

# מהפכת רחפני ה-FPV ומשמעותיה ללוחמת היבשה וליתר הממדים

יעקב בנג'ו וגיא נ'י



אוניברסיטת בר-אילן  
עיונים בביטחון המזרח התיכון מס' 212

## **מהפכת רחפני ה-FPV ומשמעויותיה ללוחמת היבשה וליתר ממדי הלוחמה**

**יעקב בנג'ז' וגיא נ.**

# מהפכת רחפני ה-FPV ומשמעויותיה ללוחמת היבשה וליתר ממדי הלוחמה

## The FPV Drone Revolution and Its Implications for Ground Warfare and Multi-Domain Operations

Yacov Bengo and Guy N.

מרכז בגין-סאדאת למחקרים אסטרטגיים (בס"א)  
אוניברסיטת בר-אילן  
רמת גן 5290002  
טל' 03-5318959  
besa.center@biu.ac.il

ISSN 0793-1042

**מאי 2025**

© כל הזכויות שמורות  
תמונת שער: דובר צה"ל

## מרכז בגין-סאדאת (בס"א) למחקרים אסטרטגיים

מרכז בגין-סאדאת למחקרים אסטרטגיים (מרכז בס"א) עורך מחקרים מכווני מדיניות בנושאים אסטרטגיים - במיוחד בנושאים הקשורים לביטחון הלאומי של ישראל ולמדיניות החוץ שלה - ובסוגיות אזוריות במזרח התיכון.

פרסומיו של מרכז בס"א מכוונים אל מקבלי ההחלטות הישראלים הבכירים במערכת הפוליטית, במסד הביטחוני ובשירות החוץ של ישראל, וכן אל הסגל הדיפלומטי, התקשורת, הקהילה האקדמית, מנהיגי הקהילות היהודיות ברחבי העולם והקהל המשכיל באופן כללי.

המרכז מקיים כנסים בין-לאומיים, הרצאות ותדרוכים המיועדים לקהל בין-לאומי ומקומי. באירועים אלה משתתפים מומחים מובילים בתחומם מן האקדמיה ואנשי מעשה מהארץ ומחו"ל. מרכז בס"א פיתח שיתופי פעולה פוריים עם מכונים מובילים בתחום המחקר האסטרטגי בכל רחבי העולם.

## ועד מנהל

פרופ' אמנון אלבק, פרופ' גיל אפשטיין, פרופ' רמי גינת, פרופ' יהושע טייטלבוים, מר זהר ינון, פרופ' גלית נהרי, פרופ' אריה צבן, פרופ' ג'ונתן ריינהולד, פרופ' איתן שמיר.

## צוות המרכז

מנהל המרכז: פרופ' איתן שמיר

חוקרים: פרופ' דני אורבך, תא"ל (מיל") ערן אורטל, פרופ' אפרת אביב, ד"ר שי אטיאס, סא"ל (מיל") ד"ר רפאל בוכניק-חן, ד"ר זיו בורר, פרופ' יעלי בלוך-אלקון, אלוף (מיל") ד"ר יעקב בנג'ו, סא"ל (מיל") ד"ר שאול ברטל, ד"ר לורן דגן עמוס, אלוף (מיל") גרשון הכהן, ד"ר עדו הכט, השגריר מיכאל הררי, תא"ל (מיל") ד"ר מוני חורב, פרופ' ולדימיר (זאב) חנין, פרופ' יהושע טייטלבוים, פרופ' אודי לבל, ד"ר אלון לבקוביץ, סא"ל (מיל") דוד לוי, מר צח משה, פרופ' שמואל סנדלר, פרופ' יונתן פאקס, ד"ר אייל פינקו, ד"ר נתנאל פלמר, פרופ' אפרים קארש, ד"ר עוזי רובין, ד"ר אלישבע רוסמן, ד"ר יעלי רטיג, פרופ' יונתן ריינהולד, אל"מ (מיל") שי שבתאי, מר רן שגב, סא"ל (מיל") ד"ר דני שוהם, ד"ר אמירה שיף, פרופ' שלמה שפירא.

מרכזת: אלונה ברינר

מנהלת משרד ושיווק דיגיטאלי: שני שריקי

עריכה באנגלית: יהודית לוי

# מהפכת רחפני ה-FPV ומשמעויותיה ללוחמת היבשה וליתר ממדי הלוחמה

יעקב בנג'ו וגיא נ.

## תקציר

מהפכת רחפני ה-FPV\* משנה בצורה עמוקה את לוחמת היבשה ואת יתר ממדי הלחימה. אין מדובר בעוד אמל"ח חדש או גאדג'ט טכנולוגי בתפוצה רחבה, אלא במהפכה של ממש המשפיעה על טכניקות הלחימה, אופן התארגנות הכוחות וניהול הקרב הטקטי - עד כדי שינוי מהות התחבולה עצמה. הרחפן התוקף, הפשוט לכאורה, מאלץ את החשיבה הצבאית להתעדכן ולזנוח תפיסות עבר שהיו רלוונטיות לעידן המלחמה הקרה ולמבצעי לוחמה נגד טרור, אך אינן מספקות מענה בשדה הקרב הנוכחי.

כישלונה של אוקראינה בניסיון לבצע מתקפת נגד מערכתית בקיץ 2023, תוך הישענות על סד"כ ודוקטרינת נאט"ו ואמל"ח מערבי - מהווה הוכחה חיה לכך שמה שהיה נכון אתמול, אינו רלוונטי היום. נדמה כי גנרלים רבים בברית נאט"ו טרם הפנימו את עומק השינוי שעבר שדה הקרב - שינוי שלא ניתן להתעלם ממנו או "לאפר אותו" באמצעות שדרוגים נקודתיים.

