

מהפכת רחפני FPV ומשמעויותיה בלוחמת היבשה ובממדים נוספים

יעקב בנג'ו | 21 במאי, 2025

כללי

מהפכת רחפני FPV משנה בצורה עמוקה את לוחמת היבשה – זה לא רק אמצעי לחימה חדש בתפוצה רחבה אלא שינוי משמעותי בטכניקות הלחימה, בהתארגנות הכוח ובאופן ניהול הקרב הטקטי (מהות התחבולה).

הניסיון של אוקראינה לבצע מתקפת נגד מערכתית בקיץ 2023 באמצעות כוחותיה הצבאיים, שהתבססו על דוקטרינת נאט"ו (מבנה וארגון לקרב, אמל"ח ותו"ל), נכשל כישלון חרוץ. ספק אם הגנרלים בברית נאט"ו הבינו את עומק השינוי בשדה הקרב.

הדרך להבין את מהות השינוי מתחילה בהבנת ייחודיות האמל"ח, אבל חייבת להמשיך בשינויים הנגזרים מדרך הפעולה של הכוח היבשתי המשולב – לא ניתן לנתח את הקרבות באוקראינה בעיניים המקובעות על תפיסות טרום מהפכת ה-FPV (טקטיקות של המלחמה הקרה ועידן המבצעים נגד טרור).

צבאות רוסיה ואוקראינה נלחמים בשנתיים האחרונות בשדה הקרב המשתנה החדש – מה שהם כבר הספיקו לשכוח אנחנו עדיין לא למדנו. מי שייכנס לקרב במלחמה הבאה ללא הטמעת מהפכת ה-FPV יפסיד בנוקאאוט ולא בנקודות.

הייחודיות של רחפני FPV

1. טווח פעולה:

- רחפני FPV יכולים לפעול בטווחים של עד 10 ק"מ, ויש כאלה עם טווח עד 20 ק"מ. טווח זה מעניק יתרון טקטי משמעותי בכך שהוא מאפשר פגיעה במטרות מבלי לחשוף את המפעילים לסיכון ישיר.
- טווחי רחפנים מעל 20 ק"מ הם נדירים. בטווחים של 30-40 ק"מ הרוסים מפעילים תשלובת רחפנים קבועי כנף אורלון סיור/לנסט תוקף בשלושה עד חמישה מוקדים לחטיבה.

2. דיוק גבוה:

- הרחפנים מצוידים במצלמות המאפשרות למפעילים לראות את שדה הקרב בזמן אמת ולהנחות את הרחפן בדיוק רב לעבר המטרה. היכולת

לפגוע במטרות בצורה מדויקת מאפשרת פגיעה במטרות קטנות וניידות, כמו טנקים וכלי רכב משוריינים.

3. משימות ספציפיות:

- **פגיעה בכלי רכב משוריינים:** הרחפנים משמשים לפגיעה מדויקת בטנקים ובנגמ"שים, מה שמאלץ לא פעם התקפות רגליות ארוכות טווח לעומק בניסיון להקשת על תקיפת ה-FPV. התקיפות המדויקות אפקטיביות כנגד טנקי מערכה מתקדמים כמו אברמס ולאופרד, חלקן מתבצעות עוד בשלב התנועה העורפי של הרק"ם.
- **פגיעה במבנים ובביצורים:** הרחפנים משמשים לפגיעה במבנים שבהם נמצאים חיילים או ציוד. הם יכולים להיכנס למבנים דרך חלונות או פתחים קטנים ולפגוע במטרות בצורה מדויקת.
- **פגיעה במטרות אדם איכותיות:** בדגש על הניסיון לצוד צלפים או מפעילי נ"ט קרקעיים.
- **סיוע קרוב לגייסות:** דיוק התקיפה מאפשר להפעיל את הרחפנים בקרבה רבה מאוד לכוחות שעליהם הם מחפים – חלומו הגדול של כל כוח מסתער מעולם הסיוע וטווחי הבטיחות, שאינם מאפשרים לו להגיע לקרבה כה רבה למסייע מטווח רחוק.
- **נ"מ זול – פגיעה ברום הקרוב לקרקע (רוק"ק) איסוף:** דיוק וגובה הטיסה של הרחפנים מאפשרים להפיל בקלות יחסית כטב"מים טקטיים קבועי כנף למשימות איסוף.

