

על הצורך של כוחות היבשה ביכולות שליטה בתעבורה האווירית

בשל השימוש ההולך והגובר בכלי טיס בקרבת כוחות היבשה, על הכוחות לקבל אחריות על ניטור המרחב האווירי הקרוב אליהם ולא להסתמך בלעדית על מערך הבקרה האווירית של חיל האוויר. כך יתייעל תהליך העברת המידע בין מערך השליטה ובין הכוחות בשטח ויאפשר לכוחות היבשה להתמודד טוב יותר עם מגוון האיומים הן מבחינת התמגנות הן מבחינת נטרול



פעילות ביחידת בקרה של חיל האוויר. בשל המבנה הריכוזי של מערך הבקרה האווירית, אנו עדים לכמות רבה של אי־זיהוי איומים וזיהוי שווא. צילום: דו"ץ

הקושי מצוי בשטחים בעלי מסתורים רבים, בייחוד אזורים אורבניים, מיוערים או הרריים. השליטה האווירית במרחב מחולקת לשלושה מרכיבים מרכזיים: (1) זיהוי ומעקב אחר כל הכלים שבגבולות הגזרה; (2) סיווג עמית-טורף לכלים אלו; (3) נטרול כלים עוינים. חיל האוויר הוא שמוביל לרוב משימות אלו, בעיקר באמצעות מערך הבקרה האווירית. בשל המבנה הריכוזי של מערך זה, אשר כל אחד מבסיסיו אחראי על תא שטח נרחב המצריך ניטור של איומים רבים בעלי מאפיינים מגוונים, אנו עדים לכמות רבה של אי־זיהוי איומים וזיהוי שווא. בעוד ההשלכות הקטלניות של אי־זיהוי של איום ברורות וידועות, ומן המפורסמות הן תוצאות המתקפה על פרל הארבור,³ כשמדובר בזיהוי שווא יש נטייה להקל בהן ראש ולהצדיקן כאמצעי הגנה של הכוחות בשטח. בפועל תופעה זו

בשנים האחרונות אנו עדים לשימוש הולך וגובר בכטב"מים הטסים בגבהים נמוכים ופועלים בסמיכות רבה לכוחות היבשה. כלים אלו הראו יכולות מרשימות במשימות סיור, תצפית ותקיפה החל ממלחמת האזרחים בסוריה, מלחמת רוסיה-אוקראינה ועד למלחמת חרבות ברזל בעזה.¹ בשל עלותם הנמוכה יחסית של הכטב"מים והזמינות הרבה שלהם בשוק האזרחי, משתמשים בהם באופן נרחב צבאות סדירים ואף ארגוני טרור. על צה"ל לנצל את היכולות הרבות של כלים אלו ולמקסם את יכולת ההתגוננות מפניהם. בעוד כלים אוויריים קלסיים, דוגמת מטוס או מסוק, טסים לרוב בגובה רב ונמצאים לפיכך בתחום האחריות של חיל האוויר למטרות ניטור ובקרה,² טיסתם של הכטב"מים בגובה נמוך, של מטרים או עשרות מטרים בודדים, מקשה על זיהוי כלי אויב ומאתגרת את השליטה בכלים הצה"ליים. עיקר



רס"ר (מילי) ד"ר לירז מודריק, לוחם
בפלוגת העורב של חטיבת הנגב ומשתלם
לבת-רדוקטורט במחלקה להנדסת מכונות,
אווירנוטיקה וחלל של בית הספר לתארים
מתקדמים של הצי האמריקני

גובה מחיר מיכולותיהם של הכוחות ולפיכך פוגעת בכשירותם המבצעית. אם לדוגמה רחפן התצפית של יחידת חי"ר יופל, היא תיאלץ להיכנס לתא השטח הבא עם מודיעין חלקי, מה שעלול לסכן את חיי הלוחמים.

נוסף על כל אלו, חשוב לתת את הדעת על פרק הזמן הנדרש מרגע גילוי כלי טיס וסיווגו עוין עד שהמידע מגיע לכוחות בשטח. כוח מתמרן אשר מקבל ידיעה על איום אווירי מתקרב יכול לפעול למוזעור הנזק מאיום זה או לנטרלו. דוגמאות לפעולות מנע של הכוחות בשטח הם ניסיונות יירוט הכלי, כאשר במקרה של רחפן כל רובאי יכול לייטו בעזרת נשקו האישי. במתאר של שטח פתוח הכוח יכול להגדיל את הרווחים בין הלוחמים ובכך לצמצם את כמות הנפגעים, ובמתאר אורבני אפשר להיכנס אל חדרים פנימיים בתוך מבנה, שקשה יותר לפגוע בהם עם כלי טיס קטנים.