צבאות רוסיה ואוקראינה מתמודדים כבר למעלה משנתיים בזירה זו, והם נאלצו - בלית ברירה - ללמוד, להתאים ולשנות. במידה רבה, מה שהם כבר הספיקו לשכוח, רוב צבאות העולם טרם התחילו ללמוד. המסקנה ברורה: מי שייכנס לקרב הבא בלי שהפנים את עומק מהפכת ה-FPV לא יפסיד בנקודות, אלא בנוקאאוט. המאמר עוסק בתיאור המהפכה ומשמעויותיה לבניין והפעלת הכוח.

---

\* FPV – First Person View: כינוי לרחפן מתאבד זול.

ד"ר יעקב בנג'ו הוא חוקר בכיר במרכז בס"א, אלוף במילואים שכיהן בתפקידו האחרון כראש מנהל התכנון של צה"ל. מומחה בבניין כוח ובהפעלת הכוח הצבא. גיא נ' עובד באלביט מערכות, חטיבת תקשוב וסייבר.

### ייחודיות האמל"ח - FPV משנה את כללי המשחק

המרכיב המרכזי במהפכת ה-FPV טמון לא רק בעצם קיומו של אמל"ח חדש, אלא בייחודיותו הטכנולוגית והתפעולית, אשר הופכת אותו לא רק לאמצעי תקיפה, אלא לכלי משנה תפיסת לחימה. בראש ובראשונה, יש להצביע על טווח הפעולה המרשים של רחפני ה-FPV. הרחפנים הנפוצים מסוגלים לפעול בטווחים של עד עשרה ק"מ, כאשר דגמים מתקדמים מגיעים אף לעשרים ק"מ. המשמעות הטקטית ברורה - פגיעה מדויקת במטרות בטווחים רחוקים מבלי לחשוף את המפעילים לסיכון ישיר. ראוי לציין כי טווחים של מעל עשרים ק"מ הם נדירים, ובטווחי השלושים-ארבעים ק"מ ניתן לראות את הצבא הרוסי מפעיל מערך משולב של קבועי כנף, דוגמת אורלון (לסירור) ולאנסט (לתקיפה)\*, בתצורה של 3-5 מוקדי שליטה בחטיבה. יכולת זו מחזקת את היתרון שמעניק ה-FPV הן לתקיפה והן לאיסוף מודיעין ברמת דיוק גבוהה.

בצד הדיוק, מצוידים הרחפנים במצלמות המאפשרות תצפית בזמן אמת על שדה הקרב והנחיה מדויקת לעבר המטרה. יכולת זו הופכת את הרחפן לכלי קטלני במיוחד כנגד מטרות קטנות וניידות. ה-FPV מתאים לשורת משימות מבצעיות ממוקדות: תקיפת כלי רכב משוריינים, פגיעה מדויקת במבנים וביצורים (באמצעות חדירה לחלונות ופתחים קטנים), וסיכול מטרות אדם איכותיות כמו צלפים או מפעילי נ"ט, לעיתים עוד בשלב התנועה העורפית - עדות לעומק החדירה והאפקטיביות של הכלי.

הרחפן מעניק יכולת סיוע קרוב לכוחות מסתערים ברמת קרבה ודיוק שכוחות האוויר והאש המסורתיים אינם יכולים להתחרות בה - תסריט שהוגדר בעבר כבלתי אפשרי עקב מגבלות טווחי בטיחות. במקביל, הרחפן מצטיין גם כנ"מ זול: יכולת הפלת רחפנים טקטיים קבועי כנף הפועלים למשימות איסוף, תוך שילוב בין דיוק לבין גובה טיסה נמוך.

בממד התמרון, הרחפנים מפגינים עליונות מובהקת - ביכולתם לעקוף מכשולים ולשנות מסלול תוך כדי תנועה, בהתאם לתנאי השטח ולפעולות האויב. תמרון זה מאפשר גישה למרחבים לא שגרתיים, הפתעה טקטית, ויכולת איגוף חדשה מהאוויר. מעבר לכך, הטווחים הארוכים מאפשרים ריכוז מסת רחפנים תוקפים

\*אורלון (Orlon) כטב"מ סיור טקטי תוצרת רוסיה, לאנסט (Lancet) משוטט מתאבד טקטי תוצרת רוסיה.

מנקודות רבות בשטח, כאשר צוותים מבוזרים גיאוגרפית פועלים במקביל ליצירת ריכוז גיאוגרפי של אש בנקודת תקיפה ממוקדת - שילוב חדשני בין ביזור לבין שליטה ממוקדת.

חסינותם של הרחפנים ללוחמה אלקטרונית, היא פן חשוב וחיוני בעידן המודרני, שהתאפשר בשל המעבר להפעלה מבוססת סיב אופטי. מהלך זה העניק לרחפני ה-FPV יתרון מובהק: לא רק שהם חסינים ללוחמה אלקטרונית, אלא שגם מפעיליהם זוכים לחסינות. לא ניתן לאכן אותם בעת הפעלה בסיב אופטי, מה שמקטין משמעותית את סיכויי השיבוש או הנטרול מהצד שכנגד.

לסיכום, השילוב בין טווחים ארוכים, דיוק גבוה, ריבוי משימות, תמרון גמיש, חסינות מתקדמת ועלות נמוכה הופך את רחפני ה-FPV לא רק לאמל"ח יעיל, אלא למהפכה מבצעית של ממש. מדובר בכלי שמשנה את כללי המשחק, עם השפעה ישירה על מבנה הכוח, תחבולה, ניהול הקרב, וסוגי המטרות שביכולת הצבא לפגוע בהן.

