



בלוני תבערה ששוגרו משכונת אל-בורייג' נישאים ברוח לכיוון ישראל. מקור: MinoZig (CC BY-SA 4.0)

בקלע ובאבן: אסטרטגיה של רדוקציה טכנולוגית

אביתר מתניה וארז סרי-לוי

הקשר בין טכנולוגיה צבאית מתקדמת לעליונות צבאית הפך בעשורים האחרונים למוסכמה בקרב חוקרים, כמו גם בקרב ממסדים ביטחוניים, המקדישים נתח הולך וגדל מבניין הכוח הצבאי לפיתוח ולרכש של אמצעים מתקדמים. אך מה עושה צד המצוי בנחיתות טכנולוגית מובנית? אנחנו מציעים, מאפיינים, מדגימים ודנים באסטרטגיית בניין כוח של רדוקציה טכנולוגית – תופעה שאנו מזהים בשנים האחרונות, שבמרכזה פיתוח מכוון של אמצעי לחימה פשוטים בהשוואה לטכנולוגיה השלטת, והיא הולכת ומתרחבת בקרב ארגונים וצבאות הנחותים מבחינה טכנולוגית לעומת יריביהם. כשם שצד המצוי בנחיתות צבאית אופרטיבית מחפש דוקטרינות תחבולניות כדוגמת גרילה כדי לא להתמודד ישירות עם צבא חזק ממנו, כך גם צד המצוי בנחיתות טכנולוגית יכול לסטות מהמרוץ הטכנולוגי חסר הסיכוי ולפנות לבניין כוח תחבולני.

מילות מפתח: רדוקציה טכנולוגית, עליונות טכנולוגית, עליונות צבאית, נחיתות טכנולוגית, טכנולוגיה פרימיטיבית, בניין כוח, בניין כוח טכנולוגי, אסטרטגיית בניין כוח, עימות אסימטרי, מחקר ופיתוח טכנולוגי, עפיפוני תבערה, רחפנים מחומשים, צוללות זעירות.

מבוא

נהוג למנות שלושה מרכיבי יסוד בבסיס המדידה של עוצמה צבאית: כמות, כלומר מספר הלוחמים ואמצעי הלחימה העומדים לרשות צבא; איכות, דהיינו הרמה המקצועית של הלוחמים והאיכות הטכנולוגית של אמצעי הלחימה; ולצד שניהם גם המרכיב הביצועי או בכינוי אחר – "יכולת ההמרה"¹, כלומר היכולת לתכנן ולממש פעולה צבאית בעזרת מרכיבים משלימים כדוגמת פיקוד ושליטה (פ"ש), לוגיסטיקה, מודיעין ותקשוב. עוצמה צבאית יכולה להימדד בממד לחימה אחד מסוים (יבשה, ים, אוויר, חלל או סייבר) או באופן מוחלט, בעליונות בכל ממדי הלחימה (full-spectrum superiority) (JCoS, 2020, p. 90).

אחד מהיסודות שנתפס לאורך ההיסטוריה הצבאית המודרנית כמרכיב חשוב באיכות הוא מרכיב הטכנולוגיה הצבאית. עזר גת מציין שמאז המהפכה התעשייתית, צד שהצליח לרכוש וליישם יכולות טכנולוגיות שרמתן מקדימה בדור את זה של יריביו רכש לעצמו יתרון מהותי בשדה הקרב, שהוביל לניצחון (Gat, 2012).

התפיסה הרווחת כי טכנולוגיה מסוגלת להוביל להכרעה צבאית הגיעה לשיאה בתחילת שנות ה-90 של המאה הקודמת, עם הופעת רעיון "המהפכה בעניינים צבאיים" (Revolution in Military Affairs, RMA), שלפיו יכולת תקיפה מדויקת בשילוב עם טכנולוגיית מידע מפותחת, לצד התאמות דוקטריניות וארגוניות, יאפשרו להכריע יריבים ביעילות, במהירות ובמחיר נמוך יותר בנפש וברכוש (למשל: FitzSimonds & Van Tol, 1994). תפיסה זו שוררת בארצות הברית ובקרב צבאות מערביים נוספים, ביניהם צה"ל.

ככלל, העליונות הצבאית האמריקאית נשענת על פתרונות טכנולוגיים מתקדמים לאיומים מגוונים, בין טקטיים ובין אסטרטגיים (Paarlberg, 2004; Posen, 2003), ומקורה בתרבות בעלת נטייה לאופטימיזם טכנולוגי. הדומיננטיות הטכנולוגית היא כה מושרשת, עד כדי כך שיש הגורסים כי האיזון בין המרכיב האיכותי למרכיב הכמותי בכוחות המזוינים של ארצות הברית הופר. הדגש הרב מדי על איכות טכנולוגית הוביל לצמצום במספר הלוחמים, באופן שמגביל מאוד את יכולת הפעולה האמריקאית (Lake, 2012).

ארצות הברית אינה לבדה. בישראל, למשל, נתפסים טכנולוגיות צבאיות מתקדמות ומחקר ופיתוח עצמי של אמצעי לחימה כרכיבים חשובים ביותר במרכיב האיכותי של עוצמתה הצבאית, לא פחות מאשר בארצות הברית. כבר בתחילת הדרך, עם הקמתו של צה"ל, כיוונה מערכת הביטחון כולה לבניית איכות כמקור כוח לצבא הצעיר, במקום הכמות החסרה, ובכלל זה ניתן דגש רב

ליתרון טכנולוגי (בן-ישראל, 2013, עמ' 51–58). הדגש על עליונות טכנולוגית כרכיב משמעותי בהשגת יתרון על היריבים הלך והתעצם עם השנים (פינקל ופרידמן, 2016) והפך למרכיב יסודי בתפיסת הביטחון של ישראל, המאפשר לה להרתיע ולהכריע בזכות יכולות טכנולוגיות מתקדמות וכוח אדם מוכשר ומיומן (מרדור ואלדד, 2018, עמ' 35–36; עמידור, 2020, עמ' 20).

גם אלו שפחות משוכנעים בקשר ההדוק בין טכנולוגיה צבאית עילית ובין עליונות צבאית אמיתית בשדה הקרב, ומטילים ספק במידת ההשפעה של יתרון טכנולוגי על הכרעה מערכות (Raudzens, 1990; Thompson, 1999), אינם שוללים ברמה הרעיונית את היכולת להגיע להכרעה באמצעות עליונות טכנולוגית, אלא מתנגדים לגישה הדטרמיניסטית שלפיה נשק מתקדם מנצח במלחמות.

פועל יוצא של תפיסת הקדמה הטכנולוגית כמרכיב מרכזי באיכות ובבניית עוצמה צבאית הוא, אם כך, שצבא ישאף להצטייד ככל האפשר באמצעי לחימה מתקדמים מבחינה טכנולוגית, ובראש ובראשונה כאלה העולים באיכותם על אלו של יריביו. הם בתורם ישאפו להצטייד באמצעי לחימה איכותיים יותר, וכך יתקיים למעשה מרוץ חימוש טכנולוגי.

אך מה אם אחד הצדדים נתון בנחיתות טכנולוגית ומשאבית מובנית, ואינו יכול להתמיד במרוץ הטכנולוגי הצבאי מול הצד השני? מה יעשה במקרה שאין לו כל סיכוי להתגבר על העליונות הטכנולוגית המובנית של הצד השני, מסיבות כלכליות או אחרות?

הקצב המהיר שבו מתפתחת הטכנולוגיה והתרבותם של עימותים לא־שוויוניים (אסימטריים) בעשרות השנים האחרונות מביאים יותר ויותר מדינות וארגונים לוחמים אחרים למצב כזה. העיראקים נגד ארצות הברית, הסרבים נגד כוחות האוויר של נאט"ו, הגיאורגים והאוקראינים נגד רוסיה, חמאס וחזבאללה נגד ישראל – כולם דוגמאות לאסימטריה מובנית לא רק ביחסי הכוחות הצבאיים, אלא גם ואולי בייחוד ביחסי הכוחות הטכנולוגיים.

מצב כזה של אסימטריה מובנית הוא יחסי, כמובן, ליריבות. גם צבא מדינתי חזק יכול להיות נתון במצב של אסימטריה מובנית אל מול מעצמת־על. ישראל היא דוגמה למדינה בעלת עדיפות טכנולוגית מובנית על סביבתה הקרובה אך לא על רוסיה, למשל, שחיל האוויר שלה ואמצעי הלחימה שלה נמצאים באזור. מנגד, ארצות הברית כמעצמה העולמית הדומיננטית כיום מכוונת לעליונות טכנולוגית צבאית ללא עוררין, בכל שדה ובכל נושא מול כל גורם.

אם כן, במצב של יריבות מול כוח בעל עליונות טכנולוגית באופן מובהק, אין באפשרותו של הצד הנתון

במרוץ החימוש טכנולוגי, ובמקום זאת פנייה מושכלת להתחמשות באמצעי לחימה פשוטים מאוד מבחינה טכנולוגית. כלומר, הסגה לאחור של הטכנולוגיה ושימוש באמצעים אלו באופן שיקשה על היריב למצות את יתרונו הטכנולוגי. אנו מכנים גישה זו של בנין כוח בשם "אסטרטגיה של רדוקציה טכנולוגית".

הסגה לאחור של הטכנולוגיה פירושה בחירה בשימוש באמצעי לחימה פשוטים מאוד, באופן שיקשה על היריב למצות את יתרונו הטכנולוגי. אנו מכנים גישה זו של בנין כוח בשם "אסטרטגיה של רדוקציה טכנולוגית".

המאמר נפתח בהגדרה, לאחר מכן מובא פיתוח תאורטי על ידי ניתוח הגישה הזו מול מקבילתה האופרטיבית, כלומר צורת לחימה שבה משתמשים כוחות נחותים מבחינה צבאית אופרטיבית, לרוב לוחמת גרילה – צורת לחימה עתיקת יומין אשר נדונה רבות. ניתוח זה של קווי הדמיון וההבדלים בין הגישות המקבילות מסייע לדעתנו באפיון האסטרטגיה של רדוקציה טכנולוגית ובהבנתה. לאחר מכן נפרש מרחב היישום האפשרי של רדוקציה טכנולוגית על פני שני צירים – ארגוני וטכנולוגי.

