

סוגיות עכשוויות באמנות המערכה

# בין הקטבים

## מלחמת "חרבות ברזל" ב'



מרכז דדו  
לחשיבה צבאית  
בין-תחומית



מאמרי הגיליון  
זמינים לקריאה גם  
באתר מרכז דדו



# מערכי ההגנ"א החדשים מכופפים את כנף הכטב"ם, את טילי התקיפה וגם את המסוקים

תא"ל (מיל') שחר שוחט ויאיר רמתי<sup>1</sup>

מערכי ההגנ"א הנוכחיים והעתידיים שונים מאלו שהכרנו בעבר, במשך למעלה מ-100 שנים, והם אכן הצליחו לאחרונה לכופף גם את כנף הכטב"ם, את טילי התקיפה ואת המסוקים. משחקי החתול והעכבר בין ההגנה האווירית לכלי הטיס, צברו תנופה בשנים האחרונות והתרחבו לתחומים חדשים. לא עוד מיקוד ביירוט פלטפורמות אוויריות (ע"ע נגד מטוסים - נ"מ) כי אם דרישה הולכת וגוברת לטיפול יעיל בחימושים, בכטב"מים, ברקטות, בטילים ועוד. הלחימה במזה"ת, באוקראינה ואף ב"חרבות ברזל", אימתה אבחנה זו ואכן יש לצפות לעיצוב שונה וחדש של שדה המערכה האווירי כבר בעתיד הקרוב.

## מבוא

התפתחויות השנים האחרונות בתחום הלוחמה האווירית ההגנתית, מבשרות על שינויים שיכולים להפוך למשמעותיים. הן משרטטות וקטורי השפעה על מרחב מצבי הלחימה בעולם, באוקראינה ובמזה"ת, היום ובעתיד הנראה לעין. להיכן בדיוק יוליכו וקטורים אלו את שדה המערכה העתידי? בשלב זה קשה להעריך. צפויה כנראה דיפרנציאציה בין הזירות השונות בעולם, ותידרש פרספקטיבת זמן לגזור הערכות משמעותיות ומבוססות אודותן.<sup>2</sup> ראוי להעיר כי לעיתים, התפתחויות אלו אינן מתכתבות עם הנחות היסוד הצבאיות והביטחוניות שאליהן הורגלנו בעשורים האחרונים, כך עפ"י דוחות אודות ההגנ"א באוקראינה (Rostker, 2023). בירור ולימוד המציאות המעודכנת בתחום הלוחמה האווירית והפנמתה, יצריכו תקופת הסתגלות של הצבאות בעולם. כל אחד בקצב שלו, בסביבת הלחימה הרלוונטית אליו ובמגבלות המעטפת התעשייתית והתקציבית שבה הוא מצוי.

<sup>1</sup> תא"ל (מיל') שחר שוחט הוא סמנכ"ל אסטרטגיה בחטיבת מערכות להגנה אווירית ברפא"ל, לשעבר מפקד הגנ"א בחיל האוויר; יאיר רמתי הוא יו"ר RSL ואיש עסקים. לשעבר ראש מנהלת "חומה" במשרד הביטחון.

<sup>2</sup> ראו דיון טרום הלחימה העצימה באוקראינה ו"חרבות ברזל", (Borchert et al. 2021).

כעובדה מוצקה המתחדדת בשנים האחרונות, התעשיות הביטחוניות הישראליות העוסקות בהגנה אווירית חוות את משמעותן של התפתחויות אלו בשווקים הגלובליים שבהם הן פועלות, בדמות מסעות רכש ועלייה חדה בביקוש דווקא בסגמנט שוק זה.

## הרעיון המרכזי

### עולם ההגנ"א הטכנו־טקטי מתעצב מחדש, ובקצב מהיר

- ◆ מערכות ההגנ"א בעולם, מעדכנות מיצוב ומרחיבות את ספקטרום המשימות המוטלות עליהן.
  - התוצאה הראשונה המסתמנת - הלוחמה האווירית משנה פניה.
  - התוצאה השנייה המסתמנת - סביבת הלחימה החדשה של ההגנ"א, באוקראינה ובמזה"ת, משתנה. היא דוחפת להגדלת היקף הכוח, לזינוק ברמות מלאי המיירטים ולהסטת דגשים בשדה הקרב.
- ◆ בפועל, הולך ומתפתח דו־קרב ממושך ושוחק בין החימוש המדויק מנגד (STAND OFF) לרבות פלטפורמות השיגור שלו, לבין מערכי ההגנה האווירית, ע"ע "משחקי חתול ועכבר"

## תצפיות משדות הקרב

עד פתיחת המערכה באוקראינה בפברואר 2022, נצבר בעולם ניסיון מבצעי בלתי מבוטל, שהתאפיין בסביבת לוחמה קצרה, לרוב פחות עצימה. דוגמה מובהקת היא הלחימה בחבל גורנו־קראבאך בין ארמניה לאזרבייג'ן שבה נראו ניצני אש מדויקת מנגד, מטוסי סיוע קרוב, מסוקי קרב, כטב"מים חמושים מול ההגנ"א בשני צבאות שונים בגודלם ובאופיים (שוחט ורמתי, 2021). בזירתנו, הוא התבטא בתקיפות של הפרוקסי האיראני החות'י, שממנו סבלו כחמש שנים סעודיה ואיחוד האמירויות, שספגו את האש ארוכת הטווח שלהם. החות'ים, נעדרי כוח אווירי מוטס, הפעילו בהצלחה בלתי מבוטלת מגוון אמצעים מנגד - רקטות, טילים בליסטיים, טילי שיוט וכטב"מים בעוצמה ובדרגות סנכרון משתנות.