### **שינויים טקטיים בלחימה בעידן ה-FPV קריסת הדוקטרינה הקלאסית**

ההתפתחות הדרמטית של רחפני ה-FPV והפיכתם לאמל"ח בעל תפוצה רחבה ויעילות גבוהה יצרה לא רק אתגר טכנולוגי חדש, אלא אף הולידה שינויים עמוקים בשדה הקרב הטקטי ובטכניקות הלחימה של כוחות היבשה. הקרב הקלאסי, המושתת על ריכוז סד"כ, מרכזי כובד ברורים, ושימוש במסה כתנאי להצלחה - מתמוטט תחת עינו הפקוחה והקטלנית של הרחפן הזעיר. בראש ובראשונה, נחשף שינוי יסודי: לא ניתן לרכז סד"כ פלוגתי ומעלה מבלי להיחשף. למעשה, כל ניסיון לריכוז כוח מעל היקף של פלוגה מוקטנת, מוביל לגילוי מידי, ולאחריו לתקיפה ולהשמדה.

כתוצאה מכך, המגן נאלץ לפזר את מערכיו על פני שטח נרחב, תוך הסתמכות משמעותית על עמדות דמה (או לא מאוישות), שהופכות למרכיב הכרחי בהונאת האויב ובשימור ההגנה. אין עוד "עמדות מפתח" חזקות ומוגנות - המרחב ההגנתי נעשה דליל ועמוק יותר. מן העבר השני, גם התוקף משנה את גישתו: ההתקפות אינן עוד תמרוני עומק בריכוז סד"כ, אלא מבוצעות באמצעות "חיצים" מבוזרים דלי עוצמה למרחקים קצרים יחסית - צק"פ מוקטן ממוכן או קבוצות סער רגליות מחלקתיות. אלה פועלים בקצב איטי יחסית, תוך הישענות על סיוע רחפנים וארטילריה, שמחליפים את העוצמה המרוכזת בקרקע עם עוצמה אווירית מבוזרת ומתוזמנת.

ריכוז האש מהתווך האווירי - ולא ריכוז הכוח - הופך להיות מנגנון ההכרעה המרכזי. תמרון קרבי מתקיים על פני שטח רחב יותר מבעבר, כאשר רק"ם מחויב להיות בתנועה תמידית - כל עצירה עלולה להוביל להשמדה מיידית. תהליך המעבר מכינוס להיערכות מבצעית מחייב ביזור, תוך דגש על עמדות בודדות עבור כל כלי רכב או כיתת לוחמים, במטרה למנוע תקיפות מרוכזות או איכון יעיל של האויב.

גם המערכים הלוגיסטיים משתנים מן הקצה אל הקצה. ריכוזי תחמושת, אתרי פינוי פצועים ונקודות הספקה - כולם מתרחקים מקו המגע, תוך הסתמכות על כוחות קטנים, מהירים וגמישים לשם העברת ציוד או חילוץ.

במציאות החדשה החפ"קים הופכים למלכודות מוות ברות איכון. הפתרון הוא כניסה למרתפים, שימוש בתקשורת קווית/לוויינית והפחתה דרמטית של שידור אלקטרוני. רק כך ניתן להפעיל גורם פיקוד ושליטה מבלי להפוך יעד לאיתור והשמדה מיידית.

ולמרות השינוי הדרמטי בכל רמות הכוח - רמת החטיבה ממשיכה לשמש כמוקד הקרב הטקטי. הקרב החטיבתי מתנהל על פני זמן ארוך יותר, בנוי ממגוון כוחות קטנים ומבוזרים, והוא משמר את יכולת התחבולה באמצעות ריכוז סיוע אש מדויק - רחפנים וארטילריה - כחלק ממערך משולב עם הכוח הקרקעי. תזמון, תמרון, ואפקטיביות בסיוע האווירי הקרוב הם מרכיבים חדשים בתורת הלחימה הקלאסית.

### **מהפכת ה-FPV כיכולת מערכתית - מתיאום טקטי לתפיסת לחימה כוללת**

מה שהחל כאמל"ח חדשני בשימוש ספוראדי הפך במערכה בין רוסיה לבין אוקראינה, בתהליך שהתרחש תוך פחות משנה, למרכיב מרכזי בתפיסת הלחימה המודרנית. מהות השינוי טמונה במעבר מגישה טקטית מבוזרת לתפיסה מבצעית מערכתית סדורה, בה הופעלו רחפני FPV באופן שיטתי, מתואם ומובנה כחלק בלתי נפרד ממערך הקרב. בליבת הגישה הזו עומדת חלוקה ברורה בין **מאתרים** - רחפנים קלים וזולים שנעים בחופשיות בעומק החזית ומאתרים מטרות, לבין **ציידים** - אשר מקבלים את המטרות, מדרגים אותן לפי סדרי עדיפות, ומבצעים תקיפה מדויקת בהתאם. מדובר באבולוציה מבצעית - הרחפן חדל מלהיות אמצעי עזר נקודתי והפך לכלי לחימה מערכתית, המחייב ארגון, הפעלה, שליטה וסיוע מהדרג המטכ"לי ועד לרמת הכיתה.