בהמשך מוצגים שלושה מקרי בוחן של שימוש ברדוקציה טכנולוגית על פני המרחב הנפרש – מקרה בוחן בסיסי של שימוש חמאס בעפיפוני תבערה ומעליו שני מקרי בוחן מתקדמים: האחד – שימוש בצוללות על ידי הצי האיראני; השני – שימוש ברחפנים מחומשים. מקרי הבוחן מפורטים וממוקמים על פני הצירים (ראו תרשים להלן).

לבסוף מובאים ניתוח התופעה ודיון בה, על יתרונותיה ומגבלותיה, והסבר למי היא מתאימה ובאילו מקרים. אנו ממחישים כי אסטרטגיה של רדוקציה טכנולוגית מתאימה במהותה לצד המצוי במצב יסוד של מגננה³, אשר מנסה לשלול את ניצחונו של יריבו המצוי בעליונות טכנולוגית, והיא אינה אסטרטגיה המובילה להכרעה. המאמר הוא תפיסתי-רעיוני ומנסה להמשיג ולאפיין תופעה הקיימת השנים האחרונות, שנעשית רווחת יותר ורלוונטית בעולם שבו הטכנולוגיה היא רכיב מרכזי בביטחון הלאומי של מדינות, וביכולותיהן הצבאיות בפרט. הפער ההולך וגדל – בין מי שמתקדם מאוד מבחינה טכנולוגית לבין מי שלא – מביא מטבע הדברים להתפתחות מענה מסוג חדש בבנין הכוח כנגד הקוטביות המתהווה. עניין מיוחד ימצאו בו חוקרים ופרקטיקנים העוסקים בארגוני טרור ובארגונים תת-מדינתיים בכלל, ואלו החוקרים את האסטרטגיה הצבאית של מדינות

בנחיתות להתחרות במרוץ הטכנולוגי. הרכיב האיכותי הטכנולוגי שלו מצוי בנחיתות מובנית. האם נגזר עליו להיכנע מראש בכל עימות? האם אין מענה לעליונות טכנולוגית?

על אף המוסכמה הרווחת כי עליונות טכנולוגית חיונית כיום להשגת עליונות צבאית, יש לצד המצוי בנחיתות טכנולוגית אפשרויות פעולה משמעותיות. הבולטות שבהן, הנבדלות מהותית זו מזו מבחינה אסטרטגית, הן פנייה לפיצוי כמותי כמענה לפער האיכותי, או החלטה אסטרטגית לפתח ולהצטייד בנשק גרעיני, המקזז את היתרון של עליונות צבאית קונוונציונלית.

האפשרות הראשונה, שהיא גם הטבעית ביותר, היא כאמור פנייה לפיצוי כמותי כמענה לנחיתות האיכותית, שהרי עוצמה צבאית מוגדרת בראש ובראשונה על פי המרכיב הכמותי, גם אם לאורך עשרות השנים האחרונות ניתן דגש דווקא למרכיב האיכותי. דרך זו יעילה כל עוד הפער האיכותי אינו גדול מדי, כלומר אינו פער מוחלט בין טכנולוגיה חדשה לחלוטין לקודמתה, אלא פער של דורות באותה טכנולוגיה. כך לדוגמה, המעבר מדור אחד של טנקים לדור חדש יותר, המתבטא בהחלפת תותחי 105 מ"מ בתותחי 120 מ"מ או בשדרוג מערכות שליטה ובקרה, יוצר יתרון טכנולוגי בשדה הקרב, אך עדיין כזה שניתן לבטלו בעזרת תגבור כוחות, או לחלופין באמצעות בחירה בשיטת לחימה נכונה. לעומת זאת, כפי שהוכיחו האמריקאים כבר במלחמת המפרץ הראשונה (1991), קישוריות בין פלטפורמות מלחמתיות שונות – המאפשרת העברה מהירה של מידע על מיקומם של כלים עוינים וסגירת מעגלי מודיעין-פ"ש-אש בשטח – יוצרת יתרון טכנולוגי המאפשר עליונות מקומית – לבטלו רק על ידי גידול במרכיב הכמותי. (Biddle, 1996; Mahnken & Watts, 1997), שלא ניתן

האפשרות השנייה, השונה מהותית ומאתגרת מבחינה מדינית, היא להצטייד בנשק גרעיני כדי לאפשר את קיומה של הרתעה אסטרטגית מפני איום קיומי, גם לנוכח נחיתות טכנולוגית ואף מספרית. אפשרות כזו רלוונטית למדינות בלבד ולא לארגוני טרור ודומיהם, והיא מקודמת למשל על ידי צפון קוריאה, הנמצאת בנחיתות טכנולוגית קונוונציונלית מוחלטת לעומת ארצות הברית. עם זאת, אפשרות זו אינה קלה ליישום כלל ועיקר, כפי שממחישות דוגמאות אחרות בעולם.² אך לצד שתי אפשרויות בולטות אלו אנו רוצים להציע, לאפיין ולהדגים במאמר זה אסטרטגיה שלישית, העומדת בפני הצד המצוי בנחיתות טכנולוגית כדי לקזז את היתרון של הצד בעל העליונות הטכנולוגית – אסטרטגיה שניתן לראות ניצנים שלה במספר מקרים בשנים האחרונות. מדובר בויתור על ניסיון חסר תכלית לדלוק אחר היריב

המתמודדות עם כוחות נחותים מהן מבחינה טכנולוגית, כמו ארצות הברית במרחב הגלובלי או ישראל באזור.

רדוקציה טכנולוגית – הגדרה ופיתוח תאורטי

הגדרה

“וַיִּחְזַק דָּוִד מִן הַפְּלִשְׁתִּי בַקֶּלַע וּבָאֶבֶן וַיַּךְ אֶת הַפְּלִשְׁתִּי וַיִּמְיְתֵהוּ וַיִּחָרֵב אֵין בְּיַד דָּוִד”⁴. ניצחונו של דוד על גוליית הפלישתי משמש עד ימינו אלה משל להתגברות הקטן והחלש על הגדול והחזק (כביכול). גוליית היה מצויד מכף רגל ועד ראש במיטב הטכנולוגיה הצבאית של אותה תקופה, בעוד דוד הקטן לא יכול היה להשתמש בה עקב מגבלות גופו, והעדיף לא לנסות כלל את המגינים והחרבות שהלבישו בהם שאל המלך. כלומר: דוד כלל לא נכנס ל“מרוץ חימוש” חסר סיכוי מול גוליית, אלא פנה לנתיב טכנולוגי פרימיטיבי – קלע ואבנים – אך השתמש בהם באופן יעיל ותחבולני להריגתו של גוליית עוד בטרם התחיל הענק הפלישתי בקרב עצמו.

לא עוד השתתפות במרוץ הטכנולוגי, בין בהעתקה, במעקף או בתשובה ישירה, לא חיפוש אחר הממד הטכנולוגי שניתן ליצור בו יתרון, נהפוך הוא – הרדוקציה הטכנולוגית היא יציאה מהמרוץ ונטישתו לטובת אסטרטגיה שונה בתכלית, תחבולנית, פשוטה וזולה.

בהשראת סיפורם של דוד וגוליית אנו מגדירים רדוקציה טכנולוגית כאסטרטגיית בניין כוח, אשר לנוכח נחיתות טכנולוגית מובנית בוחרת לצאת ממרוץ טכנולוגי חסר סיכוי אחר היריב, ובמקום זאת מתמקדת בפיתוח טכנולוגי נחות במכוון, לא מתקדם ולעיתים אפילו פרימיטיבי, בין על ידי פיתוח שלו ובין על ידי הצטיידות בו. פתרון זה זול יותר, פשוט יותר וכן תחבולני בעיקרו, בכך שהוא מנצל נקודות תורפה בהסתמכות היריב על אמצעי הלחימה המתקדמים שלו.

רדוקציה טכנולוגית היא במהותה אסטרטגיית בניין כוח של נטישת המרוץ הטכנולוגי הצבאי. בכך היא שונה מהגישות המקובלות לבניין כוח טכנולוגי, שכולן מקבלות על עצמן את המרוץ, גם אם בדרכים שונות ותוך כדי מעקפים. עזריאל לורבר (2016, עמ' 32), למשל, מנתח שלוש גישות לפיתוח אמצעי לחימה: “העתקה”, כלומר פיתוח זהה של הטכנולוגיה המתקדמת של היריב (כמו מאמצי רוסיה וסין להשיג מטוסי קרב חמקנים בעקבות ארצות הברית); “מעקף”, כמו למשל בפיתוח טילי קרקע-קרקע במצב של נחיתות אווירית; ו“תשובה ישירה”, כלומר ביטול היתרון של היריב (כמו “כיפת ברזל” נגד

רקטות). כל האפשרויות הללו שמציג לורבר יוצאות מנקודת הנחה שהפתרון לנחיתות הטכנולוגית המסוימת נמצא בתוך המסגרת של פיתוח נשק מתקדם, בתוך המרוץ הטכנולוגי. יצחק בן-ישראל מציע למי שיש לו יתרון טכנולוגי מהותי על שכניו (ישראל) לבחור באסטרטגיה לבניין כוח טכנולוגי צבאי המכוונת במיוחד לייצר עליונות בממד טכנולוגי, שבו יש יתרון יחסי למי שבוחר בה (בן-ישראל, 1997).

רדוקציה טכנולוגית היא תפיסה שונה מהותית: לא עוד השתתפות במרוץ הטכנולוגי, בין בהעתקה, במעקף או בתשובה ישירה, לא חיפוש אחר הממד הטכנולוגי שניתן ליצור בו יתרון, נהפוך הוא – הרדוקציה הטכנולוגית היא יציאה מהמרוץ ונטישתו לטובת אסטרטגיה שונה בתכלית, תחבולנית, פשוטה וזולה.