איראן, שאף היא כמעט נטולת חיל אוויר משלה, הפגינה תקיפה מדינתית, על מתקני הנפט של ערמקו בסעודיה (14 בספטמבר 2019), תוך שימוש משולב של כטב"מי נפץ עם טילי שיוט, מהסוג שתקף כ־5 שנים אחר כך את ישראל, במהלך "חרבות ברזל".

באותה תקופה ניכרו ניצני ההתמודדות של מערכות ההגנ"א מול כטב"מים חמושים ובהם נרשמו, לראשונה, שני כישלונות של מערכי ההגנ"א מזרחי מדגם פנציר (PANTZIR) קצר הטווח, מול כטב"מים טורקיים חמושים TB-2 בזירת סוריה ולוב. במקביל, הוצגו הצלחות מתועדות של חיל האוויר הישראלי לפגוע במטרות בעומק

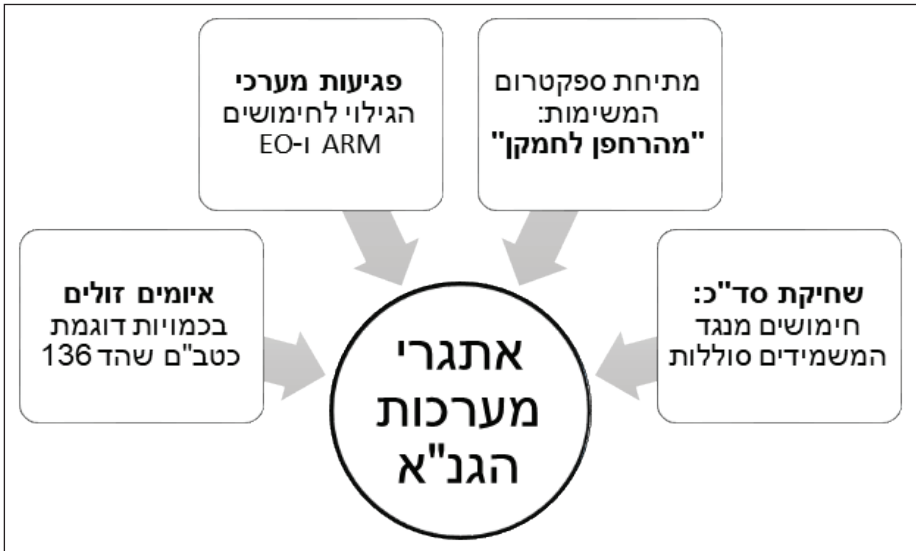


בסוריה בנוכחות מערך הגנ"א משמעותי בסוריה. ניסיון דומה מהלחימה בנגורנו-קראבך של כטב"מים חמושים אזריים, לרוב מהשבוע השני והשלישי לחימה מול הגנה אווירית ארמנית שנשחקה עד מועד זה, הצביע דווקא על עליונות הכטב"ם הטורקי החמוש.

כבר בפתיחת הלחימה באוקראינה, במהלך פברואר-אפריל 2022, חזה העולם באפקטיביות הרבה, אף כי לא ממש מפתיעה, של טזק"א (MANPADS) לצד טילי הנ"ט (ATGM) מהדורות האחרונים, כאשר הם נפרסו בהיקפים רבים מול כוח אווירי ומשוריין של מעצמה - רוסיה (Mitchell, 2024). שילוב צפוף של טילים אלו, גרם לאבדות כבדות בלתי נסבלות במערך מסוקי הקרב הרוסי, ומטוסי הסיוע הקרוב SM25-SU עד כדי שיתוקם (Rostker, 2023; Sharma, 2023).

לרוסים לא נותרה ברירה והם נאלצו לשלוף את מרבית כלי הטיס הללו מהחזית תוך שהם מותירים פער בכוח האש שנשען על ארטילריה בעיקר. מנגד, מערך ההגנ"א הרוסי העצמאי (PVO) גרם, בשבועות בודדים, לקריסת כוח הכטב"ם החמוש האוקראיני שהורכב מ-50 פלטפורמות TB-2 טורקיות חמושות, עד היעלמותו מהזירה (Stoll, Hoehn and Courtney, 2024).

זהו ציון דרך חשוב בהיסטוריית ההתמודדות של כטב"מים בינוניים ויקרים, מול מערכי הגנ"א מתקדמים (HELOU, 2023; Tiwari, 2023; Axe, 2023).