4. יכולת התמרון של הרחפנים:

- הרחפנים יכולים לעקוף מכשולים ולהתאים את מסלולם בזמן אמת לתנאי השטח והאויב. היכולת לתמרון בצורה גמישה מאפשרת להם לפעול באזורים קשים לגישה ולהפגיע את האויב מזוויות תקיפה לא מקובלות.
- יכולת התמרון והטווח הארוך מאפשרים לרכז ביעד מסתרחפנים תוקפים מצוותים רבים במקביל, הפועלים בצורה מבוזרת מכיוונים שונים, כלומר ביזור גיאוגרפי בהפעלה וריכוז גיאוגרפי בנקודת התקיפה.

5. חסינות ללוחמה אלקטרונית:

- המעבר להפעלה באמצעות סיב אופטי הפך את הרחפנים לכלים חסינים ללוחמה אלקטרונית (ל"א), ולמעשה זה הנשק המדויק היחידי כמעט (כי הוא מופעל באמצעות מצלמה) שחסין לכל יכולת שיבוש של היריב מלבד ירי קינטי.
- חסינות רחפן באמצעות סיב הופכת גם את המפעיל לחסין – לא ניתן לאכן אותו.

שינויים בקרב הטקטי ובטכניקות הקרביות שזוהו לאורך התפתחות הרחפנים

1. לא ניתן לרכז סד"כ פלוגתי ומעלה מבלי להתגלות.
2. כל ריכוז סד"כ גדול מפלוגה מוקטנת מותקף מיידית ומושמד. ככל שהכוח גדול יותר הוא מסורבל יותר ואינו יכול להתחמק ולהתפזר מול הרחפנים התוקפים.
3. המגן נאלץ לפזר את רכיביו על שטח גדול עם שיעור ניכר של עמדות דמה או לא מאוישות – אין מרכזי כובד חזקים במערך ההגנה.
4. התוקף נאלץ לתקוף ב"חיצים" דלי עוצמה של צוות קרב פלוגתי מוקטן ממוכן או קבוצת סער רגלית מחלקית – אין מרכזי כובד חזקים בהתקפה.
5. הדרך לרכז עוצמה בהתקפה או בהגנה היא ריכוז רחפנים וארטילריה כחיפוי לכוח התוקף או המגן.
6. תנועה קרבית מתפזרת על שטח גדול יותר, רק"ם נאלץ להיות בתנועה, אחרת מושמד.
7. מעבר מכינוס להיערכות מחייב ביזור והסתתרות, בדגש על עמדות מבוזרות לרק"ם יחיד או לכיתת חיילים.
8. לוגיסטיקה – ריכוזי תחמושת ואתרי פינוי פצועים מתרחקים מקו המגע, פינוי ותספוק באמצעות כוחות קטנים וזריזים.
9. חפ"קים – מלכודת מוות ניתנת לאיכון, כניסה למרתפים ולתווך התת-קרקעי (תת"ק) והתבססות על תקשורת קוויית.
10. החטיבה נשארת מוקד הקרב הטקטי – הקרב החטיבתי נמשך זמן רב יותר, מבוסס על הרבה כוחות קטנים ומבוזרים, התחבולה היא בריכוז עוצמה של רחפנים וארטילריה בסיוע לכוח הקרקעי, ותזמון או הסטת מאמצים קרקעיים המבוססים על כוחות קטנים.

המעבר לגישה מבצעית מערכתית בהפעלת FPV

1. הפעלה מבצעית וגישת מערכתית:

- **מיכולת ספוראדית ליכולת מערכתית:** לאורך המלחמה הפך ה-FPV למערך סדור בשני הצדדים. מערך ההפעלה של ה-FPV בנוי ממאתרים ומציידים. המאתרים נעים בצורה מהירה בכל מרחב עומק החזית כדי לאתר מטרות, ומעבירים את המטרות שלהם לציידים, שבחרים מה לתקוף לפי סדר עדיפות.

