983. https://doi.org/10.1080/13537121.2021.1968693

Perc, M. (2014). The Matthew effect in empirical data. *Journal of The Royal Society Interface*, *11*(98), 20140378. https://doi.org/10.1098/rsif.2014.0378

Priem, J., Piwowar, H., & Orr, R. (2022, September). *OpenAlex: A fully-open index of scholarly works, authors, venues, institutions, and concepts* [Paper presentation]. 26th International Conference on Science and Technology Indicators, Granada, Spain. https://arxiv.org/pdf/2205.01833

Reddy, C. M., Valentine, D. L., & Ziebold, J. (2016). Academia and the military can be valuable partners. *Eos*, 97. https://doi.org/10.29/2016EO062795

Saleem, M. M., Pervaiz, M., Baig, B., Khan, W. A., & Malik, B. A. (2018). Pakistan armed forces medical journal: Five years bibliometric analysis from 2011 to 2015. *Pakistan Armed Forces Medical Journal*, *68*(4), 1037-1041.

Savabieasfahani, M. (2014). Reflections of academics on the ethics of university military research. *Class, Race and Corporate Power*, *2*(1), Article 6.

Scheidsteger, T. & Haunschild, R. (2023). Which of the metadata with relevance for bibliometrics are the same and which are different when switching from Microsoft Academic Graph to OpenAlex? *El Profesional de la información*, *32*(2). https://doi.org/10.3145/epi.2023.mar.09

Schotten, M., el Aisati, M., Meester, W., Steiginga, S., & Ross, C. (2017). A brief history of Scopus: The world's largest abstract and citation database of scientific literature. In A. Kumar Chauhan (ed.), *Research analytics: A practical approach to data analysis* (pp. 31-58). Wiley India.

Shehatta, I., & Mahmood, K. (2016). Research collaboration in Saudi Arabia 1980–2014: Bibliometric patterns and national policy to foster research quantity and quality. *LIBRI*, *66*(1), 13-29. https://doi.org/10.1515/libri-2015-0095

Soroka, L., Danylenko, A., Sokiran, M., Levchenko, D., & Zubko, O. (2023). Public-private collaboration for national security: Challenges and opportunities. *Revista Amazonia Investiga*, *12*(70), 43-50. https://doi.org/10.34069/AI/2023.70.10.4.

Stockholm International Peace Research Institute (2025). *SIPRI Military Expenditure Database*. SIPRI. https://doi.org/10.55163/CQGC9685

Tadjdeh, Y. (2018, October 9). *Army pushes for increased collaboration with Industry, Academia*. National Defense. https://www.nationaldefensemagazine.org/articles/2018/10/9/army-pushes-for-increased collaboration-with-industry-academia (Retrieved April 4, 2022)

Tanaka, M. L. & Lopez, O. (2024). Outlook on Industry-Academia-Government collaborations impacting medical device innovation. *Journal of Engineering and Science in Medical Diagnostics and Therapy, 7*(2), 025001. https://doi.org/10.1115/1.4063464

Tegler, J. (2019, October 17). *A global collaborative network: Government labs, academic institutions, and private sector*. Defense Media Network. https://www.defensemedianetwork.com/stories/a-global-collaborative-network-defense-research-development-army-research-academia-uarc-government-labs-academic-institutions-and-private-sector/ (Retrieved April 4, 2022)

Traum, M., Jariwala, A., Aliperti, C., Emert, R. & DeCostanza, A. (2024). *Accelerating army tactical innovation: A five-way University-Military-Government-nonprofit collaboration to speed soldier-ideated technology development*. 2024 ASEE Southeastern Section Conference.

Tressel, A. (2020, May 14). *Army seeking partnership for small business, university collaboration*. Inside Defense. https://insidedefense.com/insider/army-seeking-partnership-small-business-university-collaboration (Retrieved April 4, 2022)

Vickers, M. L., Coorey, C. P., Milinovich, G. J., Eriksson, L., Assoum, M., & Reade, M.

C. (2017). Bibliometric analysis of military trauma publications: 2000–2016. *Journal of the Royal Army Medical Corps, 164*(3), 142-149. https://doi.org/10.1136/jramc-2017-000858

Woodward, R., Jenkings, K. N., & Williams, A. J. (2017). Militarisation, universities, and the university armed service units. *Political Geography*, *60*, 203-212. https://doi.org/10.1016/j.polgeo.2017.07.012

Yeh, H. Y., Chang, H. T., Chen, T. J., Chou, L. F., & Hwang, S. J. (2021). Research on veterans: A PubMed-based bibliometric analysis from 1989 to 2018. *Journal of Chinese Medical Association, 84,* 114-118. https://doi.org/10.1097/JCMA.0000000000000421