יותר משימות יירוט, עלייה ברמת הסיכון ושחיקת הכוח, לצד צורך במיירטים רבים וזולים

גם ההגנ"א הרוסית הפגינה יכולותיה, תוך שהיא דוחקת את מעט המטוסים האוקראינים מהחזית. התגובה הרוסית להצלחות ההגנ"א האוקראיניות ארכה כמה חודשים ונשענה על 4 נדבכים (Bronk, Reynolds and Watling, 2022). הראשון - הסגה

לאחור של מערכי הקרב והימנעות מהפצצה ישירה (חימושים קצרי טווח), שעליה התבסס חיל האוויר הרוסי, תוך מעבר הדרגתי לשיגור פצצות אוויר-קרקע גולשות (STAND OFF) מאולתרות. השני - שימוש אינטנסיבי בחימושים מדויקים ארוכי טווח מנגד (STAND OFF): טילי שיוט ממגוון סוגים, טילים בליסטיים, כטב"מים מתאבדים (המונח כטב"ם המיוחס לכלי טיס איראני זה אשר נע עצמאית לכיוון אחד ללא תקשורת לאחור - עלול להטעות. זהו יותר "טיל שיוט איטי וזול". במערב הוא מכונה לרוב: one-way attack drone) שנרכשו מאיראן והורכבו ברוסיה, ואפילו טילים היפר-סוניים. קצב השיגורים נותר גבוה עד היום (MacDonald, Brinson, Brown and Sivorka, 2024), והוא ניצב על רמה של כ-600 חימושים לחודש. מדובר בעדות מובהקת ליכולת הייצור המופלאה של הרוסים (MacDonald, Brinson, Brown and Sivorka, 2024). השלישי - ניצול סד"כ הולך וגדל של משוטטים אלקטרו-אופטיים מסוג LANCET 3, שההגנה האווירית בעולם, מתקשה לטפל בהם - לצורך תקיפת מטרות נעות. והאחרון - שימוש ברחפנים חמושים (לרוב רחפנים מסחריים מהירים - הנקראים בעגה המקצועית FPV) שמקורם מסחרי, ברום הנמוך הטקטי. גם מול קטגוריה זו המענה של מערכי הגילוי וההירוט - חלקי מאוד ובעייתי למדי.



צברים של כלי תקיפה רוסיים בקייב, כולם של חימוש מנגד<sup>3</sup>

תוצאות התנגשות זו, מזווית ראייתם של מפקדי ההגנ"א האוקראינית, היו מעורבות. באופן ייחודי לאוקראינה, הם נדרשו לבצע מעבר חפוז, שארך כשנה, מצידוד מזרחי לסוללות הגנ"א מערביות שתרמו מדינות אירופה וארה"ב. כתוצאה מכך, התפתח

<sup>3</sup> By Kyivcity.gov.ua, CC BY 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=132001507>

בעבור האוקראינים סיוט לוגיסטי בדמות ריבוי סוגי מערכות טק"א. גם הפער הגדול באמצעי גילוי ושליטה, שזוהה כבר בפתירת הלחימה, לא "נסגר" במהלך כשנתיים, עקב פגיעות רציפות ומתמשכות של הרוסים במכ"מים האוקראיניים.



מטוס התראה רוסי A-50 מדגם שהופל על ידי אוקראינה<sup>4</sup>

סוגיית ההתמודדות עם צריכת מיירטים בקצב חדש ובלתי מוכר, שרוקנה בהדרגה לא רק את מלאי המיירטים באוקראינה אלא גם זה הקיים באירופה ובארה"ב, נותרה תלויה ועומדת. בחלוף כשנתיים המערב איננו מצליח "לסגור" את הפער הזה (LaMear, 2024). גם המאמצים להקטין את הפגיעה בסוללות ההגנ"א האוקראיניות שנגרמה מהחימוש המדויק וארוך הטווח הרוסי, התבטאו בהצלחה חלקית בלבד (ע"ע: "מי יגן על המגינים?") (Novikov, 2024). מכאן המצוקה האוקראינית שהביאה לכדי פניות / לחצים דחופים לגרמניה ולצרפת לספק עוד סוללות הגנ"א לאוקראינה (Novikov, 2024; Carlson, 2024).

### מעבר הדרגתי בהגנ"א בזירות הלחימה בעולם:

מיירוט פלטפורמות -> ליירוט חימושים שגוזר קפיצה בצריכת מיירטים

במקביל, מערכי ההגנ"א האוקראיניים הציגו לא מעט הישגים משמעותיים. הם יירטו לילה-לילה, חלק מאמצעי התקיפה המדויקים מנגד ששיגרו הרוסים. אף כי הרבה פחות מההצהרות המתלהמות של משרד ההגנה האוקראיני. והעיקר - רשמו פרק חדש במניעת גישה A2/AD (Anti-Access/Area Denial) (Bowsher, 2023) של מטוסים רוסיים לשטח אוקראינה ואף עשרות קילומטרים רבים בתוך המרחב

By Maxim Maksimov - <http://russianplanes.net/EN/ID51728>, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=16187177>

**האווירי הרוסי**. התוצאה - חיל האוויר הרוסי (VKS) איננו יכול יותר להטיל פצצות קצרות טווח מעל אוקראינה (Sankaran, 2023). זוהי כנראה מגמה חדשה ומשמעותית למדינות המערב הנשענות על חיל אוויר חזק ומודרני אשר בגינה אנו עדים להשקעה מזורזת בחימושי תקיפה מנגד יבשתיים בזירה זו. כאמור, האוקראינים מטפחים את תפיסת ה"מ ההתקפי" (Kasapoğlu, 2024); הרוסי שמצא את ביטויו בהישגי יירוט אסטרטגיים דוגמת הפלת 2 מטוסי משימה, 3 מטוסי מודיעין, מפציץ אסטרטגי טופולב 22 משודרג, מטוסי תובלה ואף מטוסי קרב..