בעוד ההשלכות הקטלניות של אי-זיהוי של איום ברורות וידועות, ומן המפורסמות הן תוצאות המתקפה על פרל הארבור, כשמדובר בזיהוי שווא יש נטייה להקל בהן ראש ולהצדיקן כאמצעי הגנה של הכוחות בשטח. בפועל תופעה זו גובה מחיר מיכולותיהם של הכוחות ולפיכך פוגעת בכשירותם המבצעית

מערכת ניטור מרכזית: אתגר לא פשוט או בלתי אפשרי בימינו?

מבחינה היסטורית, ישראל ביססה את מערך השליטה האווירית שלה על חיל האוויר. עיקר התעבורה האווירית משייטת בגובה רב, הכלים נמצאים במרחק גדול זה מזה, ואפשר לזהותם רק באמצעות כלים טכנולוגיים כמו מכ"ם או בלון תצפית. מודל זה היה הגיוני ומתבקש בעבר, וגם כיום השליטה והבקרה של כלים אלו צריכה להישאר בתחום האחריות של יחידות מערך השליטה האווירית. עם זאת, בשל ריבוי הכלים הבלתי מאוישים, בסיס צה"לי או כוח צה"לי מתמרן בסדר גודל חטיבתי ואף גדודי יכול למצוא את עצמו בנוכחות של עד עשרות כלים אוויריים, עמיתים ואויבים, תעבורה אווירית המזכירה נמל תעופה. לפיכך התבססות על בקרי שליטה אווירית ואמצעי זיהוי המרוחקים עשרות עד מאות קילומטרים לצורך ניהול תעבורה זו, כאשר זמני התגובה לאירוע צריכים להיות מהירים מאוד, היא פשוט בלתי אפשרית.

במקום זאת, על יחידות השדה לקבל אחריות על חלקו התחתון של המרחב האווירי שבשטחן. יכולות אלו צריכות לכלול

ממשק עם כלי הגילוי הכלל צה"ליים, אך עליהם גם להצטייד בכלי גילוי וזיהוי המתאימים למתארי הלחימה שכוחות היבשה פועלים בהם.⁴ כדי לספק תמונת מצב מהירה לכוחות בשטח, די להצטייד בכלים בעלי יכולות גילוי לטווחים קצרים יחסית, של קילומטרים אחדים. מתארים מבצעיים מסוימים עלולים לכלול בתוכם שטחי מסתור רבים לתנועת כלי טיס קטנים המקשים על גילויים. במתאר אורבני, כלי הטיס יכולים לטוס בסמטאות, סמוך לגגות המבנים ולעיתים אף בתוך המבנים עצמם. במתאר הררי, כלי הטיס יכולים להיעזר בכפלי הקרקע הרבים על מנת להקשות על זיהויים, ובמתאר מיוער הם יכולים לנוע סמוך לצמרות העצים. הסתמכות מוחלטת על מערכות גילוי מרכזיות לא תוכל לספק מענה לכל האתגרים. במקום זאת, שילוב של אמצעי הגילוי הקלסיים של מערך הבקרה האווירית עם כלים מקומיים, הנעים יחד עם הכוח ונפרסים על ידיו תוך כדי אפיון תא השטח, יכולים לספק פתרונות גילוי שיצמצמו את אותם שטחים מתים.

בהנחה שזוהה כלי טיס במרחב האווירי של הכוח צריך לסווגו עמית או עוין. במבנה השליטה הנוכחי במרחב האווירי, פעולה זו מסורבלת מאוד. על הכוח המקומי, אשר לרוב פועל ומשדר בתוך המבנה הפלוגתי שלו, ליצור קשר עם יחידה צה"לית אשר פועלת במסגרת חיל אחר, ולעבור דרך מפקדות הגדוד, החטיבה והאוגדה. גם בהמשך, כל יצירת קשר בין הכוח המפעיל כלי טיס ובין יחידת הבקרה צריך לעבור את כל השרשרת הארוכה הזו. בפועל, גם עקב הסרבול הרב וגם עקב צרכים מבצעיים דחופים, הכוחות בשטח נמנעים מיצירת קשר עם מערך הבקרה ומקווים שהמערך לא יפגע באחד מכלי הטיס שלהם.