רדוקציה טכנולוגית מדגישה לא את התחרות על פיתוח מתקדם אלא את התחבולה⁵ הטכנולוגית המתלווה ליציאה ממרוץ החימוש. כלומר: מוציאה את העוקץ ממי שיש לו עליונות טכנולוגית מובנית, שממשיך להשקיע משאבי עתק בלוחות זמנים ארוכים על פיתוחים טכנולוגיים, בעוד הצד הנחות נוטש את הזירה לכיוון אחר לחלוטין. על פי העיקרון המנחה של רדוקציה, יש לזנוח שימוש באמצעים מתקדמים או שאיפה להשיגם. במקומם יש לאמץ אמצעים פשוטים, זולים, שניתן להשתמש בהם בשפע כמעט ללא עלות ביחס לעלויות הצד השני, שהישיגיהם אולי נקודתיים במקום ובזמן, אך מפתיעים ומשמעותיים מבחינת השגת תכלית המשימה, ושניתן לעבור מהם לאחרים במהירות וללא כל עכבות. זו אינה רק ברירת מחדל אלא בחירה מודעת בנשק פשוט ותחבולני במקום בנשק מתקדם יקר, שפיתוחו מורכב והמצאי שלו מצומצם.

אמצעי שפותח לפי עיקרון זה יידרש גם לטקטיקה שימוש מתאימה על מנת להתמודד עם היריב האיכותי יותר. הקלע והאבן שבהם השתמש הנער דוד הם בדיוק כאלו: דור קודם של אמצעי לחימה, שהתאים מבחינה טקטית לאירוע המסוים של הקרב נגד גוליית יותר מכל אמצעי אחר, ואשר יחד עם טקטיקה מתאימה – התקרבות אל היעד ויידוי האבן לפני הסתערות האויב – הביא את ההישג הנדרש באותו רגע, הריגת הענק הפלישתי, מה שהימם את הצבא הפלישתי כולו.

בין רדוקציה טכנולוגית לרדוקציה אופרטיבית

אסטרטגיה של רדוקציה מוכרת יותר בתחום הפעלת הכוח מאשר בתחום בניין הכוח, גם אם לא מכנים אותה כך. רדוקציה טכנולוגית היא מקבילתה של רדוקציה אופרטיבית, וההשוואה ביניהן תורמת להבנת הראשונה (הטכנולוגית). לצורך פשטות נתמקד

התחפרות מגנטית במטרה לנצל נקודות תורפה בצורת הקרב הישראלית.

בעוד רדוקציה אופרטיבית מתקיימת ברובד הפעלת הכוח, רדוקציה טכנולוגית נמצאת ברובד של בניין הכוח, אך היא דומה לה בגישתה: היא מממשת את עקרונות הגרילה בתוך עולם בניין הכוח. היא מהווה שינוי פרדיגמה ביחס לדרך החשיבה המקובלת בפיתוח אמצעי לחימה. במקום להתחרות בתחרות טכנולוגית שתוצאתה ידועה מראש, הנוקטים רדוקציה מוותרים על עליונות והכרעה. הם מעדיפים פשטות, הרב־יה, שרידות ופגיעה מורלית ביריב.

זאת ועוד, רדוקציה טכנולוגית, בדומה לגרילה, מאפשרת הישג תודעתי חשוב מול היריב בעל היתרון הטכנולוגי, כיוון שהיא מאפשרת פגיעה בו דווקא בממד שבו הוא חש חזק. כפי שגודל, סדר וארגון הופכים לרועץ אל מול גרילה, כך ההישענות על אמצעי לחימה מתקדמים והביטחון ביכולתם להביא להכרעה מובילים למפח נפש פסיכולוגי אל מול רדוקציה טכנולוגית. כאשר נשק פשוט ותחבולני עוקף אמצעי הגנה מתקדמים, מייצר עמידות לאורך זמן או פוגע במטרות יקרות ממנו פי כמה וכמה, תוצאות הנזק שהוא גורם מועצמות. עליונות טכנולוגית או נטייה להסתמך על פתרונות מתקדמים לבעיות בשדה הקרב עשויות להתגלות כחסרות תועלת דווקא למול האמצעים הפשוטים יותר.

מרחב היישום של רדוקציה טכנולוגית

ניתן לאפיין את השימוש ברדוקציה טכנולוגית על פני מרחב הנפרש על רביע שלם בין שני צירים. בממד אחד ניתן למקם את הנוקטים אסטרטגיה זו על פני רצף שבין כוח מאולתר לצבא ממוסד. זהו הציר הארגוני. בממד נוסף ניתן לסווג את אמצעי הלחימה התחבולניים על פי מידת החדשנות הטכנולוגית שלהם, מנשק פרימיטיבי ועתיק דרך טכנולוגיה תעשייתית מוקדמת (רכב מנועי, צוללת פשוטה, מטוס קל), ועד נשק חדיש מבוסס טכנולוגיות מחשוב או מזעור. זהו הציר הטכנולוגי.

הרדוקציה הטכנולוגית יכולה לבוא לידי ביטוי בצורות שונות מאוד זו מזו, בהתאם למיקום המקרים במרחב המצוי בין שני הצירים הללו. עם זאת, לכל המקרים במרחב מכנה משותף בולט: כולם מתארים בניין כוח בעת עימות אסימטרי מבחינה טכנולוגית, המתמקד באמצעי לחימה בעלי יכולות מופחתות ביחס לאלטרנטיבה המתקדמת שלהם.

מקרי הבוחן שאנו סוקרים במאמר זה הם שלושה. הראשון הוא שימוש של חמאס בעיפוני תבערה, שהוא הדוגמה הבסיסית ביותר לאסטרטגיה של רדוקציה טכנולוגית. זאת הן במאפייניה הטכנולוגיים — היא

ברדוקציה האופרטיבית הנפוצה ביותר — לוחמת גרילה. בבסיסה הגרילה היא תחבולנית: היא נסוגה ממלחמה קונוונציונלית מול אויב חזק ומצייד ומפתחת שיטת לחימה פרימיטיבית אך אפקטיבית, המכוונת לנקודות התורפה של צבא האויב. כך נהגו החשמונאים במהלך מלחמותיהם הראשונות מול האויב הסלווקי, או בר־כוכבא ואנשיו מול הרומאים, כמו גם עמים רבים אחרים לאורך ההיסטוריה הצבאית האנושית, כאשר עם שנכבש, או שמצא עצמו נדרש להגן על ארצו מפני כוחות יריבים גדולים וחזקים במידה משמעותית, ניסה שלא להיכנע. הווייטקונג בווייטנאם בשנות ה־60 וה־70 הוא אולי דוגמה מודרנית מוצלחת במיוחד לכך, כמו גם המורדים האפגנים נגד ברית המועצות בשנות ה־80. במעבר מלוחמה קונוונציונלית ללוחמת גרילה יש הפנמה כי פערי העוצמות לא יאפשרו להכריע את היריב במתקפה סדורה. לורנס "איש ערב" הדגיש זאת במאמרו על לוחמת גרילה, שכתב לאחר ניצחון השבטים הערבים בפיקודו על העות'מאנים (Lawrence, 2014). הפנייה לגרילה מהווה שינוי פרדיגמטי שמדגיש הפתעה, זריזות, הסוואה והתשה — פיזית ופסיכולוגית. גרילה מנצלת את חוזקת היריב כנגדו. גודל, סדר — אלה ההיבטים שהגרילה מנצלת לטובתה. לוחמי גרילה מוותרים במודע על נשק כבד, תשתיות וריכוז כוחות. המנהיג הסיני מאו דזה־דונג תיאר: "האויב מתקדם, אנו נסוגים; האויב חונה, אנו מטרידים; האויב מותש, אנו מתקיפים; האויב נסוג, אנו רודפים". דבריו ממחישים הכרה בפערי העוצמות, ויתור על קרב חזיתי, פניה למגננה, אימוץ טקטיקות המנצלות את נקודות התורפה של היריב וניצחון בלי הכרעה בשדה הקרב (Mao, 1965, p. 124).

בזירת במזרח התיכון הצביעו ברוך וולנסי (2010) על שיטה נוספת של רדוקציה אופרטיבית, השונה מלוחמת גרילה במובנה הפשוט, שאותה יישמו בהצלחה לא מבוטלת חזבאללה בלבנון וחמאס ברצועת עזה: לוחמה בתפיסה של "ניצחון באמצעות אי־הפסד", דוקטרינה שקשורה הדוקות להיותם ארגונים "היברידיים": מצד אחד הם אינם שליטי המדינה או האזור שבו הם נמצאים, ופועלים כארגון אזרחי־צבאי במקביל לרשויות הרשמיות. מצד שני הם בנו גם כוח פוליטי ומעורבות בחיי המדינה או האזור. חזבאללה בלבנון מעורב בממשלה ומהווה כוח שממשלת לבנון אינה מסוגלת להתמודד עימו, וחמאס שולט באופן מעשי ברצועת עזה, בניגוד לדעת הרשות הפלסטינית. דוקטרינת "ניצחון באמצעות אי־הפסד" היא בבחינת רדוקציה אופרטיבית. לראיה, חזבאללה הוכיח יכולת להפעיל שריון ולתמרן במלחמת האזרחים בסוריה, אך אל מול ישראל הוא נמנע מכך ומעדיף

מקרי בוחן

עפיפוני תבערה בשירות חמאס

דוגמה מובהקת לרדוקציה טכנולוגית היא עפיפוני התבערה, ששוגרו לכיוון ישראל החל מאפריל 2018 ובשיאם גרמו למספר שריפות ביום באזור עוטף עזה, לחשש ולפחד בקרב תושבי האזור ולכעס של הציבור הרחב על חוסר המענה של צה"ל, הצבא החזק באזור, לאמצעי כה פרימיטיבי.