### אתגרים המשותפים לשני הצדדים באוקראינה

כצפוי, היכולות הטכנולוגיות ומשאבי ייצור החימושים המדויקים מנגד, הופכים בשדה הקרב לפערי הגנה אווירית דומים בשני הצדדים (Altman, 2023), שמוצאים את ביטויים בפגיעה בסוללות הגנ"א בעומק השטח, על ידי אמצעי תקיפה מנגד אלקטרו-אופטיים - ARM (Anti-Radiation Missile) וטילים בליסטיים עם פצצונות. מזה למעלה משנה ששני הצדדים אינם מצליחים להציב מענה יעיל לרחפני התקיפה המסחריים למחצה, אשר פועלים בחזית באמצעות "מציאות רבודה" (FPV First Person View), לא על ידי הגנה "רכה" וגם לא "קשה". הם גם מתקשים בניהול ובשליטה ברום הנמוך בעוד ששדות תעופה, בסיסים ימיים ומתקנים קריטיים מושמדים, עקב בצד אגודל, ללא שמערכי ההגנה מצליחים למנוע זאת. ולבסוף, אמצעי ההגנה לפלטפורמות הנעות ברום הנמוך כמו מסוקים וכטב"מים - אינם מועילים הרבה (Cacara, Gilli, Machetti and Zaccagnini, 2022, pp. 130-171).



## ומה מתרחש בהגנ"א במזרח התיכון?

אמנם מערכי ההגנ"א בזירתנו, הם דלילים ובחלקם אף מיושנים, אבל עדיין נרשמו בה לא מעט הפלות של כטב"מי (MALE medium-altitude long-endurance unmanned aerial vehicle) חמושים בעיראק, בתימן/חות'ים ואף בישראל/לבנון. יש אף המרחיקים לכת והסבורים כי לסקטור ה-MALE בעולם הכטב"מים, להבדיל מכלי טיס בלתי מאוישים קטנים וטקטיים או חמקניים, נשקף עתיד קודר.

כאמור, בהגנה מול איומים אוויריים במזה"ת בחמש השנים האחרונות, התרחשו מספר אירועים שכללו תקיפות משולבות ולעיתים מסונכרנות זמן, של טילי שיוט, כטב"מי נפץ, טילים בליסטיים ורקטות. בספטמבר 2019 כשל מערך ההגנ"א הסעודי מול מתקפה איראנית משולבת של טילי שיוט וכטב"מי נפץ על מתקני הנפט של ARAMCO, אבל בהמשך הפגין כמה הצלחות בהגנה על שטח המדינה בפני החות'ים.

ואכן, גם במזה"ת מסתמן דפוס דומה לזה שבאוקראינה: מחד גיסא, צמצום "מרחב המחיה" של כטב"מים גדולים יחסית ממשפחת ה-MALE שטסים מעל אזורים שבהם נמצאים מערכי ההגנ"א, גם אם דלילים. מאידך גיסא, פריחה והצלחה מבצעית לכלים הקטנים, מקצתם חד-כיווניים (one-way attack unmanned aircraft) (Ferguson and Lemler, 2024), זאת לצד טילי נ"ט ארוכי טווח, שהפכו בזירה המזרח תיכונית לכלי תקיפה מדויק מנגד, שמדגים שלושה פערים: בתו"ל, בהצטיידות של חיישנים ובאמצעי יירוט צה"ליים.

יצוין כי בלימת המתקפה המשולבת האיראנית ב-14 באפריל 2024 היוותה ציון דרך תודעתי, מבצעי וכנראה גם היסטורי. זהו אירוע ייחודי שמצדיק ראייה שונה, ומאמר נפרד.

באופן כללי, ניכרים כמה קווי דמיון נוספים למתרחש באוקראינה: נרשמת צריכת מיירטים גבוהה עקב שילוב של סדר כוחות תוקף גדול, עם ציפייה ציבורית ליירט את כל האיומים, בכל מקום וכל הזמן. הרוק"ק (הרום הקרוב לקרקע) מסתמן כתחום מורכב לטיפול, וגם האיום ההולך וגובר על מערכי הגילוי וההגנ"א - שטרם התממש במלוא חריפותו, למעט ביב"א (יחידת בקרה אווירית), ועוד מפקדות, כגון בלון "טל שמיים" בצפון - טומן בחובו אתגרים לעתיד.