נתונים עדכניים מצביעים על ייצור של למעלה ממיליון כלים מבצעיים לכל אחד מהצדדים - כמות שמספיקה על מנת לשנות את כללי המשחק. השילוב של ה-FPV כחלק ממערך הלחימה הכולל בא לידי ביטוי ביכולות סיוע, איסוף, תקיפה, ומודיעין - תוך תיאום מלא עם כוחות קרקעיים ואוויריים. כל אלה מאפשרים פעולה מבצעית מדויקת, קטלנית ומהירה, עד כדי כך שמרחב קו המגע בעימות הפך ל"מכתש מוות" שבו לא ניתן לשהות בשטח פתוח יותר מ-15 דקות. הגבול שבין לחימה ישירה לבין העומק הופך מעורפל - קווי החזית מתרחבים לעומק של ארבעים ק"מ ויותר, וכמעט שאין בו מטרות נייחות גלויות - כל מטרה סטטית מושמדת במהירות. מרחב החזית התרוקן.

השלכות הגישה המערכתית אינן מסתיימות בציר ההתקפי - גם ההגנה הפכה לסוגיה מערכתית. מפקדים שניסו להתמודד עם מערך ה-FPV באמצעות ירי נרחב לעומק על אזורי ההפעלה של מפעילי הרחפנים - הצליחו במידה מוגבלת בלבד. ככל שגדל טווח האמל"ח (45 ק"מ ויותר), כך מתרוקנת האפקטיביות של אמצעים ישנים, והטקטיקות הקיימות הופכות לשאלות פתוחות. ההכרעה כבר אינה מושגת בכוח האש בלבד - היא תוצאה של ניהול מערכתי מדויק.

לצד זאת, התפתחו שינויים מהותיים בהתארגנות הכוח בשטח, שנועדו לתמוך בהפעלה היעילה של ה-FPV. בקרב חטיבתי ממוצע נעשה שימוש בעשרות רחפנים ביום, וכמעט כל חטיבה מחזיקה יותר מעשרה צוותים ייעודיים - כ-90% מהם מוקדשים ל-FPV תוקף, ו-10% לאיסוף. צוות רחפנים הפך למרכיב קבוע בכל צק"ג, ולעיתים גם בקבוצת סער פלוגתית (צק"פ). כל צוות מורכב מצמד תפקודים - מאתר ותוקף - עם שליטה מרוכזת על-ידי מ"פ, מג"ד או מח"ט, המפעילים את הרחפנים והארטילריה כחלק ממערך הסיוע הקרוב. היכולת לתזמן ולתאם את פעולת הרחפנים לצד הכוחות הקרקעיים הופכת למפתח מרכזי בהשגת הישגים טקטיים בשדה הקרב.

התפתחות זו שינתה את כללי ההפעלה המסורתיים - הרחפן כבר אינו רק תומך בכוח, אלא מחליף לעיתים את מרכיבי האש המסורתיים, ובעיקר יוצר שכבת תקיפה נוספת, הנעה בקצב שונה, מעל ובין הכוחות, תוך שהוא מספק גמישות מבצעית מהירה בעלות נמוכה.

### **המהפכה שמנפצת עלויות, תחליפים ואיזונים: השאלות שמעלה מערך ה-FPV**

ככל שהשימוש ברחפני FPV הולך ומתמסד לכדי מערך מבצעי סדור, עלות שאלות יסוד אשר טורדות את החשיבה הצבאית העולמית - שאלות שבליבתן נמצאת ההבנה שה-FPV איננו עוד "תוסף טקטי", אלא אמל"ח משבש תפיסות. אחת השאלות המרכזיות והמהדהדות ביותר נוגעת ליחס עלות-תועלת. רחפן FPV חמוש, לרוב תוצרת מדף או הרכבה חצי-מאולתרת, עולה כ-500 דולר בלבד. גם אם נניח ששיעור הפגיעה האפקטיבי עומד על אחד מחמישה - הרי שעלות תקיפה אחת באמצעות רחפנים אינה חורגת מ-2,500 דולר. בהשוואה, טיל ג'אוולין עולה כ-78,000 דולר, פגז 155 מ"מ פשוט עם מרעום כ-3,000 דולר, טיל קורנט - 30,000 דולר, וטיל הלפיר כ-150,000 דולר. מדובר בפערים דרמטיים, שמחייבים בחינה מחודשת של האפקטיביות מול עלות בכל מרכיבי האמל"ח המוכר.

השאלה אינה רק כלכלית. ה-FPV מצב אתגר עומק בזהותו ובתפקודו כתחליף. ברחבי שדות הקרב באוקראינה, ה-FPV הפך להיות אמל"ח מחליף כמעט אוניברסלי. בתחום סגירת המעגלים המודיעינית - הוא תפס את מקומו של מל"טים טקטיים, לא בזכות איכותם הגבוהה של הרחפנים, אלא עקב חסינותם הגבוהה ותפוצתם הרחבה. בתחום התקיפה המדויקת - הרחפן מחליף את מגוון אמצעי האש המסורתיים: טילים נגד טנקים (נ"ט), תותחים בכינון ישיר כולל תותחי טנקים, ואף תותחי ארטילריה רגילים. למעשה, בכל מקום שבו דרושה פגיעה מדויקת הפך ה-FPV לאופציה ראשונה, לא גיבוי.