הסתמכות מוחלטת על מערכות גילוי מרכזיות לא תוכל לספק מענה לכל האתגרים. במקום זאת, שילוב של אמצעי הגילוי הקלסיים של מערך הבקרה האווירית עם כלים מקומיים, הנעים יחד עם הכוח ונפרסים על ידיו תוך כדי אפיון תא השטח, יכולים לספק פתרונות גילוי שיצמצמו את אותם שטחים מתים

במקרים שבהם במערך הבקרה אכן מזהים כלי טיס סמוך לכוחות היבשה אשר הפעלתו לא אושרה על ידם, הוא מסווג אוטומטית עוין ופועלים מייד להפלתו. למרות ההיגיון הברור בהפלה של כלי טיס אשר עלול לפגוע בכוחותינו, גם הפלה של כלי טיס עמית עלולה להוביל לפגיעה בכשירות המבצעית של כוחות אלו.

אילו אתגרים צופן העתיד

כיום השליטה בכטב"ם מבוססת בעיקר על שליטה מרחוק או על תכנון מסלול מראש, כאשר המיקום העצמי של הכלי מסתמך על מידע ממערכת ג'י-פי-אס. שני המאפיינים האלו גורמים לכלי הלוחמה האלקטרונית להיות יעילים בנטרול איומים, כאשר הם מתבססים על שיבוש תדרי תקשורת ואותות ג'י-פי-אס. לעומת זאת, כאשר עוקבים אחר ההתפתחויות הטכנולוגיות האחרונות, אפשר לראות כי אמצעים אלו צפויים



מדריכות הפעלת רחפנים בצה"ל. כוח המזדה כלי טיס העובר מעליו בדרך לתקיפת יעד אחר, יעביר במהירות את המידע אל מערך הבקרה האווירי וכך ישפר את ההתמודדות עם איום זה. צילום: אתר צה"ל

ובתוכם צה"ל, מלהשתמש במערכות אלו לצרכים התקפיים, הוא לא ימנע מארגוני טרור כמו חמאס וחזבאללה להשתמש בהן. סביר להניח כי לא רחוק היום שבו נראה רחפני נפץ אוטונומיים משוטטים ומחפשים מטרת כמו חיילים, טנקים או נגמ"שים צה"ליים. במצב כזה, כאשר יכולות הלוחמה האלקטרוניות לא יכולות לשבש מתקפה זו, העברת מידע מהירה ויעילה אל הכוחות בשטח נעשית מכרעת. לבעיית השליטה האווירית קיימים כמה פתרונות, כמו מערכת Drone dome של חברת רפאל או מערכת Red sky של חברת אלביט.⁶ מדובר במערכות קרקעיות אשר כוללות בתוכן יכולות זיהוי מבוססות טכנולוגיות מכ"ם ועיבוד תמונה ויכולות נטרול המבוססות על כלים של לוחמה אלקטרונית. מערכות אלו מסוגלות לספק פתרון מהיר לבעיות הקיימות בשטח, הכוללות הקמת מערך גילוי והתראה מקומי. עם זאת יש לציין כי המערכות אינן נותנות מענה מוחלט, בדגש על האתגרים העתידיים.

המלצות

בניגוד למצב בשטח כיום, על יחידות השדה לקבל אחריות על המרחב האווירי שצמוד אליהן וללמוד כיצד לנהלו, לנטר את האיומים, לסווג אותם ואף לנטרלם. לצד ההתבססות על כלי הגילוי של מערך השליטה האווירית, יש להשתמש בכלי גילוי מקומיים, או לפתח את הכלים הקיימים, כך שיהיו ניתנים לפריסה מהירה בתאי שטח חדשים ויצמצמו את השטחים

להיות לא יעילים כבר בעתיד הקרוב. מחקרים מן השנים האחרונות מבססים את יכולותיהם של כלים אוטונומיים לבצע משימות ללא התערבות גורם אנושי. ב-2023 פורסם בכתב העת המדעי Nature מחקר המראה כי רחפנים אוטונומיים מסוגלים לנצח טייסים מקצועיים במרוץ.⁵ לטכנולוגיה כזו יכולה להיות השפעה ניכרת על שדה הקרב, כאשר כלי טיס יוכלו לבצע משימות תצפית, סיור ותקיפה ללא צורך בתקשורת עם המפעיל האנושי וללא צורך להסתמך על אותות ג'י-פי-אס, וכך יהפכו את הלוחמה האלקטרונית נגדם לחסרת תועלת.