- **סד"כ וכמות:** מכיוון שבמלחמת רוסיה-אוקראינה מדובר בקו חזית ארוך של יותר מ-2,000 ק"מ וה-FPV מכסה רק טווחים של 10 ק"מ, הוא הפך במהירות לעתיר כוח אדם ועתיר אמל"ח (הייצור עומד על יותר ממיליון כלים מבצעיים לכל צד בנפרד).

2. **גישת מערכתית:** השימוש ברחפנים משולב במערך הלחימה הכולל, כולל תיאום עם כוחות קרקעיים ואוויריים. הרחפנים משמשים לאיסוף מודיעין, לזיהוי מטרות ולפגיעה מדויקת במטרות, מה שמאפשר לכוחות הקרקעיים לפעול בצורה יעילה יותר.

- מאפיין זה של הגישה המערכתית הוביל לכך שמרחב עומק קו המגע בין רוסיה לאוקראינה מגיע עד טווח של 40 ק"מ, שבהם לא ניתן לשהות בשטחים פתוחים יותר מ-15 דקות עד לפגיעה על ידי רחפן FPV. מדובר אם כך במערך ובנשק בעל אפקטיביות עצומה, שהוביל לכך שמרחב החזית כמעט נקי ממטרות בשל חוסר היכולת לשהות בו, ואפילו בתנועה לאורך זמן בעומק של כ-20 ק"מ.
- שאלת ההתמודדות עם המערך הזה נעשתה גם היא מערכתית. כך ניתן לראות כי מפקדים שמתאמים את התקפותיהם מבצעים ירי נרחב לעומק על מנת לשבש את פעולת מפעילי ה-FPV, בניסיון לפרוץ את קווי המגע תוך כדי תנועה. ההצלחות מוגבלות ביותר והגדלת טווח הרחפן ל-45 ק"מ מעמידה בספק את הטכניקה הקיימת.

3. שינויים בהתארגנות הכוח שזוהו תוך כדי הלחימה, לתמיכה בהפעלת הכוח

- הפעלת עשרות רחפנים ביום בקרב חטיבתי, כעשרה צוותי רחפנים או יותר בחטיבה (10% איסוף, 90% FPV מתאבד).
- שילוב צוותי רחפנים במדרג הכוחות המשולבים – צוות רחפנים בכל צוות קרב גדודי (צק"ג) ולעיתים גם בקבוצת סער פלוגתית (צק"פ).
- כל צוות רחפני מורכב ממאתרים על בסיס רחפני איסוף COTS ותוקפים באמצעות רחפני FPV.
- שליטה מרוכזת של מג"ד/מח"ט בהפעלת רחפנים או ארטילריה – סיוע קרוב לכוח הקרקעי ותזמון עימו.
- תיאום הדוק בין יחידות ל"א לצוותי הרחפנים.
- חיל נפרד – התארגנות של הכוח החד-חילי – פלוגה עד גדוד של רוק"ק בכל חטיבה לוחמת – רכיב חשוב בקרב המשולב.

שאלות שמערך זה מעלה לדין

1. עלות נמוכה: עלות רחפן FPV עם מטען נפץ היא כ-500 דולר (אם נניח שאחד מחמישה פוגע, אזי עלות תקיפה היא 2,500 דולר).

- NLOS עולה כ-20 אלף דולר.
- פגז 155 מ"מ עם מרעום פשוט עולה כ-3,000 דולר.
- טיל קורנט עולה כ-30 אלף דולר
- טיל הלפייר ממסוק עולה כ-50 אלף דולר

2. ה-FPV כנשק יחיד חליף כלי נשק קיימים

- ה-FPV נמצא כחליף של כלי נשק רבים בשדה הקרב בכלל היחידות המבצעיות השונות.
- בעולמות המודיעין לסגירת מעגלים נמצא שהוא **מחליף את המל"טים הטקטיים**, בעיקר בשל חסינותו והתפוצה הרחבה שלו.
- בעולמות התקיפה המדויקת נמצא שהוא **מחליף כלי נשק ארוכי טווח כגון נ"ט לסוגיהם השונים, תותחים בכינון ישיר כגון תותחי טנקים, ואף תותחי ארטילריה רגילים.**