השוני הבולט יותר, הוא האיום החדש והבלתי פתור, לפי שעה, על כלי שיט צבאיים כאזרחיים באזור מפרץ באב אל מאנדב על ידי החות'ים. הללו עושים שימוש מוצלח באמצעים מגוונים שמקורם בתעשיית הנשק האיראנית: טילי שיוט, כטב"מים וטילים בליסטיים. בפועל, האיראנים באמצעות שלוחיהם החות'ים (PROXI) מצליחים להטיל מצור ימי ממושך על מרבית התנועה במיצרים אלו. עניין שהפך למשבר עולמי שחרף התארגנות בין-לאומית, סופו כלל איננו נראה באופק.



### הבריתות האזוריות המתהוות באספקלריית ההגנ"א

בזירת הלחימה שבין אוקראינה לרוסיה, בולטת התמיכה המתבקשת המערבית, האירופאית/אמריקאית ואפילו מהמזרח הרחוק, במימון ובכל ציוד הגנתי אפשרי בעבור אוקראינה. בפועל, הלחימה שם "שואבת" סוללות הגנה אווירית וטילים מכל רחבי העולם המערבי. בצוק העיתים היא אף זוכה לקדימות עולמית בייצור סוללות "פטריוט" על בסיס המימון האמריקאי האחרון. (Babb, 2024)

האירוע המרתק הוא דווקא הברית האזורית במזרח התיכון שנקמה, לפחות דה־פאקטו, בהגנה אווירית על ישראל ביירוט טילי שיוט וכטב"מים חות"ים. השת"פ האזורי החל בפרופיל נמוך עוד באוקטובר 2023: יירוט טילים "נושמי אוויר" אלו, במהלך תנועתם לאורך הים האדום בדרך לישראל, על ידי ספינות של ארה"ב, בריטניה, צרפת וכנראה גם כלי טיס שנעו מעל שטח סעודיה, באמצעות מערכותיה. כאמור, את אירועי התקיפה האיראנית ב־14 באפריל שבה הברית האזורית ההגנתית יושמה בקנה מידה רחב יותר, נסקור במאמר נפרד.

### ממד הזמן ומשך הלחימה והשפעתם על צריכת הימושים

יסוד מרכזי נוסף אשר משפיע באופן מכריע על היקפי צריכת הימושי ההגנה (וההתקפה), מגיע מכיוון כמעט חיצוני, למרבית ההיבטים הקלאסיים של הלוחמה האווירית. ניתן להעריך, בהכללה מסוימת, כי אי־היכולת להשיג הכרעה באש מנגד ללא תמרון קרקעי, מחייבת לחימה יבשתית **ממושכת** מול צבאות ומול ארגוני טרור חמושים היטב, שמתארכת לכדי חודשים ושנים – עיראק, אפגניסטאן, סעודיה – איחוד האמירויות מול החות"ים וכעת גם ישראל (Matisek, Plaster, Reno, 2024). המגבלות על האש המדויקת מנגד ועל חלק ממהלכי התמרון היבשתי מוכרות היטב, ובמסגרתן ניתן למנות: לחצים מדיניים מבני ברית ומהקהילה הבין־לאומית, יישום אורתודוקסי (סלקטיבי?) של הדין הבין־לאומי, היבטי תקשורת ומוסר שמחייבים סיוע הומניטרי, רגישות חברתית לנפגעים שמאיטה תמרון וכדומה. וכך, נוסף על המשימות החדשות של מערכי ההגנה האווירית, הם נאלצים להתמודד גם עם **התארכות הלחימה**. זו כמובן מגדילה, כמעט ליניארית, את רמות המלאי הדרושות של הימושי הגנ"א (וההתקפה) לצד שחיקת מערכים עקב פגיעות מדויקות מאש מנגד של היריב ובסיכום: נדרשים הרבה יותר מיירוטים ומערכות יירוט (Goksedef and Chervonenko, 2023; Burlakova, 2024).

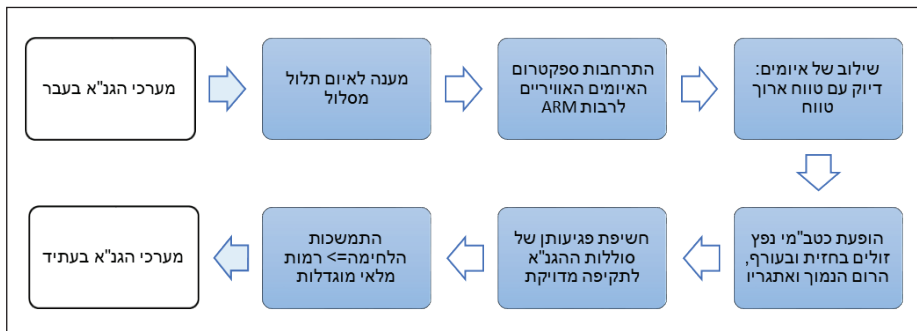
### ההגנ"א בעולם

פרסומים שונים, הצהרות בכירים וכתבות בעיתונות המקצועית מאשרים כי המגמות הללו מקרינות על מקבלי ההחלטות בעולם. הן תדחפנה את שווקי ההגנ"א למתן מענים לאיומים החדשים על פי הניסיון וההיקפים שנצברו באותם עימותים. ניתן לסכם מגמות אלו, שעוצמתן משתנה מזירה לזירה, בקווי מתאר כלליים. תפיסת

**ההגנ"א הרב-שכבתית**, מתחילה לחלחל בעולם. כך גם הצורך הגובר **שבהשרדת מערכי ההגנ"א** מול איומים מדויקים מנגד (STAND OFF) - גובר והולך.