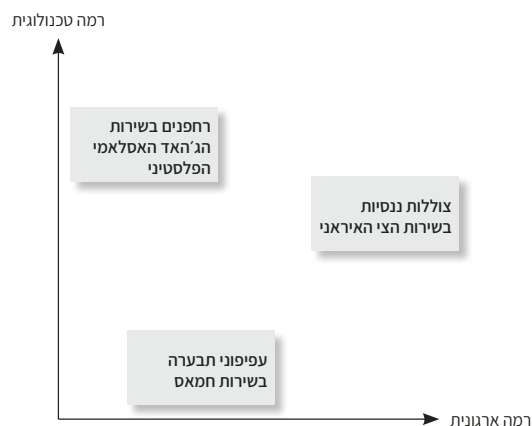
הפרחת עפיפוני תבערה על ידי הפלסטינים ברצועת עזה החלה על רקע גל המחאות הפלסטיניות בסמוך לגדר הגבול, אשר נערכו לראשונה במאסר 2018 ונקראו "צעדות השיבה". ההפרחה הראשונה התקיימה ב־13 באפריל 2018. העפיפונים הראשונים נבנו באופן מאולתר על ידי אזרחים, כולל בני נוער, מחומרים פשוטים המצויים בשפע, ולהם חוברו בקבוקי תבערה או פחם לוחט, במטרה להצית שדות בקרבת הגדר. עד חודש יוני כבר התפתחו עפיפוני התבערה המאולתרים לבלוני הליום הנושאים מטעני חבלה. עפיפוני הנפץ עפו למרחק רב יותר, כך שניתן היה להפריחם בריחוק מהגדר, והם גם הרחיבו את טווח האיום בשטח ישראל. כיוון שנשאו מטענים, הם היוו סכנה לתושבים שנתקלו בהם ולא רק לתוצרת חקלאית (מל"מ, 2018א; Zych, 2019). הצלחת "טרור ההצתות" העממי הובילה את חמאס לתת חסות להפרחות ואף למסד אותן. ראשית התחייב חמאס להגן על מפריחי העפיפונים והבלונים, ובהמשך לקח חלק פעיל בייצור סדרתי של עפיפונים, בחימושם, בשינועם לנקודת ההפרחה ובתזמון הפרחתם. יתר על כן, הוקמה יחידה המתמחה בהפרחת עפיפוני תבערה ובלוני נפץ. במישור התודעתי, כלי התקשורת של חמאס ניהלו קמפיין למינוף ההישג של ההפרחות והדגישו את החסות שנתן להן חמאס (מל"מ, 2018ב).

בחודשי הקיץ של שנת 2018 חלה עלייה במספר ההפרחות והשריפות שנגרמו בעקבותיהן. באותם חודשים הוצתו בממוצע 12 שריפות ביום. על פי רשות הטבע והגנים של ישראל, עד חודש דצמבר 2018 עלו באש מעל 32 אלף דונמים של חורש ויבול חקלאי. על פי אחת ההערכות עמד הנזק הכלכלי בקיץ 2018 על סכום של כשלושה מיליון דולר (Zych, 2019, pp. 75–76). מלבד הנזק הפיזי והכלכלי, נדמה שיעילותן של מתקפות עפיפוני התבערה נמדדה בעיקר במישור התודעתי. כמו בכל מתקפת טרור, גם טרור ההצתות יצר פחד בקרב אוכלוסיית אזור עוטף עזה, בייחוד לנוכח חוסר המענה המבצעי של צה"ל לאמצעי לחימה פרימיטיבי זה. הפחד וחוסר האונים הולידו מחאה עממית, שבשיאה התקיימה צעדה מעוטף עזה

קרובה יותר לקלע ולאבן מאשר לרקטה; הן במאפייני המשתמש בה – ארגון טרור היברידי, המחזיק בכוח בשלטון ברצועת שטח קטנה; והן מבחינת ההישג המצרפי של שימוש באסטרטגיה זו לאורך זמן – היא ערערה את ישראל וגרמה לפגיעה תודעתית מתמשכת.

שני מקרי הבוחן הנוספים מהווים התקדמות על פני שני הצירים של יישום רדוקציה טכנולוגית: המקרה הראשון – הצוללות הננסיות בשירות הצי האיראני – מדגים כי רדוקציה טכנולוגית משמשת לא רק ארגונים תת־מדינתיים, אלא בהתאם לנסיבות יאמצו אותה גם צבאות של מדינות. הוא גם מדגים רמה גבוהה יותר בציר הטכנולוגי, כאשר האיראנים מתמקדים בטכנולוגיה תעשייתית בת כמה עשורים, שהיא מפותחת יותר בהשוואה לעפיפונים. המקרה השני – הרחפנים המחומשים – אומנם לא מבטא בהקשר העזתי צורת יישום שונה במידה משמעותית בציר הארגוני, אך בציר הטכנולוגי הוא מדגים שינוי ניכר. רחפנים, גם אם אין בהם התחכום של אמצעי לחימה אוויריים אחרים, ממחישים שימוש בפיתוחים מודרניים כחלק מאסטרטגיה של רדוקציה טכנולוגית.

בתרשים להלן ניתן לראות את מרחב היישום של הרדוקציה הטכנולוגית, את צירי ההתפתחות שלה ואת מקומם במרחב של שלושת מקרי הבוחן המפורטים בהמשך. בציר הארגוני – החל מארגון טרור קטן (הג'האד האסלאמי הפלסטיני), דרך ארגון טרור היברידי (חמאס) ועד צבא ממוסד (הצי האיראני). בציר הטכנולוגי – מטכנולוגיה עתיקה ופרימיטיבית (עפיפונים) דרך טכנולוגיה תעשייתית (צוללות ננסיות) ועד טכנולוגיה מודרנית (רחפנים).



תרשים: פרישת מרחב היישום של רדוקציה טכנולוגית בין שני צירים (ארגוני וטכנולוגי), ומיקומם של שלושת מקרי הבוחן המובאים במאמר. הפרישה מדגישה כי יש מגוון צורות ליישום רדוקציה טכנולוגית.

הצוללת הזעירה מסוג גאדיר חמושה בשני טילי טורפדו. גודלה הזעיר מקנה לה חשאיות ויכולת תמרון גבוהה, המאפשרות לה לפעול בתוך נמלים. עם זאת, גודלה מספיק לנשיאת צוללנים או להנחת מוקשים ימיים. לצד יתרונותיה, הצוללת הזעירה מוגבלת מאוד בכמות הנשק שהיא יכולה לשאת, וכן במשך המשימה שלה ובעומק הפעולה (Reich, 2009). בהתאם לכך צוללת זו משמשת בעיקר להגנת חופים מפני פלישה, אך במקרה האיראני היא גם חלק משלל האמצעים לבניית יכולת לחסום את המפרץ הפרסי בנקל ובחתימה נמוכה ביותר, כמו גם לארוב לאוניות בנמלים במפרץ הפרסי.

דווקא השימוש באמצעי פרימיטיבי יותר הצליח לממש את התכלית הצבאית. הרדוקציה אפשרה פגיעה בעורף הישראלי והטלת אימה, תוך יצירת תחושה מסוימת של חוסר אונים בצד הישראלי לגבי אפשרויות המענה.

לשם השוואה, שלוש הצוללות מסדרת קילו, שאיראן רכשה בשנות ה-90 ומשמשות גם את הצי הרוסי וההודי, שוקלות פי עשרה לערך ומסוגלות לשאת נשק רב יותר. ביכולתן לבצע פעולות הגנתיות והתקפיות ממושכות הרחק מחופי איראן, ולשאת עימן מערכות מתקדמות. עם זאת, הן מתקשות לפעול ביעילות במים הרדודים של מצרי הורמוז. נוסף על כך, תחזוקתן יקרה ומורכבת, ומחייבת על פי רוב סיוע מהיצרנית הרוסית (Singh, 2011).

אפשר לסכם אפוא כי מבחינה טכנולוגית גרידא, לאיראן היו צוללות מתקדמות טרם החלה לרכוש צוללות מסדרת גאדיר, המבוססות על פלטפורמה מיושנת ואשר יכולותיהן מוגבלות. ברם, איראן בחרה למקד את מאמצי בניין הכוח שלה בצוללות גאדיר, שהן לכאורה מדור טכנולוגי מוקדם יותר (Roblin, 2019). ההערכה המקובלת היא שאיראן נהגה כך כפועל יוצא מדוקטרינה אסימטרית שגיבשה.

איום הייחוס שאליו נערכים האיראנים הוא מתקפה אמריקאית או מתקפה של קואליציית מדינות, אשר תכלול נוכחות מסיבית של כוחות ימיים מול חופי איראן, בין למטרת הנחתת כוחות (החפה), בין לסיוע באש (נושאות מטוסים וספינות טילים) ובין להטלת סגר ימי שיפגע ביצוא הנפט האיראני (Arasli, 2007). כלומר, התרחיש העיקרי שאליו נערך חיל הים האיראני הוא היתקלות עם צי חזק ממנו. לאיראן אין משאבים וגם לא יומרה לבנות צי חזק דיו שישתווה בכוחו לצי התוקף, במיוחד אם הוא מעצמתי. הווה אומר: אי-שוויון כוחות — אופרטיבית וטכנולוגית כאחת — הוא הנחת

לכנסת בירושלים. גם לאחר מכן המשיך הציבור באזור עוטף עזה לחוות אימה וייאוש, בדומה לתחושות שנבעו משיגורי הרקטות לאורך השנים (צורי, 2018; צורי, 2019; Zych, 2019, p. 76).