3. ה-FPV כנשק מערכתי חליף מערכים קיימים

- **חליף מערך מסוקי הקרב** – ה-FPV הפך לאיום החמור ביותר על מסוקי התקיפה ונתפס כנשק המרכזי בלוחמת האוויר-יבשה המודרנית.
- **חליף מערך הצילום ארוך הטווח** – ה-FPV יכול לנוע ולבדוק את המטרות באופן ישיר ולא צריך סגירת מעגל נוספת, בניגוד למערך המצלמות ארוך הטווח.
- **חליף מערך הכטמ"ם הטקטי** – מכיוון שאין מספיק כטמ"מים טקטיים בתפוצה רחבה (וגם לא יהיו במחירים מתחרים ל-FPV), הוא הפך להיות כלי הממד האנכי של כל יחידה צבאית, ללא קשר למשימותיה הקלאסיות אלא נוסף עליהן – בין שהוא בשירות יחידות הארטילריה שאימצו אותו לאיסוף ותקיפה, בין ליחידות שריון שאימצו אותו להגדלת טווח ההשפעה שלהן ובין ליחידות החי"ר שאימצו אותו ככלי המרכזי שלהן לתקיפה מדויקת.
- **חליף מערך הנ"ט** – פשוט יותר, זול יותר וקל יותר ומאפשר תקיפה במספרים גדולים ביחס למערך הנ"ט, שנחשב למערך בתפוצה רחבה גם כיום.

4. השתנות העליונות האווירית בלוחמת היבשה

- חיל האוויר בתצורתו הנוכחית אינו יכול להבטיח לכוח היבשתי עליונות אווירית ברום הקרוב לקרקע.
- יתרה מזו, הוא אינו יכול להבטיח עליונות אווירית וחופש פעולה אווירי לכוח האווירי המאויש (למותר לציין כי כל מסוקי הקרב והתובלה נעלמו מקו החזית בשל ה-FPV).

- בפועל שני הצדדים, התוקף והמגן, נלחמים בלוחמה אווירית ברום הקרוב לקרקע על מנת ליצור עליונות מקומית וחופש פעולה לעצמם, שכן הדבר אינו יכול להגיע מהזרועות האחרות.

5. חליף מערך הצילום ארוך הטווח - ה-FPV יכול לנוע ולבדוק את מטרות ה-FPV בשילוב יכולות למידת מכונה ו-AI - שינוי יחס אדם-מכונה

- מכיוון שמדובר במערך מקושר באמצעות סיבים אופטיים, ניתן להעריך כי לא ירחק היום ומערכת מחשב AI ולמידת מכונה תחפה על הפער של יחס אדם-מכונה ותוביל לאופטימיזציה של הפעלה של הכלים הללו תוך התייחסות לטווחים שלהם, לאפקטורים ולסנסורים שהם נושאים ולמשימות שהם נדרשים לבצע.
- מערך זה הוא קלאסי להפיכתו למערך אוטונומי למחצה מכיוון משימה ותפוקה, תוך התעלמות מאופן התשומה ומהצורה שבה הוא משוגר.
- שינוי יחס אדם-מכונה באמצעות יכולות הפעלה אוטונומיות יצמצם משמעותית את היקף ההכשרה הנדרשת למפעיל, יצמצם את מספר המפעילים הנדרש להיפרס בשדה הקרב ויגביר את האפקטיביות של התקיפה.