ה-FPV כבש גם את הרובד המערכתי: מערכי מסוקי הקרב, שבעבר היו נדבך הכרחי בלחימה משולבת, איבדו רלוונטיות כאשר מסוקים חדלו להופיע בקו החזית מחשש להשמדה מיידית (על-ידי ה-FPV). גם מערך הצילום ארוך הטווח נשחק - רחפני FPV מסוגלים לנוע לעבר המטרה, לאשש אותה בשטח, ולתקוף אותה באותו "סשן" מבצעי - מה שהופך את סגירת המעגל הקלאסית למיותרת. יותר מכך, מערך הכטמ"מ הטקטי, הסובל ממחסור תמידי בכטמ"מים ומתקלות תקשורת, הוחלף בפועל על-ידי FPV זול ויעיל. אין כמעט יחידה מבצעית - ארטילריה, שריון או חי"ר - שלא אימצה את הרחפן כ"יד שלישית": סיוע, איסוף ותקיפה. והבשורה הגדולה: אפילו מערך הנ"ט, שהיה עמוד התווך של הגנה מול תמרון שריון - מאבד מחשיבותו. ה-FPV מציע תקיפה זולה, פשוטה, זמינה,

ובעיקר - רב-כמותית. הקונספט של "מספרים גדולים מנצחים" חוזר לשדה הקרב, רק מהאוויר.

השלכות מהפכת ה-FPV לא פוסחות גם על שאלת העליונות האווירית. חיל האוויר, בתצורתו הנוכחית, מתקשה להבטיח עליונות אווירית ברום הקרוב - כלומר באותו מרחב שבו פועל הכוח היבשתי. לא זו בלבד, אלא שגם **חופש הפעולה האווירי** של הכוח האווירי המאויש נפגע - עד כדי כך שכל מסוקי הקרב והתובלה נעלמו מקווי המגע מחשש מפגיעה של ה-FPV. בפועל, הכוחות הקרקעיים נדרשים "ללחום לבד" בזירה האווירית - תוקף ומגן כאחד נלחמים ברום הקרוב על שליטה נקודתית ואזורית, במנותק מהזרועות האחרות. זהו שינוי עמוק במבנה הלחימה המשולבת - מצב שבו האוויר כבר אינו מרחב בטוח, אלא מרחב קרב עצמאי.

לצד אלו, עולה שאלה מרתקת - **כיצד ייראה יחס האדם-מכונה בעידן ה-FPV?** רחפנים מקושרים כיום לרוב באמצעות סיבים אופטיים, מה שמאפשר תקשורת חזקה, עמידות גבוהה בלוחמה אלקטרונית, ובעיקר - פוטנציאל טכנולוגי אדיר. ניתן להעריך בביטחון שלא ירחק היום שבו מערכות AI ולמידת מכונה יכנסו לשירות מבצעי ויאפשרו אופטימיזציה של מערך FPV שלם. במקום להפעיל כל רחפן ידנית, יוקצו משימות ל"נחילים" בהתאם לטווחים, חימושים, סנסורים, סוגי מטרות, ותנאי השטח. מהלך כזה יביא להפחתה דרמטית בכמות המפעילים הנדרשת, יוזיל את עלויות ההכשרה, וישפר את קצב התגובה והדיוק של התקיפות - והכול ללא צורך במעורבות אנושית ישירה. בעתיד הסביר של לוחמת הרחפנים נראה מערך אוטונומי, מבוסס תפוקה ומשימה, עם קיצור דרמטי בזמני תגובה ויכולת תפקוד בסביבה רוויה איום.

**היכן נמצאת החשיבה הצבאית ביחס למהפכת ה-FPV - בין עיוורון תפיסתי לבין הזדמנות אסטרטגית**

למרות נתוני השטח הברורים, ניסויי הקרב המרובים והאפקטיביות יוצאת הדופן של רחפני ה-FPV החשיבה הצבאית ברוב צבאות העולם עדיין מפגרת אחר המציאות המבצעית. חסמים תפיסתיים משמעותיים מונעים את עיצובם של פתרונות הולמים, ומותירים את המערכים המבצעיים בעידן טרום רחפנים בעוד ששדה הקרב מתנהל כבר בליגה אחרת. בראש ובראשונה, קיים חוסר הבנה עמוק בהתפתחות האמל"ח. בתחילת המלחמה באוקראינה, רחפן תוקף נתפס כיכולת

מוגבלת להשלכת מטען מגובה - תפיסה שהובילה למענה לא רלוונטי בדמות סבכות ורשתות על רק"ם. אלא שחסינותו של ה-FPV - ללוחמה אלקטרונית והמעבר למתאר תקיפה אופקי - שקטלניותו גבוהה פי כמה - הפכו את הכלי לאיום שלא ניתן להתגונן מפניו באמצעים הקיימים.

מעבר לכך, צבאות - עקב מבנה בירוקרטי, היררכי ותחום אחריות נוקשה - מתקשים לתפוס את התופעה כשלם מערכתי. הדבר מביא לפרגמנטציה רעיונית שבה כל זרוע בוחנת רק ממד אחד: האם מדובר ברחפן? בראש נפץ? באחריות חיל האוויר, היבשה, או המודיעין? מי אמור לתפעל? ואיפה מכשירים? שאלות אלו, שמאפיינות שלב טרום-תפיסתי, מובילות לעיכוב מבני בהבנת הפוטנציאל והשינוי הנדרש. זהו בדיוק אותו מצב שבו מצאו עצמם הצבאות בין שתי מלחמות העולם - עת הומצא הטנק, אך רק מתי מעט הצליחו לדמיין אותו כמכפיל כוח מערכתי, ולא כאמצעי סיוע לחי"ר.