החיסרון המרכזי של המערכות האוטונומיות טמון באמינותן. קשה להבטיח שמערכת תקיפה כזו לא תתקוף בטעות את כוחותינו או חפים מפשע. בעוד חיסרון זה ימנע מצבאות רבים, ובתוכם צה"ל, מלהשתמש במערכות אלו לצרכים התקפיים, הוא לא ימנע מארגוני טרור כמו חמאס וחזבאללה להשתמש בהן

החיסרון המרכזי של המערכות האוטונומיות טמון באמינותן. קשה להבטיח שמערכת תקיפה כזו לא תתקוף בטעות את כוחותינו או חפים מפשע. בעוד חיסרון זה ימנע מצבאות רבים,



מפעילי כטב"ם בקרון. על יחידות השדה לקבל אחריות על חלקו התחתון של המרחב האווירי שבשטחן. צילום: אתר חיל האוויר

ובראשם כלי הנשק העומדים לרשות הכוח. כל חייל הרואה את המטרה יכול ליירט אותה עם נשקו האישי, למשל בעזרת כוונת הפגיון, אך גם באמצעות מערכות נ"מ מיושנות כגון נגמ"שי חובט המשתמשים בתותחי וולקן ליירוט איומים אוויריים. גם כלי הלוחמה האלקטרונית אשר מתבססים על שיבוש תדרי תקשורת ואותות ג'י-פי-אס ירוויחו מן המעבר לניהול בקרה אווירית מקומית, משום שהשימוש בחסימות תדרים הוא יעיל יותר ככל שהחסימה קרובה יותר לכלי עצמו.

סיכום

בשל השימוש ההולך והגובר בכלי טיס בקרבת כוחות היבשה, על כוחות אלו לקבל אחריות על ניטור המרחב האווירי הקרוב אליהם ולא להסתמך בלעדית על מערך הבקרה האווירית של חיל האוויר. כך יתייעל תהליך העברת המידע בין מערך השליטה ובין הכוחות בשטח, ויאפשר לכוחות היבשה להתמודד טוב יותר עם מגוון האיומים הן מבחינת התמגנות הן מבחינת נטרול. נוסף על כך, המעבר לשליטה מקומית יכול לשפר באופן ניכר את יכולות הזיהוי, הסיווג והנטרול של האיומים המגיעים מהמרחב האווירי וגם להפחית את תופעת זיהויי השווא, הפוגעת בכשירות המבצעית של כוחותינו.

המתים, במיוחד במתארים מורכבים. כלי גילוי אלו יכולים להגיע בתצורות שונות כגון תיקי גב, רק"ם, רחפני גילוי או בלוני תצפית קטנים. חשוב שהמידע הנאסף בצורה מקומית יעבור אל מערך הבקרה האווירי וישמש ליצירת מפת איומים כלל ארצית עדכנית. למשל, כוח המזהה כלי טיס העובר מעליו בדרך לתקיפת יעד אחר, יעביר במהירות את המידע אל מערך הבקרה האווירי וכך ישפר את ההתמודדות עם איום זה.

גם כלי הלוחמה האלקטרונית אשר מתבססים על שיבוש תדרי תקשורת ואותות ג'י-פי-אס ירוויחו מן המעבר לניהול בקרה אווירית מקומית, משום שהשימוש בחסימות תדרים הוא יעיל יותר ככל שהחסימה קרובה יותר לכלי עצמו

המעבר לשליטה מקומית בתעבורה האווירית תשפיע על הקשר בין מפעיל הרחפן ומפקדו ובין מערך השליטה, בין באופן ישיר או בין דרך מפקדת הפלוגה. במצב זה כל הפעלת רחפן תוכל להיות מתואמת בזמן אמת. אם יזוהה רחפן לא מאושר, במקרים מסוימים אפשר יהיה לוודא מול הכוחות בשטח אם מדובר ברחפן שלהם.

לאחר שכלי הטיס זוהה וסווג כאיום יש לפעול כמה שיותר מהר לנטרולו. לשם כך יש סוגים שונים של אמצעי נטרול,

ההערות למאמר זה מתפרסמות בסוף הגיליון.