מהי החשיבה הצבאית כיום בעניין יכולת זו

1. חסמים תפיסתיים

- חוסר הבנה בהתפתחות האמל"ח - ככלל בתחילת המלחמה נראה היה שהשימוש המרכזי ברחפנים הוא להטלה מגובה. המענה לכך היה סבכות ורשתות שהקימו על כלי הרכב המשוריינים השונים, אבל דווקא חסימות הל"א וחוסר האפקטיביות של ההטלות הם שהובילו להתפתחותו של ה-FPV כאמצעי לחימה שאופי התקיפה שלו הוא אופקי ולא אנכי, מה שהפך אותו לקטלני ביותר ללא יכולת התמודדות אמיתית עימו.
- חוסר הבנה במה מדובר - צבאות, בשל המבנה שלהם, מתקשים לראות את השלם. ניתן לראות שיח שונה בצבאות השונים, שכל אחד מהם מתמקד במאפיין מסוים של התופעה ומנסה ממנה לגזור את השלם. ניתן לראות זאת לפי השאלות במאמרים שונים, כגון: האם זה רק רחפן? האם זה ראש הנפץ? למי זה שייך מבחינת דרגים וכוחות? מי מתפעל את זה? היכן מכשירים את המפעילים?
- חוסר ההבנה מה הכמות עושה - בדיוק כמו הגעת הטנק לשדה הקרב במלחמת העולם הראשונה, כאשר היה קושי להבין כיצד להפעיל את היצור המוזר הזה. בפועל בתקופה שבין שתי מלחמות העולם אימצו מפקדים ספורים את מסקנותיהם של הוגים אחדים, וכך הבינו מה מסה

של טנקים מסוגלת לעשות בשדה הקרב. מיליון רחפני FPV נשמע מספר דמיוני, הגם שהם מיוצרים בפועל ברוסיה ובאוקראינה בנפרד (ובלי עזרה סינית), די בכך שנדמיין מה יכולים לעשות 10 אלפים רחפני FPV בהתקפה מסונכרנת בעומק של 10 ק"מ, נשווה זאת להיזק של מערכת נשק מקבילה כיום ונבין מהי המשמעות האופרטיבית והאסטרטגית של מערכת נשק זו, שעדיין אין יכולת להתגונן מפניה בצורה יעילה.

משמעויות לישראל ולצה"ל

1. מכיוון שכיום רק רוסיה ואוקראינה הגיעו לתפוקה מלאה של מערך ה-FPV (הגם שיש עדיין אפשרויות התפתחות במערך זה), נכון להבין שיש להאיץ את ההתקדמות ולפתח גישה מערכתית וגישה טקטית להפעלת נשק זה, ולאמץ אותו בתפוצה רחבה.

2. צה"ל גילה במלחמה את הרחפנים בגלל סוגיות תרבותיות ומאבקים בין הזרועות, אבל בסופו של דבר המלחמה נבחנת בתוצאה ולא במשחקי הכבוד של אנשי הצבא.

3. שני המרחבים המדוברים היום בעולם, ואשר נכון לישראל ולצה"ל לפעול בהם:

- בקרב המשולב – התארגנות, טכניקות ובעיקר השפעה על אופן הפעלת הכוח הקרקעי. במובן זה הכוח היבשתי חייב לאמץ גישה מערכתית של הפעלת כוח ה-FPV כחלק מהתחבולה המבצעית שלו ולשם השגת הישגים מבצעיים הנדרשים ממנו. במקביל הוא נדרש לשמר עליונות אווירית ברום הקרוב לקרקע (הגנת כוח) על מנת לאפשר את חופש התנועה שלו למימוש משימותיו.
- בהגנ"א – התארגנות, טכניקות ואמל"ח מתאים, שכן ה-FPV אינו רקטות קצרות טווח שחיל האוויר ומערך ההגנה האווירי רגילים להשתמש בהן להגנה על התשתיות והריבונות של מדינת ישראל. יכולת תקיפה המונית אופקית לטווחים של 20 ק"מ היא איום חמור על העורף הישראלי, ונדרש לייצר לו מענה של ממש.

4. הדרך היא להביא לתפוצה רחבה של סוג מסוים של FPV בצה"ל ובמסה קריטית כזו שתאפשר לייצר צורות מבצעיות חדשות, ולבסוף הסדרה של המערך. נדרש לפרוץ חסמים בירוקרטיים כדי לאפשר את התפוצה הרחבה והעלות הנמוכה ליחידה, בעיקר בציר הבטיחות ומערכות השליטה ובקרה.

5. לאנשי בניין הכוח הצבאי מוצע:

- קצין חיל ייעודי.
- מנהלת אמל"ח ייעודית למערך ה-FPV ולכל הרום הקרוב לקרקע, על מנת להאיץ את ההשתנות הנדרשת מכוחות צה"ל (החלוקה כיום בין קצין

תותחנים ראשי לקצין הגנת גבולות, חיל האוויר, אמ"ן ועוד אינה מביאה למיקסום היכולת).