עפיפוני התבערה הם נשק בכינון עקיף ונחות ביחס לרקטות, שפותחו ויוצרו על ידי חמאס לאורך שנים. העפיפונים והבלונים הם התשובה הפרימיטיבית למערכת "כיפת ברזל" הישראלית, שהפכה את ירי הרקטות בשגרה לבלתי אפקטיבי וכמעט לא רלוונטי, למעט המתח ששימר בדרום. בהשוואה לרקטות, לעפיפוני תבערה יש מגבלות מרחק וכוונון משמעותיות. לצד זאת, לעפיפון יתרונות ניכרים על הרקטות, ראשית בהיעדר היכולת של כיפת ברזל לירות אותו, מה שהותיר את ישראל ללא יכולת הגנה אקטיבית אפקטיבית מפני טרור ההצתות. כמו כן, עלות העפיפון נמוכה פי מאה ויותר מעלות הייצור של רקטה, והכנתו פשוטה ומהירה. הבדל חשוב נוסף בין רקטות לעפיפוני תבערה הוא באופן התגובה של ישראל לירי. ירי רקטי נתפס כפעולה צבאית משמעותית, הנענית בתגובה צבאית ישראלית כחלק ממשוואת ההרתעה הדדית בין הצדדים. מנגד, הלגיטימציה של ישראל להגיב בעצמה על הפרחת עפיפוני תבערה נמוכה במידה ניכרת, וכך גם הלגיטימציה שלה לפגוע במפריחים.

אם כך, דווקא השימוש באמצעי פרימיטיבי יותר הצליח לממש את התכלית הצבאית. הרדוקציה אפשרה פגיעה בעורף הישראלי והטלת אימה, תוך יצירת תחושה מסוימת של חוסר אונים בצד הישראלי לגבי אפשרויות המענה. כך הושגה התכלית האסטרטגית של העלאת תשומת הלב לעימות בדרום והצורך להגיע להסכמות מדיניות, כל זאת במחירים נמוכים מאוד לצד העזתי.

צוללות ננסיות בשירות הצי האיראני

דוגמה זו מייצגת רמה גבוהה יותר בציר הטכנולוגי, ויותר מכך מראה יישום של אסטרטגיה טכנולוגית בקצהו האחר של הציר הארגוני. בשורות חיל הים האיראני פועלות מספר סדרות של צוללות (Singh, 2011). שלוש צוללות מסדרת "קילו" — צוללות גדולות מתוצרת רוסיה אשר נבנו בשנות ה-90; עוד שתי צוללות מסדרת "פאתח" — צוללות בינוניות מייצור עצמי; וכן 27 צוללות זעירות — ארבע מסדרת "יוגו" שנרכשו מצפון קוריאה ועוד 23 מסדרת "גאדיר" — פיתוח איראני לסדרת יוגו הצפון קוריאנית משנות ה-60. עיקר הרכש והפיתוח האיראני בתחום זה הוא צוללות זעירות ובינוניות, הפועלות בעיקר במדף היבשתי מול חופי איראן, במפרץ הפרסי ובמצרי הורמוז. כלומר ניתן לכנותן "צוללות חופיות" (littoral submarines) (HSDL, 2009; NTI, 2019).

בצילום למטרות מודיעין ועד לנשיאת ראשי נפץ והתבייתות על מטרות.

כלי הטיס הבלתי מאוישים (כטב"ם) הראשונים היו למעשה טילי שיוט בצורת מטוס, אשר פותחו בין שתי מלחמות העולם. הם דמו למטוס במסלול טיסתם האופקי, אך היו שונים ממנו מאוד בכך ששימשו פצצה ולא פלטפורמה מנוהגת לנשיאת מטען (נשק, מצלמה או אדם) (Pearson, 1969). הכטב"מים צצו שוב בשנות ה-70, בשימוש מבצעי על ידי האמריקאים בווייטנאם (Hall, 2014), ומאז תפסו תאוצה רבה בשימושיהם הצבאיים ואפשר להצביע על שני תחומים מרכזיים: הראשון – כטב"מים מתקדמים למשימות איסוף מודיעין ותקיפה, המסוגלים לשהות זמן ממושך מעל שטח עוין מרוחק; השני – כטב"מי איסוף טקטיים לליווי כוחות מתמרנים. ממדיהם הקטנים מאפשרים את נשיאתם על ידי הכוח הלוחם, אך בהתאם כמובן יכולותיהם מצטמצמות. הן הכטב"מים המתקדמים והן הכטב"מים הטקטיים מיוצרים על פי רוב בתעשיות צבאיות, ופיתוחם נעשה בהתאם לדרישות המחמירות של צבאות. לפיכך מחירים עשוי להיות גבוה מאוד, מעשרות אלפי דולרים ועד עשרות מיליוני דולרים; פיתוחם עשוי להימשך שנים רבות; ותפוצתם נותרת מצומצמת משיקולי חוץ וביטחון. התפתחותם של רחפנים בתעשייה האזרחית פתחה פתח לאפשרויות מבצעיות חדשות, הן בפני צבאות והן בפני ארגונים חמושים. הרחפנים מהווים למעשה משפחה שלישית של כטב"מים מודרניים, אשר פיתוחם הואץ במאה ה-21. להבדיל מכטב"מים צבאיים, היצרניות הבולטות של רחפנים הן חברות פרטיות. חרף אופיים האזרחי, ברחפנים גלום איום צבאי פוטנציאלי ניכר (Lifshitz & Meents, 2020). מלבד איום על המרחב האווירי של שדות תעופה, ניתן להסב רחפן לרחפן נפץ בקלות יחסית (ישי, 2020).

לראיה שתי תקריות שנרשמו בגבול עזה-ישראל, שבהן שימש רחפן מתוצרת אזרחית להטלת חימוש על כוחות צה"ל. בחודש מאי 2019 הטיל רחפן מתוצרת DJI בשימוש חמאס ראש קרבי נגד טנקים לעבר טנק ישראלי. באותו החודש גם רחפן של הג'האד האסלאמי הפלסטיני הטיל מטען נפץ לעבר טנק של צה"ל (זיתון, 2020).

מבחינה טכנולוגית, רחפן מהדגם שחמאס עשה בו שימוש – Matrice 600 מתוצרת DJI – מסוגל לשאת מטען שמשקלו עד שישה קילוגרמים ומהירותו המרבית בתנאים אופטימליים היא כ-65 קמ"ש. משך הפעולה שלו נע בין 15 דקות ל-40 דקות, כתלות במטען ובמשתנים נוספים. כמו כן, חשוב לציין כי מזג האוויר משפיע מאוד על תפקודו (DJI, n.d.).

מוצא של האיראנים בבואם לגבש תפיסה מבצעית (Haghshenass, 2008).

לכן, כדי להדוף מתקפה ימית, על איראן לפנות לתחבולה. התחבולה תבוא לידי ביטוי ביצירת מערך הגנה אסימטרי, כלומר שאינו מיועד להילחם ביריבו באותן שיטות שבהן משתמש היריב, או במילותינו שלנו: במקרה זה באמצעות אסטרטגיית בניין כוח של רדוקציה טכנולוגית, מלווה ברדוקציה אופרטיבית בהפעלת הכוח. מערך ההגנה הימי האיראני שואף להיות נסתר, מבוזר ובלתי תלוי בהפעלה מרכזית, בעל יכולת להסב נזק משמעותי ליריב, גם אם לא להכריעו, באופן שיפגע במורל ובכדאיות של היריב להמשיך במתקפה. לאור תפיסה מבצעית זו מיקדה איראן את בניין הכוח הימי שלה ברכישת צוללות זעירות רבות, גם אם בעלות יכולת מוגבלת, לצד פיתוח כלים מבצעיים נוספים כדוגמת סירות מהירות ("צי יתושים") ומוקשים ימיים (Arasli, 2007; Singh, 2011), ולצד זאת – אסטרטגיה מתאימה להפעלתם.

איראן, מדינה המתכוננת לעימות עם מעצמה, יצאה מתוך ההנחה הברורה של נחיתות אופרטיבית וטכנולוגית מובנית וגיבשה תפיסה משולבת של רדוקציה טכנולוגית עם לוחמה אסימטרית.

הצוללות הגדולות מסדרת קילו מסוגלות אומנם להטביע ספינות מלחמה גדולות, אך בשל מספרן המועט, סביר להניח כי בשלב מוקדם של המלחמה הצי היריב יצליח להשביטן. לעומת זאת, את עשרות הצוללות הזעירות יהיה ליריב קשה הרבה יותר לאתר. כך הן יוכלו להגן לאורך זמן על חופי איראן ולגבות מחיר מצטבר גבוה מהצי התוקף.

לסיכום – איראן, מדינה המתכוננת לעימות עם מעצמה, יצאה מתוך ההנחה הברורה של נחיתות אופרטיבית וטכנולוגית מובנית וגיבשה תפיסה משולבת של רדוקציה טכנולוגית עם לוחמה אסימטרית, במטרה למנוע לאורך זמן מהמעצמה הישגים משמעותיים בשטח עד להתשת כוחות האויב, בתקווה שהפגיעות החוזרות ונשנות יפגעו במורל וישפיעו על מקבלי ההחלטות בצד השני לסגת ממטרותיהם הראשוניות, או לפחות להגביל אותן במידה רבה.

רחפנים מחומשים בשירות הג'האד האסלאמי

בשנים האחרונות ניכרת האצה יוצאת דופן בפיתוח רחפנים מתקדמים וזולים בעלי מגוון רחב של שימושים, שחלקם יכולים לשמש לצרכים צבאיים מגוונים, החל

משימות באופן אוטונומי, אינו רואה ברחפן פשוט וזול של תעשייה אזרחית חלק ממרוץ החימוש מולו. פיתוח רחפנים מחומשים כרדוקציה טכנולוגית לכטב"מים מאפשר לענות על התכלית המבצעית הבסיסית שהוצגה תוך שמירה על חשאיות, במחיר נמוך הרבה יותר, בתפוצה רחבה וללא צורך בתעשייה צבאית, גם ללא לגיטימציה בינלאומית.