החסם התפיסתי המשמעותי ביותר הוא חוסר ההבנה של **מה הכמות עושה**. העובדה שלמעלה ממיליון FPV מיוצרים בפועל על-ידי רוסיה ואוקראינה - ללא תלות בסין או במערב - נתפסת במסגרות קלאסיות כמספר דמיוני. אך ברגע שמפנימים את משמעות המסה - לדוגמה, מתקפה מסונכרנת של 10,000 רחפני FPV לעומק של עשרה ק"מ - ניתן להבין עד כמה מדובר בשינוי אופרטיבי ואסטרטגי עמוק. כל ניסיון להשוות זאת לנזק שמסוגלת לגרום מערכת נשק מסורתית ממחיש את הפער: אין כיום מענה יעיל ליכולת הזו, וצבא שלא יערך מולה - יפסיד עוד לפני יריית הפתיחה.

### **משמעויות מהפכת ה-FPV עבור ישראל וצה"ל -**

#### **בין דחיפות מבצעית להזדמנות אסטרטגית**

בעת שבה רק רוסיה ואוקראינה הגיעו לתפוקה מלאה של מערך FPV מבצעי - וממשיכות גם כיום להעמיק ולהרחיב אותו - ברור כי מדינת ישראל וצה"ל נדרשים לבצע קפיצה קדימה, לא ברמת הניסוי או הפיילוט, אלא בקנה מידה מערכתי של ממש. הנחת העבודה הסבירה לגבי האויב צריכה להיות כי יאמץ את תובנות הפעלת ה-FPV במלואן - צה"ל יעמוד בפני מערך FPV אדום במיטבו.

המשמעות ברורה: יש להאיץ את קצב ההתקדמות, לאמץ גישה טקטית ומערכתית להפעלת נשק זה, ולהביאו לתוך כלל שורות הכוח בתפוצה רחבה ומבצעית.

ההתנסות של צה"ל במלחמה האחרונה הבליטה היטב את הפערים - הרחפנים נכנסו לזירה המבצעית כתוצאה מדינמיקה של שטח ולא כחלק מתפיסה מגובשת, כאשר סוגיות תרבותיות ומאבקים בין-זרועיים עיכבו את הפעלתם - אך המלחמה, כידוע, אינה מתעניינת באגו מקצועי אלא רק בתוצאה.

העולם הצבאי כיום עוסק בשני מרחבים עיקריים הנוגעים ל-FPV, ושניהם רלוונטיים ישירות לצה"ל. המרחב הראשון הוא **הקרבת המשולב** - במוקדו שאלת ההתארגנות והטכניקות של הפעלת הכוח הקרקעי. על הצבא היבשתי לאמץ הפעלה מערכתית של FPV כחלק בלתי נפרד מהתחבולה המבצעית, ולשלב אותה בגמישות בתמרון. כל זאת תוך שמירה על **עליונות אווירית ברום הקרוב**, כלומר - דאגה להגנה עצמית של הכוח המתמרח מפני FPV אדום, כדי להבטיח לו חופש תנועה. המרחב השני הוא **ההגנה האווירית** - שכן FPV אינו עוד רקטה קצרה או איום סטנדרטי שצה"ל מורגל להדוף. מדובר באיום אופקי, בטווחים של עשרים ק"מ, ביכולת תקיפה המונית - סכנה משמעותית לעורף הישראלי, המחייבת פתרונות אחרים לגמרי ברמה האמל"חית, הטקטית והמערכתית.

הדרך לפתרון אינה במענה נקודתי - אלא בהחדרה רחבת היקף של סוג מסוים של FPV לתוך כלל יחידות צה"ל, באופן שיבנה **מסה קריטית**, שממנה ניתן יהיה לגזור צורות מבצעיות חדשות ולהביא להסדרה מלאה של המערך. לצורך כך יש לפרוץ חסמים בירוקרטיים, בעיקר בצירי הבטיחות והשליטה והבקרה, על מנת לאפשר את השימוש באמל"ח זול ויעיל גם ליחידות הקצה.

למי שמבקש להוביל שינוי, מוצעות מספר פעולות עומק: הקמת **קצין חיל ייעודי**, שירכז את כלל ההיבטים המקצועיים של התחום. הקמה של **מנהלת אמל"ח ייעודית** למערך ה-FPV ולכל מרחב הרום הקרוב לקרקע - בשונה מהחלוקה הנוכחית בין קצין תותחנים ראשי, קצין הגנת גבולות, חה"א, ואמ"ן - חלוקה שלא מאפשרת מיצוי יכולות. בנוסף, יש צורך בהקמת **סימולטורים ייעודיים** שיאפשרו אימון והכשרה איכותיים בזמן קצר, והתאמה של **מערך האחזקה** לתמיכה ברציפות הלחימה של המערך בשטח. כל זאת, תחת ההנחה כי יוקם מערך ייצור המוני לספק את המסה הנדרשת.

לבסוף, יש להבין כי ה-FPV הוא נשק מהפכני, ובצד כחול - נדרשת לא רק הפעלתו, אלא גם פיתוח מקביל של **טכנולוגיות הגנה** יעילות בפני FPV אדום. אמנם, נכון לעכשיו מחיר ההתקפה נמוך בהרבה ממחיר ההגנה - אך ההיסטוריה מלמדת שכאשר המגן מצליח לפתח מענה, הוא הופך לבעל יתרון התקפי\*.

### סיכום - לוחמת FPV כמשנה כללי המשחק בזירה הצבאית

לוחמת FPV משנה באופן יסודי את כללי המשחק בשדה הקרב המודרני. היא מאפשרת פגיעה מדויקת ויעילה במטרות בטווחים ארוכים ובתנאי שטח מורכבים, תוך הפחתה ניכרת של הסיכון לחיי לוחמים ושילוב חלק במערך הלחימה הכולל. עוצמת האתגר שמציב האמל"ח הזה אינה נובעת רק מטכנולוגיה מתקדמת או עלות נמוכה - אלא מהיקף היישומים המבצעיים שניתן להפיק ממנו בגישה מערכתית שלמה, הכוללת תיאום רב-זרועי, איסוף, תקיפה, שליטה ותמרון.