- סימולטורים ייעודיים לסגירת פערים בהפעלה ובהכשרה.
- התאמת מערך האחזקה לתחום הייעודי על מנת לשמר את הכשירות של הכוחות.

6. ה-FPV הוא נשק בעל יכולת אדירה לכוחותינו (צד כחול). מנגד נדרש לפתח את הטכנולוגיות של ההגנה על כוחותינו מפני מתקפות האויב (צד אדום).

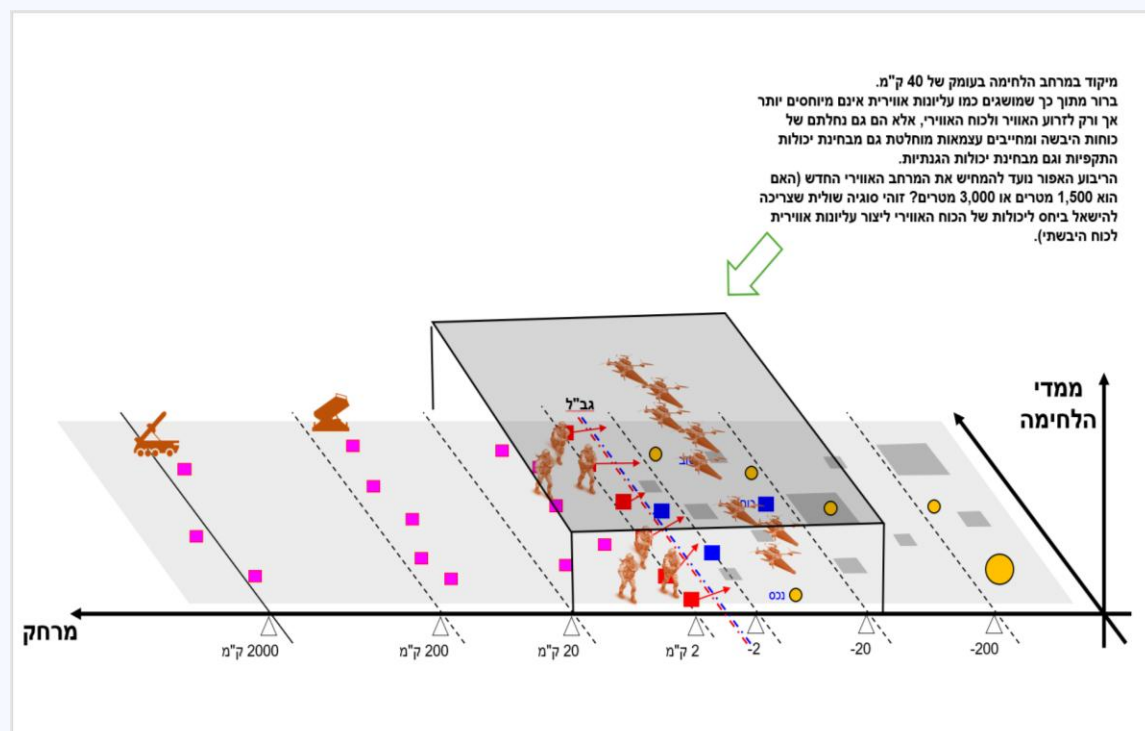
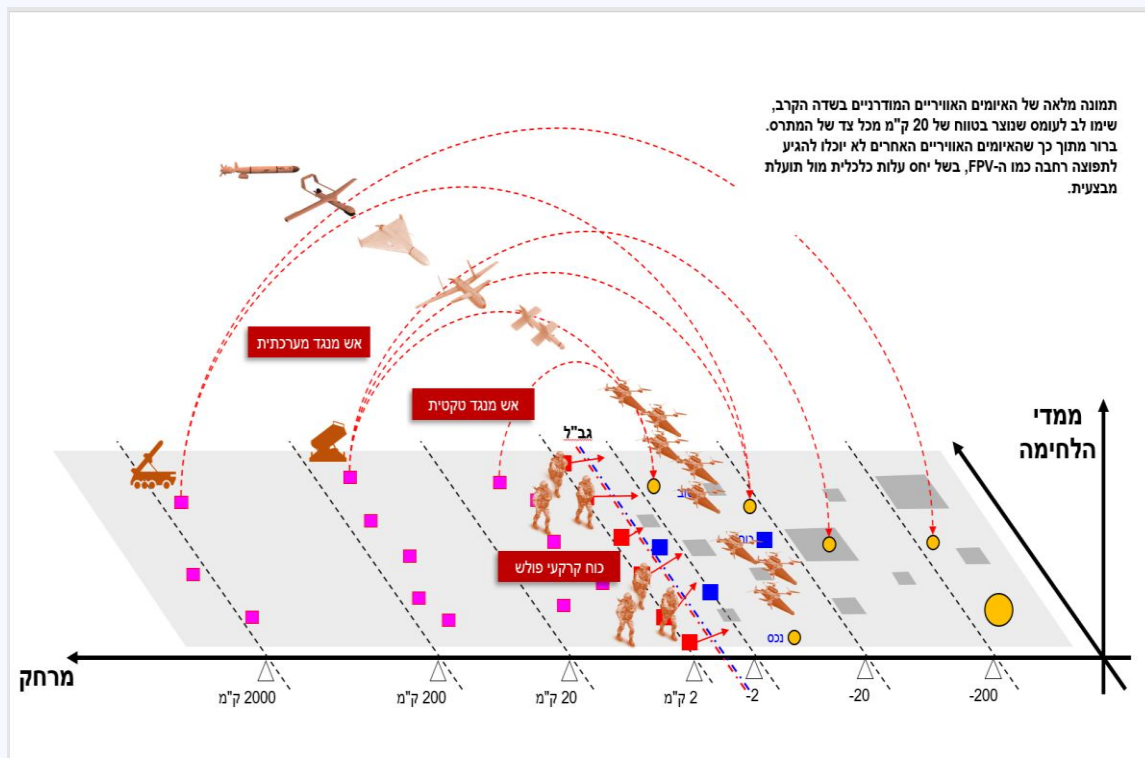
7. אכן מחיר ההתקפה זול יותר בשלב הנוכחי ממחיר ההגנה, אבל ההיסטוריה מלמדת שמי שירכוש ראשון את אמצעי ההגנה יחזיק ביתרון ההתקפה (ראו למשל מערכת מעיל רוח בטנקים).