הלחימה בכל האזורים הציפה את הצורך החיוני שבמערכי גילוי מורכבים: **שילובי** מכ"מים, שיטות העסקה עקיפות (EOR/LOR - Engage On Remote), (EOR - Launch On Remote), שילוב אמצעים אלקטרו-אופטיים וסיגינטיים (מודיעין אותות) והצבעות ממערכות אמריקאיות (לרוב מהחלל). כל אלו משלבים גם אמצעי שו"ב ותקשורת מורכבים, לרבות יכולות AI (Artificial Intelligence). כמו כן, ריבוי משימות חדשות הכרוכות בהתמודדות עם חימוש המוני, והתמשכות העימותים, גוזרים צורך ברמות **מלאים** גדולים. המשמעות הכמעט בלתי נמנעת - עדיפות למיירטים זולים, במקביל ליישום עקרונות של "כלכלת חימושים".

אתגר השרדתן של פלטפורמות אוויריות קריטיות נותר ללא מענה בדומה למציאת **אמצעי** ההגנ"א נגד כטב"מים זולים (UAS-C) לטיפול יעיל בשטחים נרחבים באיומי הרום הנמוך. כמובן, שנשק ה"חלום" של לייזר/נשק אנרגיה נותר כסנטימנט ציבורי קבוע, מלווה בציפייה דרוכה, להופעתו המיידית. לא מעט סימנים מעידים כי דווקא מדינת ישראל תהיה החלוצה ליישומו במערך ההגנ"א היבשתי במקביל ל"כיפת ברזל".



**מסלול ההתפתחות של מערכי הגנה אווירית בעולם (כל זירה עם דגשה)**

נדבך שכאמור נחשף לאחרונה, הוא מרכיב השת"פ הבין-לאומי שנועד למיצוי משאבים: INTEROPERABILITY עם ארה"ב, מידע מודיעיני, נתוני עקיבה מחיישני שכנים, ניצול מרחבים אוויריים וימיים, שיתוף במלאי מיירטים ובמערכות יירוט. הוא מחייב הערכות מדינית, טכנולוגית ומבצעית (לפחות תרגילים משותפים). זהו יסוד מובהק של ייצוב אזורי ומשלוח מסר נכון לתוקפים למיניהם.

"כיפוף כנף" המטוס, הכטב"ם (ממשפחת MALE), טילי התקיפה והמסוקים, היא תופעה שהולכת ומתבהרת בשדות הקרב השונים. אין משמעותה שטילים אלו חסומים הרמטית מלנוע בעומק הצד השני. הדיון מתמקד במופעיו החדשים של משחק ה"חתול ועכבר" שבו עסקנו בעבר. ביניהם: באיזה מחיר כלכלי ומבצעי מושגת החדירה? והאם בסופו של יום לא יצליח המתגונן לבסס לעצמו עמדת מניעת גישה יעילה (A2/AD)? התשובה ההולכת ומתחזקת לשאלה זו נוטה להיות חיובית.

ויש גם תחומים בולטים פחות, דוגמת תותחנות מתקדמת שבה, למעט הודו, כמעט ולא נרשמה מגמה מובהקת להשקעה. אוויר-אוויר - ביצועי היירוט של מטוסי היירוט האמריקאיים/ הבריטיים/ הצרפתיים והישראליים מול התקיפה האיראנית - הרשימו את הכול. עדיין זה נתפס כאירוע ייחודי, שנשען על מידע מודיעיני שספק אם ניתן להתבסס עליו לעתיד.



טיל אוויר - אוויר מתוצרת רפאל על כנף מטוס, סביר להניח כי שימש כמרכיב יסוד בבלימת טילי שיוט וכטב"מים איראניים שטסו לעבר ישראל ב-14 באפריל 2024 (דובר צה"ל)

### ומה הלאה? השפעות אפשריות על הלוחמה האווירית

מקצת מהשינויים הצפויים בלוחמה האווירית שנובעים מהתפתחות ההגנ"א, הינם ברורים ונסקרו לאורך הכתבה. אחרים - חדים פחות ויידרש עוד זמן להפנימם ולהעריך את השפעותיהם. בהכללה, הם מתחלקים לשלוש קטגוריות: קטגוריה עסקית-טכנולוגית, קטגוריה מבצעית וקטגוריה מדינית-אסטרטגית.