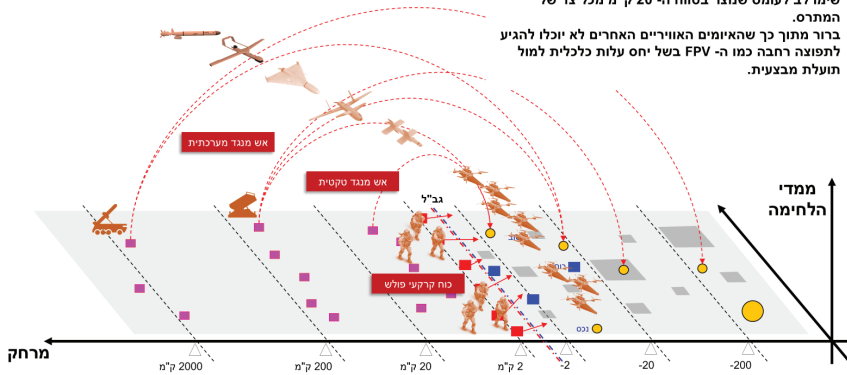
גם אם במבט ראשון מדובר בתופעה מערערת, הרי שלמעשה אלו בשורות טובות. מדובר בכניסת אמל"ח חדש, אפקטיבי ובעל חשיבות מערכתית - כזה שמאפשר יתרון יחסי משמעותי למי שמאמץ אותו בזמן, משלב אותו בתחבולה וממנף אותו לכדי עליונות מבצעית. אך מנגד, עבור מי שאינו נערך בהתאם - המחיר עלול להיות כפול. מי שטרם פיתח מענה מלא לאיומים קיימים, כמו טילי נ"ט, ועל אחת כמה וכמה טרם נערך לאיום ה-FPV ימצא עצמו בנחיתות חמורה, מול צורך כפול של פתרון בעיות ישנות וחדשות בעת ובעונה אחת.

---

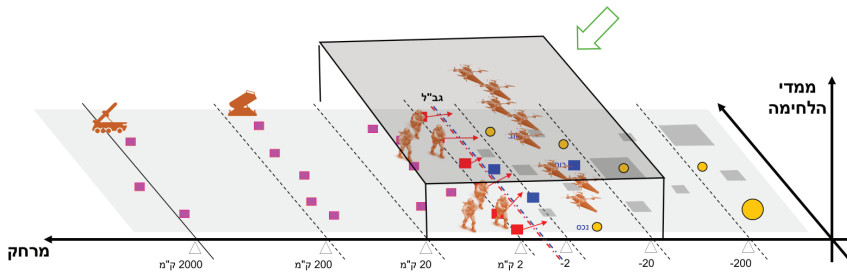
\* הדוגמה הקלאסית לכך היא "מעיל הרוח" אשר שינה את מאזן הכוחות מול טילי נ"ט. כך גם במקרה זה - מי שיפתח ראשון את ההגנה היעילה נגד FPV, יחזיק בידיו את המפתח למערכה הבאה.

## אילוסטרציות תומכות

תמונה מלאה של האימים האוויריים המודרניים בשדה הקרב שימו לב לעומס שנוצר בטווח ה-20 ק"מ מכל צד של המתרס.  
ברור מתוך כך שהאימים האוויריים האחרים לא יוכלו להגיע לתפוצה רחבה כמו ה-FPV בשל יחס עלות כלכלית למול תועלת מבצעית.



מיקוד במרחב הלחימה בעומק של 40 ק"מ. ברור מתוך כך שמושגים כמו עליונות אווירית הגנה אווירית אינם חונים יותר אך ורק בזרוע ובכוח האווירי אלא נחלתם ודרישתם של כוחות היבשה לעצמאות מוחלטת גם מבחינת יכולות התקפיות וגם מבחינת יכולות הגנתיות. הריבוע האפור נועד להמחיש את המרחב האווירי החדש (האם הוא 1500 מטר או 3000 מטר זוהי סוגיה שולית שצריכה להישאל ביחס ליכולות של הכוח האווירי ליצר עליונות אווירית לכוח היבשתי.



## קישורים תומכים

למותר לציין כי יש אלפי סרטונים ומאמרים שרצים ברשת. בחרנו לצרף כאן את הסרטונים שמבהירים ממחישים מבחינתי את הכתוב בנייר.

"A 10-Thunderbolt II in Action • Heavy Hitting Air Power" .YouTube video, 8:11, Posted by "US Military Channel", March, 2024, 1, <https://www.youtube.com/watch?v=zBPdqXs8klw>.

"AUSA 2023- Army Modernization and Future Capabilities." YouTube video, 1:23:24. Posted by "Defense Now," October 10, 2023. <https://www.youtube.com/watch?v=69IQUCXmvl>.

"How the US Military's Drone Swarms Will Dominate Future Wars." YouTube video, 8:08. Posted by "Sandboxx," August 29, 2023. <https://www.youtube.com/watch?v=qWr75snGRyw>.

"Inside Ukraine's Drone War | WSJ Documentary." YouTube video, 26:32. Posted by "Wall Street Journal," February 16, 2024. <https://www.youtube.com/watch?v=POCcM7dM7NI>.