היבטים של רדוקציה טכנולוגית: דין וניתוח

מקרי הבוחן שהובאו לעיל מתארים יישום שונה של רדוקציה טכנולוגית: הפלסטינים מתבססים על טכנולוגיה אזרחית, כאשר במקרה של העיפונים היא עתיקה והתקפית, ובמקרה של הרחפנים היא עכשווית, התקפית והגנתית. מנגד, האיראנים נשענים על טכנולוגיה צבאית תעשייתית בת כמה עשורים ומשתמשים בה לפעילות הגנתית. בכל המקרים שהוצגו הרדוקציה הטכנולוגית ננקטת במצב יסוד של מגננה. אין מדובר באמצעים שניתן לבסס עליהם מתקפה והכרעה במלחמה. עם זאת, ברמה הטקטית של צורת הקרב (להבדיל כאמור ממצב היסוד האופרטיבי והאסטרטיגי), ניכר כי ניתן להתבסס על בניין כוח של רדוקציה טכנולוגית להתקפה ולהגנה כאחת, כתלות בסוג הנשק או באופן השימוש בו. אם כך, רדוקציה טכנולוגית יכולה להוות אסטרטגיית בניין כוח מרכזית המספקת אמצעים למגוון רחב של פעולות. גם הפלסטינים וגם האיראנים מחזיקים באמצעי לחימה מתקדמים יותר באותו ממד לחימה. עם זאת, לא הרקטות הפלסטיניות, לא הכטב"מים ברצועת עזה (Rossiter, 2018) ולא הצוללות מסדרת קילו יכולים לעמוד בהישג הנדרש מהם, בשל הנחיתות הטכנולוגית שלהם. הרדוקציה בהשוואה אליהם היא אמצעי לחימה פשוטים, המסוגלים לחמוק מאמצעי ההגנה המתקדמים של היריב, שלא תוכננו לאיום מסוג זה. הדבר נכון בייחוד לגבי עפיפוני תבערה מול כיפת ברזל, נכון לגבי רחפנים שקשה ליירטם באמצעות מערך ההגנה האווירית הסטנדרטי, ונכון במידת-מה גם לגבי הצוללות הזערורות החשאיות. המשאבים המועטים יחסית שדורשים אמצעי הלחימה הרדוקטיביים לעומת מקביליהם המתקדמים מאפשרים הרבה יותר עפיפונים מאפשרים לחולל כאוס בשטחים נרחבים בעוטף עזה. יותר צוללות זעירות מקנות למערך שרידות ואורך נשימה לעמוד בפני מתקפה ממושכת על חופי איראן. יותר רחפנים מחומשים מהווים איום רחב על כוחות ישראלים, ולא איום נקודתי. הרבה אינה אפוא רק תוצר לוואי, אלא גם שיקול מהותי בבחירה לפתח אמצעי לחימה רדוקטיביים.

בהשוואה לרחפן חדיש זה, לכטב"ם צבאי בעל יכולות תקיפה יש נתונים טובים הרבה יותר. כך למשל הכטב"ם האמריקאי מדגם MQ-1B Predator, אשר הושק בשנות ה-90, מסוגל לשאת כ-200 קילוגרמים של מטען ייעודי ולהגיע לטווח של כ-1,200 קילומטרים. מהירותו המרבית עוברת את רף ה-200 קמ"ש והוא בעל יכולת הטלה של חימוש מדויק מונחה לייזר. מיותר לציין שניתן לשלוט בכטב"ם גם ללא קו ראייה, וכי התקשורת שלו מאובטחת (USAF, 2015).

ההשוואה בין כטב"ם צבאי לרחפן מצביעה על פערים אדירים ביכולותיהם, עד כדי כך שניתן לתהות אם נכון בכלל להשוות ביניהם. בכל זאת, נדרש להשוות ביניהם ולראות בהם רצף של פיתוחים טכנולוגיים, היות שהם עונים על צורך מבצעי דומה. מובן שנדרש לצרף לקביעה זו הסתייגויות רבות, אך אם נסתפק בהגדרת הצורך המבצעי הבסיסי הבא, ניווכח שמדובר באותה משפחה של פלטפורמות: אמצעי אווירי לפגיעה קינטית מדויקת (הטלת חימוש או פיצוץ במתווה "התאבדות"), הנשלט מרחוק ואינו מאויש. את התכלית המבצעית הזו, כללית ככל שתהיה, ניתן לממש הן באמצעות רחפן מחומש והן באמצעות כטב"ם בעל יכולת תקיפה. בעוד הכטב"מים המודרניים פותחו כבר במאה ה-20 על ידי תעשיות צבאיות ושימשו צבאות סדירים וממשיכים בכיוון זה, רחפנים פותחו במאה ה-21 על ידי תעשיות אזרחיות וחומשו לצורכי לוחמה על ידי צבאות סדירים וארגונים חמושים.

האם ניתן בכלל להתייחס לרחפן מחומש כאל רדוקציה טכנולוגית? הרי מדובר בטכנולוגיות חדשות המתבססות על הוזלה ומזעור של רכיבי מחשוב, ניווט ותקשורת מתקדמים, שגורמות לאפקט כפול: יצירת בידול משמעותי בין מי שחזק טכנולוגית לאחרים (polarization), ולצד זאת הפצה של רכיבים וטכנולוגיות מתקדמות גם לארגונים תת-מדינתיים (democratization) (Gat, 2012). זה בדיוק המקרה של רחפנים.

ואולם אנו טוענים שבפרספקטיבה של פיתוח אמצעי לחימה צבאיים ניתן להתייחס לטכנולוגיות אלו גם כאל רדוקציה טכנולוגית, בהשוואה לאיכות וליכולות כלי הטיס הבלתי מאוישים שמפתחות תעשיות ביטחוניות. מי שמגיע עם טנק לשדה הקרב אינו רואה בקורקינט חשמלי, משוכלל ומודרני ככל שיהיה, חלק ממרוץ חימוש מולו בתחום הרכב המשוורין. ומי שמביא איתו לשדה הקרב את חזית הידע של כלי טיס בלתי מאוישים המסוגלים להגיע למרחק רב, לתקשר באופן מוצפן, לשאת חימוש משוכלל, להתחמק ממעקב ולבצע

הרדוקטיבי, מהרגע שהתגלה. מענה ייחשב כאשר יתבטל או יפחת במידה ניכרת ההישג השולי הנוסף שהושג בזכות הנשק הרדוקטיבי. המענה יכול להיות טכנולוגי, דוקטרינרי או הרתעתי. לפחות מבחינת המענה הטכנולוגי, הנחת המוצא היא שליריב יש יתרון איכותי טכנולוגי, לכן ניתן לשער כי יצליח להתגבר על הפיתוח הרדוקטיבי בשלב מסוים. כמו כן, הפשטות היחסית של אמצעי הלחימה הרדוקטיביים מהווה גם חולשה מובנית, היות שהם חסינים פחות מפני איומים מגוונים.

באשר לעפיפוני התבערה, ישראל לא מצאה פתרון דוקטרינרי שימנע את טרור ההצתות, אך הצליחה לפרקים להרתיע את הארגונים הפלסטיניים משימוש באמצעי זה. מבחינה טכנולוגית השיקה ישראל כבר בקיץ של שנת 2018, חודשים ספורים בלבד אחרי שהחל טרור ההצתות, יכולת ליירט עפיפוני תבערה באמצעות רחפנים. כך למעשה ניתן מענה פשוט לאיום פרימיטיבי. לא בכדי כונו הרחפנים המיירטים "שקל וחצי" (זיגלר, 2018). לצד המענה הפשוט הציגה ישראל גם יכולות טכנולוגיות מתקדמות להתמודדות עם טרור ההצתות – אותן יכולות המשמשות אותה גם בהתמודדות עם איום הרחפנים. כבר בשנת 2018 הוצבה מערכת איכון אופטית מסוג Sky Spotter שפותחה ברפא"ל, המסוגלת לאתר עפיפוני תבערה ורחפנים ולעקוב אחר מעופם (דבורי, 2018). נוסף על כך הפעילה משטרת ישראל את מערכת "להב אור" ליירוט בלוני תבערה באמצעות לייזר, אף היא פיתוח ישראלי (יגנה, 2020). לשם השוואה, פיתוח מענה להתמודדות עם איום הרקטות והטילים היה מאתגר יותר. לדוגמה, הפיתוח והמבצע של מערכת "קלע דוד" ("שרביט קסמים") להתמודדות עם רקטות וטילים לטווח בינוני וארוך נמשכו כעשר שנים (מבקר המדינה, 2009; לבב, 2017).

באשר לצוללות הזעירות האיראניות, לא מתפרסמים נתונים על אודות עומק הצלילה שלהן, אך ניתן לשער כי הוא מוגבל. אם כך הדבר, מגבלה זו מעמידה אותן בסכנה, חרף גודלן הזעיר המקנה להן חשאיות. ובאשר לרחפנים המחומשים, מלבד מערכת Sky Spotter ומערכת להב אור המאיימות עליהם, הם חשופים לתקיפת סייבר או ללוחמה אלקטרונית. לדוגמה, חברת DJI מסוגלת למנוע מרחפנים מתוצרתה לפעול באזורים מוגדרים שבהם מתנהלת לחימה (Corfield, 2017). אם כן, במקרים שבהם אמצעי הלחימה הרדוקטיבי מתבסס על טכנולוגיה אזרחית, הוא חשוף יותר למענה שיפותר בתעשייה האזרחית.

כיוון שעסקינן באמצעי לחימה, מן ההכרח לדון בתוחלת הנזק של הפיתוחים הרדוקטיביים בהשוואה לפיתוחים סטנדרטיים. ככלל מסתמן כי תוחלת הנזק של הנשק הרדוקטיבי נמוכה יותר. כך למשל עפיפוני תבערה מאיימים על חיי האזרחים בעורף הישראלי פחות מאשר רקטות בעלות ראש קרבי מתפוצץ ומטען רסס. הצוללות הזעירות אומנם מסוגלות להטביע ספינה בכל גודל, אך הן נושאות עימן כמות מזערית של טילי טורפדו והדבר מגביל מאוד את סיכויי הפגיעה ואת מספר הספינות שיוכלו לתקוף במסע אחד. ביחס לרחפנים המחומשים – יכולת הדיוק שלהם אומנם גבוהה, אך יכולת הנשיאה המוגבלת שלהם מגבילה מאוד את יכולת ההיזק שלהם.