מטבע הדברים, הממד העסקי-טכנולוגי מוצא את ביטויו ראשון על ציר הזמן ולכן אנו ניצבים בו על קרקע יציבה יותר. השינויים הצפויים להערכתנו:

- "שפאגט" - המשך "מתחת" משרעת הדרישות ממערכות ההגנ"א.
- תחילת שילוב יכולות לייזר רב-עוצמה בסוללות קיימות.
- הגנה "קשה" לצד "רכה" לפלטפורמות מסוימות.
- יותר חיישנים ניידים וקטנים - פחות ניידים, מסורבלים ופגיעים.
- מגמת הצטיידות במערכות זולות יותר ובמלאים מוגדלים. זהו אתגר תעשייתי-מבצעי לא פשוט שיחייב פשרות רבות.

- המשך התמודדות מול קשיים בשרשראות האספקה של מערכות יירוט, לצד לחצים כבדים לקיצור זמני אספקה.
- צמיחה בשוק ההגנ"א לצד חימוש מדויק מנגד, רובו פשוט וזול.
- בממד המבצעי:
- טיפול אינטנסיבי ברום הקרוב לקרקע (רוק"ק), לרבות אמצעי גילוי מגוונים לצד מכ"מים, השבחת יכולות שליטה ובקרה, ומיירטים מותאמי משימה.
- התרחבות משמעותית של אזורים, ביבשה ובים, שבהם ההגנ"א מונעת גישה לפלטפורמות מסוימות.
- מענה הגנתי למערכים נייחים אוויריים וימיים הפגיעים לאש מדויקת מנגד, הגנת פרימטר, לצד מתן הגנה ייחודית על סוללות הגנ"א.
- במקביל: מענה הגנתי לאיום האווירי על גבולות ארוכים.
- הקושי לחדור מרחבים אוויריים עם פלטפורמות מוטסות, יתורגם כנראה להצטיידות מסיבית בחימוש מדויק מנגד, זול, ופשוט. המונח המקובל הוא: "טוב דיו" (GOOD ENOUGH).
- בממד המדיני-אסטרטגי:
- יותר משאבים יוקצו להצטיידות במערכי הגנה אווירית ותקיפה מדויקת מנגד. האם על חשבון רכש פלטפורמות? ככל הנראה – כן.
- התרחבותן והתבססותן של בריתות אזוריות וטיפוח יכולות העסקה משותפת ומתואמת. הן יתבטאו בתרגילים משותפים, בממשקים טכניים (INTEROPERABILITY) ובהסכמים "על השולחן" ומתחתיו.
- הסכמים על ניצול מלאים משותפים בין מדינות, התבססות "מועדוני לקוחות" בעלי נכונות להסתכן ולהעביר מערכות הגנה לבני ברית.
- ולסיום, תהליך יישום הלקחים הטכנו-מבצעיים הללו לרבות היקפי מערך ההגנ"א ורמות המלאי של מיירטיו, "ייתפרו" בכל זירה למידות המקומיות במונחים מבצעיים, טכנולוגיים ועסקיים. מטבע הדברים, ההיקפים והצמיחה בשווקים אלו הופכים אותם לסוערים, תחרותיים, תלויי תורת לחימה, ומוטי טכנולוגיה וטעמים מדיניים (שוחט ורמתי, 2021).



## רשימת המקורות

- עציין, אודי (נובמבר 2023). "עסקת ברזל: ארה"ב נערכת לחדש את מלאי המיירטים של ישראל, חוזים לרפאל במיליארדים". **אתר וואלה**.
  - רוחקס דומבה, עמי (24 באוקטובר 2023). "ישראל מתבססת על מלאי קיים של מיירטי כיפת ברזל". *Israel Defense*.
  - שוחט, שחר, רמתי, יאיר (1 באפריל 2021), "משחקי חתול ועכבר - התמודדות ההגנה האווירית עם האיומים המתפתחים". **מערכות**.
- 
- Altman, Howard (September 14, 2023). "New Lessons U.S. Is Learning from The Air War Over Ukraine". *The Warzone*.
  - Axe, David (September 3, 2023). "Ukraine's TB-2 Drones Are Back in Action. That's An Ominous Sign for Russia". *Forbs*.
  - Axe, David (September 15, 2023). "Russia Had Five S-400 Air-Defense Batteries in Crimea. In Three Weeks, Ukraine Blew Up Two". *Forbes*.
  - Borchert, Heiko et al. (2021). "Beware the Hype. What Military Conflicts in Ukraine, Syria, Libya, and Nagorno-Karabakh (Don't) Tell Us About the Future of War". The Defense AI Observatory.
  - Bowsher, Herbert (2023). "Air Denial Lessons from Ukraine", *US Naval Institute Vol. 149/9/1, 447*.
  - Breaking Defense staff (February 23, 2024). "Ukraine war turns 2: Lessons learned and what comes next". *Defense News*.
  - Bronk, Justin, Reynolds, Nick and Watling, Jack (7 November 2022). "The Russian Air War and Ukrainian Requirements for Air Defense". *Royal United Services Institute*.
  - Burlakova, Lera (April 18, 2024). "Ukraine's Frustrated Missile Guardians". *Center for European Policy Analysis*.
  - Cacara, Antonio, Gilli, Andrea, Gilli, Mauro, Machetti Raffaele and Zaccagnini, Ivan (2022). "Why Drones Have Not Revolutionized War - The enduring Hider-Finder Competition in Air Warfare". *International Security (2022) 46 (4): pp. 130-171*.
  - Carlson, Kathryn (April 13, 2024). "Germany to send Patriot air-defense system to Ukraine but holds out on Taurus missiles". *POLITICO*.
  - Chastenet De Gery, Alexandria (April 20, 2022). "The West Needs to Keep Supporting Ukraine with MANPADS". *GMF-US*.
  - Ferguson, D. Max and Lemler, Russell (May 14, 2024), "Understanding the Counter-drone Fight: Insights from Combat in Iraq and Syria". *Modern War Institute*.
  - Gettinger, Dan (June 5, 2023). "One way attack: How loitering munitions are shaping conflicts". *Bulletin of the Atomic Scientists*.
  - Goksedef, Ece and Chervonenko, Vitalii (September 14, 2023). "Russian air defense system destroyed in Crimea; Ukraine says". *BBC*.
  - Helou, Agnes (October 6, 2023). "With Turkish drones in the headlines, what happened to Ukraine's Bayraktar TB2s?". *Breaking Defense*.