סיכום

לוחמת FPV משנה את כללי המשחק בשדה הקרב המודרני ומאפשרת פגיעה מדויקת ויעילה במטרות בטווחים רחוקים ובתנאי שטח קשים, תוך הפחתת הסיכון לחיי אדם ושילוב במערך הלחימה הכולל. הקושי האדיר נובע מהיקף היישומים המבצעיים ברמה המערכתית שנשק זה מסוגל להפיק בגישה מערכתית.

הגם שיישמע מוזר, מדובר בבשורות טובות ובכניסת אמל"ח חדש ובעל חשיבות מערכתית ללוחמת הצבאות, ומי ששולט בו מתאפשר לו יתרון יחסי בעל משמעויות אופרטיביות. עם זאת, הבשורות הרעות הן שמי שעדיין לא נערך לאיומים הקודמים כגון מענה לטילי הנ"ט (ורוב הצבאות עדיין לא פתרו בעיה זו אפילו) ימצא את עצמו בנחיתות משמעותית גדולה עוד יותר ויידרש לפתור את שתי הבעיות במקביל.

אילוסטרציות תומכות



קישורים תומכים

למותר לציין כי יש ברשת אלפי סרטונים ומאמרים. בחרתי לצרף כאן את הסרטונים שמבהירים וממחישים מבחינתי את הכתוב לעיל.

https://www.youtube.com/watch?v=l_8hh7iNqdE

<https://www.youtube.com/watch?v=Xs8Wa8lXjf8>

<https://www.youtube.com/watch?v=DtSrjVb3E9U>

<https://www.youtube.com/watch?v=69lQUCXmvbl>

<https://www.youtube.com/watch?v=qWr75snGRyw>

<https://www.youtube.com/watch?v=P0CcM7dM7NI>

<https://www.youtube.com/watch?v=g730zKnitNY>

<https://www.youtube.com/watch?v=zBPdqXs8klw>

עורכי הסדרה: ענת קורץ ואלדד שביט