אמצעי הלחימה הרדוקטיביים מאפשרים לגרום פגיעה משמעותית, ואלמלא הם, סביר להניח כי הנזק המצטבר בממד הלחימה המסוים היה נמוך במידה רבה.

אף על פי כן, אמצעי הלחימה הרדוקטיביים מאפשרים לגרום פגיעה משמעותית, ואלמלא הם, סביר להניח כי הנזק המצטבר בממד הלחימה המסוים היה נמוך במידה רבה. לעפיפוני התבערה אומנם יכולת היזק נמוכה מאשר לרקטות, אך הפגיעה התודעתית שהם מצליחים לשמר, חרף עליונות ההגנה האקטיבית הישראלית, לא תסולא בפז עבור הארגונים הפלסטיניים. בממד הלחימה הימי מסוגלת איראן לשמר איום מתמשך ולגבות מחיר כואב לאורך זמן מכל תוקף חזק שיתקרב אל חופיה, בשל מספרן הרב של הצוללות הזעירות וחשאיותן. הגם שרחפן יכול לשאת מטען נפץ קטן, הוא מסוגל לפגוע במדויק, למשל בטנק ישראלי. איום מסוג זה נשקף עד כה בעיקר מטילי נ"ט מתקדמים ויקרים, שאותם נאלצו הארגונים להבריח לרצועת עזה בעמל רב תוך נטילת סיכונים. ברמה המבצעית והתודעתית, על חיילי צה"ל מרחף עתה גם איום עילי ולא רק איום אופקי.

התעלמות מרדוקציה טכנולוגית כאסטרטגיה של ממש עלולה לגבות מחירים גבוהים מצבאות חזקים. ראוי שיבינו רציונל זה לעומק בבואם לפתח ולהצטייד בדורות מתקדמים ויקרים יותר של טכנולוגיות צבאיות, ויגדירו לעצמם היטב את תכליתם האסטרטגית.

כדי לעמוד על יעילות הרדוקציה הטכנולוגית, נדרש לעסוק בשאלה מהי תוחלת החיים של התחבולה. כלומר, כמה זמן יידרש ליריב לפתח מענה לאמצעי הלחימה

סיכום

העיסוק הרב באיכות טכנולוגית כמרכיב מרכזי בעליונות צבאית בשדה הקרב עלול להשכיח מאיתנו את העובדה שחלק גדול מהמדינות ומהארגונים החמושים בעולם אינו יכול לאמץ תפיסות של עליונות המושגת בעיקר באמצעות טכנולוגיה עילית, משום נחיתותו המובנית מול יריביו בשדה הטכנולוגי. נחיתות זו יכולה להיות תוצאה של מחסור במשאבים, בכוח אדם טכנולוגי מיומן, או מהיעדר עומק תעשייתי טכנולוגי רב שנים, אך לעיתים פשוט בשל העובדה שהיריב חזק במידה משמעותית. הצד הנחות טכנולוגית יכול "להרים ידיים" מראש, או להבדיל, לנקוט אחת מהאסטרטגיות הבאות: כמות כמענה לאיכות; השגת נשק גרעיני כמרכיב "מגן" משטר; או – מה שמסתמן כאסטרטגיה הולכת ומתרחבת בקרב מי שאינו בעל עליונות טכנולוגית – אסטרטגיה של רדוקציה טכנולוגית. בעולם בניין הכוח, אסטרטגיה זו היא המקבילה של לוחמת גרילה ושל הניסיון לנצח באמצעות אי-הפסד.

הרדוקציה הטכנולוגית היא בחירה מכוונת ביציאה ממרוץ החימוש ובאמצעים פרימיטיביים מבחינה טכנולוגית, כאלה שהשימוש בהם פשוט, ההצטיידות בהם זולה ומהירה והם פוגעים בנקודות התורפה של היריב הבוטח בעליונותו הטכנולוגית. אין באמצעים אלו כדי להגיע להכרעה של האויב בשדה הקרב, אך הגם שלא מדובר ביכולות מכריעות, לרצף הישגים יכולה להיות השפעה רבה. רדוקציה טכנולוגית מאפשרת באופן אירוני מעבר מהפסד למצב של יתרון טקטי, גם אם זמני. היא מאפשרת להשיג תכליות אסטרטגיות במחיר נוח ולמנוע מהצד השני, הצד בעל העליונות הטכנולוגית, להכריע במערכה.

יתר על כן, ככל שיתרבו העימותים האסימטריים וככל שיגבר השימוש בטכנולוגיה אזרחית למטרות צבאיות, כך צפויה האסטרטגיה של רדוקציה טכנולוגית בבניין הכוח להפוך לשכיחה יותר. לכן, התעלמות מרדוקציה טכנולוגית כאסטרטגיה של ממש עלולה לגבות מחירים גבוהים מצבאות חזקים. ראוי שיבינו רציונל זה לעומק בבואם לפתח ולהצטייד בדורות מתקדמים ויקרים יותר של טכנולוגיות צבאיות, ויגדירו לעצמם היטב את תכליתם האסטרטגית.

מצד שני, עליהם גם להיות זהירים ולהבין את מגבלותיה של הרדוקציה הטכנולוגית, ולא לראות בה פתרון אולטימטיבי כנגד טכנולוגיה עילית. השימוש בה מוגבל לצד שבעיקר עסוק במגננה, ולא בהכרעת הצד השני. תוחלת החיים שלה אינה גבוהה והיא אינה יכולה לחפות לאורך זמן על נחיתות צבאית וטכנולוגית מהותית, אלא בזמנים מסוימים ובתרחישים מסוימים,

ובעיקר מול צד חזק, שעקב מגבלות ואילוצים שונים, לאו דווקא מבצעיים, אינו פועל במלוא כוחו להכרעת הצד החלש יותר.

כאשר מביטים קדימה אל ממדי לחימה נוספים, יהיה מעניין מאוד לחפש מקרים של רדוקציה טכנולוגית בממד הסייבר. האם צבאות יאמצו פיתוחים אזרחיים ויפתחו נזקות פשוטות יחסית כדי להסב נזק משמעותי למעצמות סייבר? האם יפתחו נזקות בסיסיות ביותר, עד כדי כך שלא יהיה ניתן או כדאי לפתח להן מענה? והאם בכלל ממד הסייבר, אשר טכנולוגיית העילית היא מרכיב כל כך דומיננטי בו, מאפשר ליישם רדוקציה טכנולוגית? אנו מציעים להקדיש מחקר ממוקד לשאלות כדוגמת אלה, בראי המסקנות של מאמר זה.

אביתר מתניה הוא פרופסור בבית הספר למדע המדינה, ממשל ויחסים בינלאומיים באוניברסיטת תל אביב, ומכון שם כראש התוכנית לתואר שני בלימודי ביטחון וכראש התוכנית לתואר שני בפוליטיקה, סייבר וממשל, וכן כפרופסור נלווה בבית הספר לממשל באוניברסיטת אוקספורד. הקים את מערך הסייבר הלאומי של ישראל ועמד בראשו. eviatarm@tauex.tau.ac.il

ארז סרילוי שירת כראש מדור בחטיבת המחקר באמ"ן, כיום הוא סטודנט לתואר שני במדע המדינה באוניברסיטת תל אביב. sl.erez@gmail.com

מקורות

- בן-ישראל, י' (1997) תורת היחסות של בניין הכוח. **מערכות 352-353**, 42-33. <https://fliphtml5.com/gcjin/vdzn>
- בן-ישראל, י' (2013). **תפיסת הביטחון של ישראל**. מודן.
- ברון, א' וולנס, כ' (2010). המהפכה בעניינים צבאיים של הציר הרדיקלי. **מערכות 432**, 17-4. <https://online.fliphtml5.com/gcjin/v4-17>
- דבורי, נ' (2018, 21 ביוני). קרן הלייזר שתשיד עפיוני תבערה. **N12**. www.mako.co.il/news-military/security-q2_2018/Article-4ce584d3a432461004.htm
- זיגלר, א' (2018, 9 ביולי). קרב אוויר-אוויר: הלוחמים החדשים נגד טרור העפיונים. **מקור ראשון**. <https://www.makorishon.co.il/news/60859/>
- זיתון, י' (2020, 27 בינואר). רחפן צה"ל שנפל לידי חמאס שימש לפגיעה בטנק. **Ynet**. <https://www.ynet.co.il/articles/0,7340,L-5666988,00.html>
- יגנה, י' (2020, 6 בפברואר). יותר מ-90% הצלחה: מערכת הלייזר שמירתת בלוני נפץ הפכה למבצעת. **וואלה!**. <https://news.walla.co.il/item/3339451>
- ישי, ר' (2020). רחפנים: עידן חדש של לוחמה נגד אוויר. **מערכות 487**, 33-28. <https://online.fliphtml5.com/gcjin/qheo/#p=1>
- לבב, ה' (2017, 2 באפריל). מערכת "קלע דוד" הוכרזה כמבצעת. אתר חיל האוויר. <https://www.iaf.org.il/4458-49109-he/>
- IAF.aspx