"Inside Ukraine's Surprising Success Against Russia's Military." YouTube video, 12:48. Posted by "Vox," December 21, 2022. [https://www.youtube.com/watch?v=I\\_8hh7iNqdE](https://www.youtube.com/watch?v=I_8hh7iNqdE).

"Russia's War in Ukraine: Explaining the Conflict | Start Here." YouTube video, 12:36. Posted by "Al Jazeera English," February 28, 2022. <https://www.youtube.com/watch?v=Xs8Wa8lXjf8>.

"The Evolution of Warfare in Ukraine | FRONTLINE." YouTube video, 26:23. Posted by "FRONTLINE PBS | Official," February 13, 2024. <https://www.youtube.com/watch?v=DtSrijVb3E9U>.

"Why the US Military is Developing Thousands of Drones." YouTube video, 11:15. Posted by "CNBC," October 1, 2023. <https://www.youtube.com/watch?v=g730zKnitNY>.

## ביבליוגרפיה

**Giffen ,David M** "The Air-Ground Littoral and Great Power Conflict". *Æther: A Journal of Strategic Airpower & Spacepower* 3, no. 3 (2024): 53–66.

**Gventer, Celeste Ward.** "Army Aviation and Decisiveness in the Air-Ground Littoral." *Association of the United States Army (AUSA)*, December 18, 2023. <https://www.ausa.org/publications/army-aviation-and-decisiveness-air-ground-littoral>.

**Horn, Daniel, and Ryan M. Hohman.** "Full Speed Ahead: Integrating Kinetic Drones into the Combined-Arms Battalion." *Association of the United States Army (AUSA)*, February 21, 2024. <https://www.ausa.org/publications/full-speed-ahead-integrating-kinetic-drones-combined-arms-battalion>.

**Kofman, Michael, and Jack Watling.** "Tactical Developments During the Third Year of the Russo–Ukrainian War." *Royal United Services Institute (RUSI)*, February 22, 2024. <https://rusi.org/explore-our-research/publications/commentary/tactical-developments-during-third-year-russo-ukrainian-war>.

## Recent BESA Center Publications

### Mideast Security and Policy Studies

- No. 185 Iran's Killing Machine: Political Assassinations by the Islamic Republic, Ardavan Khoshnood, December 2020
- No. 186 The Battle for the Soul of Islam, *James M. Dorsey*, January 2021
- No. 187 The Caspian Sea as Battleground, *James M. Dorsey*, February 2021
- No. 188 The Abraham Accords: Contrasting Reflections, *Shmuel Trigano*, March 2021
- No. 189 American Development of UAP Technology: A Fait Accompli?, *Franc Milburn*, March 2021
- No. 190 Should Israel Cooperate with the ICC? *Anne Herzberg*, March 2021
- No. 191 The Logic Behind the JCPOA—Then and Now, *Oded Brosh*, May 2021 (English and Hebrew)
- No. 192 Middle East Futures: Defiance and Dissent, *James M. Dorsey*, June 2021
- No. 193 ASMLA: An Empirical Exploration of an Ethno-Nationalist Terrorist Organization, *Arvin Khoshnood*, June 2021
- No. 194 The Laundromat: Hezbollah's Money-Laundering and Drug-Trafficking Networks in Latin America, *Emanuele Ottolenghi*, July 2021
- No. 195 The 2021 Gaza War: The Air Campaign, *Ehud Eilam*, July 2021 (Hebrew only)
- No. 196 The Radicalized Israeli Arabs, *Efraim Karsh*, August 2021
- No. 197 A New Palestinian Authority NGO Decree Might Halt US Aid to the West Bank and Gaza, *Dore Feith*, August 2021
- No. 198 Iran's Nuclear Program: Where Is It Going? *Raphael Ofek*, September 2021
- No. 199 The Nagorno-Karabakh Conflict: Roots and Consequences, *Galit Truman Zinman*, September 2021
- No. 200 Russia's War Against Ukraine - Impacts on Israeli Nuclear Doctrine and Strategy, *Louis René Beres*, April 2023
- No. 201 The War in Ukraine: 16 Perspectives, 9 Key Insights, *Eado Hecht, Shai Shabtai (Eds.)*, August 2023
- No. 202 The Oslo Disaster 30 Years On, *Efraim Karsh*, September 2023
- No. 203 National Cyber Strategy: Issues for Discussion, *Shai Shabtai*, January 2024
- No. 204 The War of October 7 – and the One to Follow, *Eran Ortal*, February 2024
- No. 205 Israel Needs a Sustainable Strategy, *Eran Ortal*, April 2024
- No. 206 War With Iran: Israel's Legal Obligation to Prevent Iranian Nuclear Weapons, *Louis René Beres*, June 2024
- No. 207 Could Israel's Nuclear Deterrent Support "Escalation Dominance" Against Iran?, *Louis René Beres*, September 2024
- No. 208 Israel's National Security Concept: Insights from the Iron Swords War, *Eado Hecht*, September 2024 (Hebrew only)
- No. 209 Israel: The Making of a Global Cyber Power, *Matthew S. Cohen and Charles (Chuck) D. Freilich*, October 2024
- No. 210 Reshaping the Global Landscape: How Will Trump's Return Redefine Global Dynamics?, *Eitan Shamir, Ed.*, December 2024
- No. 211 Achieving a Military Decision in the Iron Swords War: A Basis for Renewing the Discussion, *Meir Finkel*, April 2025
- No. 212 The FPV Drone Revolution and Its Implications for Ground Warfare and Multi-Domain Operations, *Yacov Bengo and Guy N., Finkel*, May 2025