- Kasapoğlu, Can (March 6, 2024). "Ukraine Military Situation Report | Special Edition: Ukraine's Air Defense Triumph". *Hudson*.
- LaMear, Geoff (May 24, 2024). "Ukraine's air defense woes can't be fixed by American aid". *Defense News*.
- MacDonald, Alistair, Brinson, Jemal R. Brown, Emma and Sivorka, Ievgeniia (May 13, 2024). "Russia's Bombardment of Ukraine Is More Lethal Than Ever". *The Wall Street Journal*.
- Matisek, Jahara, Plaster, David and Reno, William (March 10, 2024). "Ukraine's War on Four Fronts". *European Resilience Initiative Center*.
- Maxa, Jaroslav (June 16, 2023). "Air War over Ukraine: Lessons for Taiwan". *Security Outlines*.
- Mitchell, Peter (November 3, 2022). "Contested Skies: Air Defense After Ukraine". *Modern War Institute*.
- Mitchell, Peter (January 24, 2024). "AWACS Over the Azov: Takeaways from Ukrainian Air Defenses' Latest Score". *Modern War Institute*.
- Newdick, Thomas (May 24, 2024). "ATACMS Obliterates Russian Air Defense System as It Desperately Tries to Defend Itself". *The War Zone*.
- Novikov, Illia (May 28, 2024). "Ukraine's Zelenskyy gets more air defense missiles from Spain to fight deadly Russian glide bombs". *AP News*.
- Osborne, Tony (December 13, 2023). "Ukrainian Air Defense Coalition Partners Firm Up Plans". *Aviation Week & Space Technologies*.
- Ramati, Yair and Lappin, Yaakov (April 4, 2024). "A Profile of Hezbollah's Almas Missile - Capabilities and Significance". *Alma Research and Education Center*.
- Robertson, Noah and Martin, Chris (February 23, 2024). "Comparing Russian, Ukrainian forces two years into war". *Defense News*.
- Rostker, Shawn (October 19, 2023). "The Right and Wrong Lessons to Learn from Missile Defense in Ukraine". *Center for arms control and non-proliferation*.
- Sankaran, Jaganath (January 22, 2023). "How Ukraine Fought Against Russia's Air War". *Lawfare*.
- Sharma, Ritu (June 27, 2023). "Ukraine's 'Cheap' Missile Outperforms World's Best S-400 Systems in Warzone, Wreaks Havoc on Russian Warplanes". *Eurasian Times*.
- Shoab, Alia (May 28, 2023). "Bayraktar TB2 drones were hailed as Ukraine's savior and the future of warfare. A year later, they've practically disappeared". *Business Insider*.
- Stoll, Hunter, Hoehn, John and Courtney, William (2024). *Research & Commentary*. RAND Corporation.
- Stoll, Hunter, Hoehn, John and Courtney, William (February 22, 2024). "Air Defense Shapes Warfighting in Ukraine". *RAND*.
- Suci, Peter (March 12, 2024). "Russia Claims Major Hit: Patriot Air-Defense System Destroyed in Ukraine". *The National Interest*.
- Supinsk, Sergei (November 24, 2024). "Ukraine conflict: Ukrainian air defence employs passive sensors for detection and tracking". *JANES*.

- The Economist explains (April 6, 2022). "What are MANPADS, the portable missiles bringing down Russian aircraft"? *The Economist*.
- Tiwari, Sakshi (April 11, 2023). "Russia 'Shot Down' Over 100 Bayraktar TB2 Drones in The Ukraine War & Kicked Them Out of Action - Moscow". *Euro Asian Times*.
- Tirpak, John A. (August 22, 2023). "USAFE Boss Says Counter-IADS is His Top Priority and Lesson from Ukraine". *Air & Space Forces Magazine*.
- Taylor, Dan (February 09, 2024). "Ukraine provides key lessons for missile defense radar on the battlefield". *Military Embedded Systems*.