- Gat, A. (2012). The 'revolution in military affairs' (RMA) as an analytical tool for the interpretation of military history. In D. Adamsky, & K. I. Bjerga (Eds.), *Contemporary military innovation* (pp. 19-31). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203112540>
- Haghshenass, F. (2008). *Iran's asymmetric naval warfare* (Policy Focus No. 87). The Washington Institute for Near East Policy. <https://www.washingtoninstitute.org/policy-analysis/irans-asymmetric-naval-warfare>
- Hall, C. (2014). Reconnaissance drones: Their first use in the cold war. *Air Power History* 61(3), 20-27. <http://www.jstor.org/stable/26276490>
- HSDL – Homeland Security Digital Library (2009). *Iran's naval forces: From guerilla warfare to a modern naval strategy*. U.S. Office of Naval Intelligence. <https://www.hsdl.org/?abstract&did=697317>
- JCoS – Joint Chiefs of Staff (as amended). *DoD dictionary of military and associated terms*. Joint Electronic Library. <https://www.jcs.mil/Portals/36/Documents/Doctrine/pubs/dictionary.pdf>
- Lake, D. R. (2012). Technology, qualitative superiority, and the overstretched American military. *Strategic Studies Quarterly* 6(4), 71-99. https://www.airuniversity.af.edu/Portals/10/SSQ/documents/Volume-06_Issue-4/05-Lake.pdf
- Lawrence, T. E. (2014, November 6). T. E. Lawrence on guerrilla warfare. Britannica. <https://www.britannica.com/topic/T-E-Lawrence-on-guerrilla-warfare-1984900>
- Lifshitz, I., & Meents, A. (2020, November 17). *The paradox of precision: Nonstate actors and precision-guided weapons*. War on the Rocks. <https://warontherocks.com/2020/11/the-paradox-of-precision-nonstate-actors-and-precision-guided-weapons/>
- Mahnken, T. G., & Watts, B. D. (1997). What the Gulf war can (and cannot) tell us about the future of warfare. *International Security* 22(2), 151-162. <https://doi.org/10.1162/isec.22.2.151>
- Mao, T. (1965). A single spark can start a prairie fire (1930, January 5). In *Selected Works of Mao Tse-tung Volume 1* (pp. 117-128). Foreign Languages Press. https://www.marxists.org/reference/archive/mao/selected-works/volume-1/mswv1_6.htm
- NTI – Nuclear Threat (2019, October 17). *Iran Submarine Capabilities*. <https://www.nti.org/analysis/articles/iran-submarine-capabilities/>
- Paarlberg, R. L. (2004). Knowledge as power: Science, military dominance, and U.S. security. *International Security* 29(1), 122-151. <https://doi.org/10.1162/0162288041762959>
- Pearson, L. (1969). Developing the flying bomb. In A. O. Van Wyen (Ed.), *Naval aviation in World War I* (pp. 70-73). The Chief of Naval Operations. <https://www.history.navy.mil/content/dam/nhhc/research/histories/naval-aviation/naval-aviation-in-world-war-i/pdfs/naval-aviation-in-wwi.pdf>
- Posen, B. R. (2003). Command of the commons: The military foundation of U.S. hegemony. *International Security* 28(1), 5-46. <http://doi.org/10.1162/016228803322427965>
- לורבר, ע' (2016). המודיעין הטכנולוגי: למה ואיך? המרכז למורשת המודיעין. https://www.intelligence.org.il/editor/assets/H_096_16_1264952943.pdf
- מבקר המדינה (2009). דוח שנתי 59: מוכנות לזמן חירום – תהליך קבלת ההחלטות לפיתוח ולהצטיידות במערכות להגנה אקטיבית כנגד רקטות קרקע-קרקע (רק"ק). משרד מבקר המדינה. https://www.mevaker.gov.il/he/Reports/Report_335/72ecde03-2fc7-41a2-b3c2-f9b5c820a8b9/c-1-1-ver-2.pdf
- מירדור, ד' ואלדד, ר' (2018). תפיסת הביטחון של ישראל – דו"ח הוועדה לגיבוש תפיסת הביטחון (ועדת מרידור) ובחינתו בחלוף עשור. מזכר 182, המכון למחקרי ביטחון לאומי (INSS). <https://www.inss.org.il/he/publication/t-security-sisrael-of-formulation-on-report-committee-the-committee-meridor-concept-security-the-later-years-t>
- מל"מ – מרכז המידע למודיעין ולטרור (2018, 6 במאי). "עפיפוני תבערה": אמצעי חדש לגרימת נזקים לישראל במסגרת ההפגנות האלימות של "צעדות השיבה הגדולה". https://www.terrorism-info.org.il/app/uploads/2018/05/H_119_S.pdf
- מל"מ – מרכז המידע למודיעין ולטרור (2018, 28 ביוני). מיסוד "טרור ההצתות" על ידי חמאס. https://www.terrorism-info.org.il/app/uploads/2018/06/H_167_17.pdf
- עמידור, י' (2007). עקרונות המלחמה בעימות האסימטרי. מערכות 416. <https://online.fliphtml5.com/gcinv/kucw/#p=1>
- עמידור, י' (2020). תפיסת הביטחון הלאומי של ישראל. בין הקטבים 28-30. <https://www.idf.il/media/7876.19-34.2/%D7%A2%D7%9E%D7%99%D7%93%D7%A8%D7%95%D7%A8-%D7%A7%D7%95%D7%91%D7%A5-%D7%9C%D7%90%D7%AA%D7%A8.pdf>
- פינקל, מ' ופרידמן, י' (2016). שבעה עשורים ליתרון האיכותי של צה"ל. בין הקטבים 9. <https://www.idf.il/media/69.43-66.07/%D7%94%D7%92%D7%99%D7%9C%D7%99%D7%95%D7%9F-%D7%94%D7%9E%D7%9C%D7%90.pdf>
- צורי, מ' (2018, 4 בנובמבר). מחאת הצעירים: תלמידי עוטף עזה צועדים 90 ק"מ לירושלים. Ynet. <https://www.ynet.co.il/articles/0,7340,L-5388293,00.html>
- צורי, מ' (2019, 24 ביוני). 14 שריפות בעוטף עזה: אש באתר הנצחה ובלון תבערה בגן ילדים. Ynet. <https://www.ynet.co.il/articles/0,7340,L-5534767,00.html>
- Arasli, J. (2007). *Obsolete weapons, unconventional tactics, and martyrdom zeal: How Iran would apply its asymmetric naval warfare doctrine in a future conflict* (Occasional Paper Series No. 10). George C. Marshall European Center for Security Studies. <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/ADA478853.pdf>
- Biddle, S. (1996). Victory misunderstood: What the Gulf war tells us about the future of conflict. *International Security* 21(2), 139-179. <https://doi.org/10.1162/isec.21.2.139>
- Corfield, G. (2017, April 26). Drone maker DJI quietly made large chunks of Iraq, Syria no-fly zones. The Register. https://www.theregister.com/2017/04/26/dji_drone_geofencing_iraq_syria/
- DJI. (n.d.). MATRICE 600 [Fact sheet]. <https://www.dji.com/matrice600>
- FitzSimonds, J. R., & Van Tol, J. M. (1994). Revolutions in military affairs. *Joint Force Quarterly* 4, 24-31. <https://ndupress.ndu.edu/portals/68/Documents/jfq/jfq-4.pdf>

Zych, J. (2019). The use of weaponized kites and balloons in the Israeli-Palestinian conflict. *Security and Defense Quarterly* 27(5), 71-83. <https://doi.org/10.35467/sdq/108677>

הערות

- 1 בהשאלה מהמושג conversion capability (Tellis et al., 2000), המתייחס ליכולת של מדינה להמיר משאבים לאומיים לעוצמה צבאית. (p. 143)
- 2 כך למשל עיראק ניסתה במשך שני עשורים (שנות ה-70 וה-80 ותחילת שנות ה-90) להגיע ליכולת גרעין, אך כשלה בכך. כך איראן מנסה כבר יותר משני עשורים להגיע ליכולת כזו ומשלמת מחירים כבדים בגין מאמץ זה, שעד כה לא צלח.
- 3 מגננה (defensive) היא מצב יסוד ברמה האופרטיבית והאסטרטגית, ההופכי למצב יסוד של מתקפה. במגננה מוטלת על הכוח הצבאי המשימה להגן על שטחו מפני מתקפת האויב. במהלך מגננה ניתן גם להשתמש בצורות קרב שונות – של התקפה ושל הגנה כאחת, ולכן חשוב לא לבלבל בין מגננה לבין צורת קרב של הגנה.
- 4 שמואל א' פרק י"ז, פסוק נ'.
- 5 "תחבולה" במשמעות של ploy, cunning plan. יעקב עמידור (2007) על עקרון התחבולה בעקרונות המלחמה של צה"ל: "הפתעה משמשת לה בסיס, אך עיקרה זיהוי התורפה ונקודת ההכרעה והפעלת המאמץ העיקרי לעברן" (עמ' 6). "המהות" של התחבולה היא ניצול ההפתעה כדי ליצור את היכולת להכות את האויב בנקודת התורפה שלו ... " (עמ' 8). היות שעסקינן בנחיתות טכנולוגית מובנית ובויתור על הכרעה צבאית, אנו מאמצים את הדגש של עמידור על הקשר בין תחבולה לנקודת תורפה (ובמישור הטכנולוגי – תחבולה טכנולוגית המכוונת לנקודת תורפת טכנולוגית), ולא את הדגש על הכרעה.

- Raudzens, G. (1990). War-Winning weapons: The measurement of technological determinism in military history. *The Journal of Military History* 54(4), 403-434. <https://doi.org/10.2307/1986064>
- Reich, S. (2009, December 1). *The threat of midget subs today*. PBS NOVA. <https://www.pbs.org/wgbh/nova/article/threat-midget-subs/>
- Roblin, S. (2019, July 26). *Should the U.S. navy take Iranian submarines as a serious threat?* The National Interest. <https://nationalinterest.org/blog/buzz/should-us-navy-take-iranian-submarines-serious-threat-69212>
- Rossiter, A. (2018). Drone usage by militant groups: Exploring variation in adoption. *Defense & Security Analysis* 34(2), 113-126. <https://doi.org/10.1080/14751798.2018.1478183>
- Singh, A. (2011). "Dark chill in the Persian Gulf": Iran's conventional and unconventional naval forces. *Maritime Affairs* 6(2), 108-132. <https://doi.org/10.1080/09733159.2010.559788>
- Tellis, A. J., Bially, J., Layne, C., & McPherson, M. (2000). *Measuring national power in the postindustrial age: Analyst's handbook*. Rand. https://www.rand.org/pubs/monograph_reports/MR1110.html
- Thompson, W. R. (1999). The military superiority thesis and the ascendancy of western Eurasia in the world system. *Journal of World History* 10(1), 143-178. <https://doi.org/10.1353/jwh.2005.0028>
- USAF – US Air Force (2015, September 23). *MQ-1B predator*. <https://www.af.mil/About-Us/Fact-Sheets/Display/Article/104469/mq-1b-predator/>