48	שם, שלב א' של החזרת השליטה המבצעית נערך מהר יחסית	אום כתף-אבו עגילה 5-6 ביוני 1967. המחלקה להיסטוריה בצה"ל, עמ' 23-24	26	שמי (1995), עמ' 184
			27	שם, עמ' 185
			28	אזוב, ע' (2011). צליחה. דביר, עמ' 111-136
			29	שמי, א' (1995). בכוח התחבולה. מערכות, עמ' 8
			30	הראל, ע' ויששכרוף, א' (2008). קורי עכביש. ידיעות ספרים, עמ' 388-392
			31	חזות, ג' (2024). צבא ההיי־טק וצבא הפרשים. מערכות ומוזן, עמ' 22, 58
			32	בזק, י' וגילת, א' (2024, 24 ביוני) פודקסט על התמרון מבית "מערכות", פרק רביעי
			33	שלח, ע' (יולי 2024). בניין הכוח בעקבות "חרבות ברזל" – לא לחזור על טעויות העבר. בין הקטבים 41
			34	ריאיון טלפוני עם תא"ל (מיל") גיא חזות, (2024, 21 ביולי)
			35	ריאיון עם אלוף ירון פינקלמן, מחנה אסף שמחוני, באר שבע, (2024, 15 בפברואר)
			36	ריאיון עם תא"ל (מיל") משה (צ'יקו) תמיר, כפר דניאל, (2024, 19 בפברואר)
			37	ריאיון טלפוני עם תא"ל (מיל") גיא חזות, (2024, 21 יולי)
			38	גולדפוס, ד' (2024, 13 במרס). הצהרת מפקד עוצבת האש. ח'אן יונס
			39	ריאיון טלפוני עם תא"ל (מיל") גיא חזות, (2024, 21 ביולי)
			40	שמואל, ש' (2024, 11 ביולי). פשיטה – דשדוש לתכלית. מערכות
			41	שלח, ע' (2015). האומץ לנצח. ידיעות ספרים, עמ' 122
			42	דבורי, נ' (2024, 1 באפריל). התחבולה של צה"ל והמודיעין האיכותי שהושג: מאחורי המבצע בבית החולים שיפא. אתר N12
			43	הראל, ע' (2024, 9 ביוני). הטוב ניצח את הרע, ליום אחד. הארץ, 2024, עמ' 4
			44	ריאיון טלפוני עם תא"ל (מיל") גיא חזות, (2024, 21 ביולי)
			45	עמידרו, י' (מאי 2024). מלחמת אוקטובר 2023 – תמונת מצב לאחר שבעה חודשים. מכון ירושלים לאסטרטגיה ולביטחון (JISS)
			46	בשל הצורך לפנות אוכלוסייה משטחי הלחימה, סדר הבוחות שעמד לרשותו, מתח בין זירות נוכח התחממות החזית הצפונית נגד חזבאללה ועוד
			47	הראל, ע' (2024, 17 ביולי). צה"ל מעריך שהלחץ הצבאי על החמאס נשא פרי ושיפר את התנאים לעסקה. הארץ
על הצורך של כוחות היבשה ביכולות שליטה בתעבורה האווירית (עמ' 28)				
1	על ההשפעה של השימוש הנרחב ברחפנים במלחמה באוקראינה ראו: Kunertova, D. (2023). Drones have boots: Learning from Russia's war in Ukraine. Contemporary Security Policy, 44(4), 576–591			
	על האתגרים שמציבים הרחפנים לכוחות צה"ל ראו: פינקו, א' (2023, 15 בנובמבר). איום הרחפנים, מערכות			
2	למעט באזורים של נמלי תעופה			
3	מערכות המכ"ם של הצבא האמריקני זיהו את גל התקיפה היפני הראשון אך המפעילים סיווגו את 183 המטוסים היפנים בטעות כשישיית מטוסי B-17 אשר תוכננה לטוס באזור. בשל מתקפה זו יכולות הצי האמריקני בים השקט נפגעו קשות: נפלו למעלה מ־2,400 חיילים ואזרחים אמריקנים, טובעו ארבע אוניות מערכה, שלוש סיירות קלות ושתי משחתות, הושמדו 188 מטוסים ונפגעו כלים נוספים			
4	ואם צריך, יש לפתח כלים מתאימים			
5	Kaufmann, E., Bauersfeld, L., Loquercio, A. et al. (2023, August 30). Champion-level drone racing using deep reinforcement learning. Nature 620, 982–987			
6	https://www.rafael.co.il/system/drone-;/dome-family https://www.elbitsystems-uk.com/what-we-do/national-security/observation-surveillance-detection/anti-drone-systems/red-sky-2.pdf			
תקומת ההגנה המרחבית (עמ' 32)				
1	דרוק, ד' (2019). הגנה מרחבית - עלייתה, ירידתה ולידתה מחדש, בין הקטבים 19, עמ' 79-81			
2	ואזנה, נ' (2007). כל גבולות הארץ, מוסד ביאליק, פרק ראשון – בין גבול לספר, עמ' 11-21			
3	שם			
4	יישובי הספר במערכה, משרד החינוך והתרבות, ירושלים, סיוון תשכ"ז			
5	שיח כיתות כוננות 2021, גזרה מזרחית, לבנון. בתקופת היותי קצינת הגמ"ר בגזרת לבנון,			