

המכ"ם - מכפיל כוח לשריון



טיל נ"ט של החזבאללה עומד לפגוע בטנק מרכבה בדרום לבנון. ציור מתוך גיליון פברואר 2007 של כתב העת Armor המקדיש שני מאמרים לקשיי השריון של צה"ל במלחמת לבנון השנייה

המאמר מערער על התפיסה הקיימת היום בצבא, שלפיה יש לשלב מערכות מכ"ם על הטנקים אך ורק במסגרת מערכות מיגון אקטיביות. לטענת כותבי המאמר למכ"ם על טנק יש ערך רב גם כשלעצמו

▶ סרן ליאור הררי

רמ"ד מכ"ם איכון בזרוע היבשה



◀ סא"ל אהרון שבי

רמ"ד מכ"ם בזרוע היבשה

מבוא

במלחמת לבנון השנייה הרבו לוחמי החיזבאללה להפעיל טילי נ"ט מתקדמים, ובהם טילים מסוג קורנט ומטיס. חלק מהטילים האלה חדרו את המיגון של טנקי המרכבה והסבו לצה"ל אבדות בנפש.

מערכות מיגון אקטיביות, המפותחות זה שנים בישראל ובעולם מאתרות באמצעות מערכת מכ"ם את האיום במעופו ומנטרלות אותו באמצעות שיבוש או יירוט.

אף שזה כמה שנים מתנהלים פרויקטים לפיתוח המערכות האלה, הן לא שולבו עד כה בצה"ל הן בשל מורכבותן והן בשל עלותן הגבוהה.

במאמר הזה אנו טוענים כי למכ"ם לגילוי טילים נגד טנקים (טנ"ט) ופגזים יש תרומה מבצעית משמעותית, גם כשמדובר במערכת העומדת בפני עצמה והיא אינה חלק ממערכת להגנה אקטיבית על הטנק.

האמצעי המוצלח ביותר לגילוי טנ"ט ופגזים בכל תנאי ראות בדיוק רב ובהסתברות גבוהה הוא המכ"ם. בפלטפורמות אוויריות וימיות מתקדמות נעשה זה מכבר שימוש במערכות מכ"ם, מכיוון שתווך האוויר והים הוא סטרילי בהשוואה לתווך היבשה.

תחום המכ"ם התפתח בחילות הים והאוויר החל ממלחמת העולם השנייה וממשיך להתפתח גם בימינו. מערכות המכ"ם הראשונות שימשו למעשה מדי גובה ומדי מרחק כדי למנוע התנגשויות בין ספינות והתרסקויות של כלי טיס. מאוחר יותר התפתחו המערכות והחלו לשמש לגילוי מטרות בים ובאוויר. רק יותר מאוחר פותחו מכ"מים ששימשו לא רק לגילוי מטרות אלא גם לבקרת אש. בסופו של דבר שולבו מערכות מכ"ם במערכות הגנה - תחילה לצורך התרעה וגילוי בלבד ולאחר מכן לשיבוש "רד" (באמצעים אלקטרוניים). למעשה רק בפלטפורמות ימיות מודרניות משתמשים במערכת מכ"ם במסגרת מערכת יירוט "קשה", כגון הברק מתוצרת ישראל וה-Aegis מתוצרת ארה"ב.

בתהליך הזה, שנעשה בשלבים, הבשילו מערכות המכ"ם בצורה הדרגתית. הניסיון והידע שנצבר בשטח בהפעלת מכ"מים לגילוי הביאו ליכולת לפתח מכ"מים לעקיבה; הניסיון שנצבר בתחום הזה איפשר לפתח מכ"מים להתרעה, וכך הלאה.

בתחום היבשה - בשל הקשיים הטכניים שמציב התווך, בשל אופי המטרות ובשל עלות המכ"מים בהשוואה לעלות הפלטפורמות - לא התפתחו מערכות המכ"ם ולא הפכו לכלי בסיסי לגילוי מטרות, לרכישתן, לבקרת אש ולבסוף להגנה על הכלי.

המשימה הזאת של השגת תמונת מצב בקרב היא דבר כה בסיסי בזרועות הים והאוויר, עד כי איש לא

יעלה על דעתו בימינו שמטוס קרב או סטי"ל ייצאו למשימה ללא מכ"ם (ללא קשר למערכות ההגנה האקטיביות שעל המטוס או על הספינה).

בשני העשורים האחרונים מפותחות בארץ ובעולם מערכות מכ"ם לטנקים, אך תמיד מתוך מחשבה על מערכות הגנה אקטיביות. צורת המחשבה הזאת מייטרת למעשה את התהליך האבולוציוני הטבעי שבו התפתחו והוטמעו מערכות מכ"ם באוויר ובים ומזניחה את התרומות המבצעיות האדירות שנתנו מכ"מים באוויר ובים עוד לפני שהומצאו השבש והטיל נגד טילים.

מכ"ם לגילוי טנ"ט ופגזים על גבי טנק יאפשר את ההישגים המבצעיים הבאים:

- השגתה של תמונת המצב בקרב: כמה טילים ופגזים נורו? מהיכן? מכמה מוקדים?
 - התרעה מוקדמת לצוות המאויים וביצוע התחמקות והטעיה.
 - רכישת מטרות לאחר ירי על הכוח.
 - הכוונת אש מתוך כלים אחרים בכוח.
 - הכוונת אש לסיוע מגורמי האש והאוויר.
- ההישגים האלה יאפשרו להגן על הכוח, להשמיד את האויב ובחלק מהמקרים גם למנוע פגיעה בכלי המסוים שאליו נורה הטיל.
- את תמונת המצב בקרב ואת גילוי המטרות משיג

למכ"ם לגילוי טילים נגד טנקים ופגזים יש תרומה מבצעית משמעותית, גם כשמדובר במערכת העומדת בפני עצמה והיא אינה חלק ממערכת להגנה אקטיבית על הטנק

היום לוחם השריון באמצעות חישנים אופטיים, אך בעיקר באמצעות שימוש בעיניו ובמשקפת - כפי שעשו לוחמים באוויר ובים לפני 50 שנה ויותר.

מטרת המאמר הזה היא להסביר שהמכ"ם בפני עצמו הוא מכפיל כוח בהפעלת שריון ורק"ם אחר בביטחון שוטף ובחירום ולהמליץ על אופן שילובו. אף שהתרומה המבצעית של המכ"ם היא חלק משמעותי מהתרומה המבצעית של מערכת ההגנה כולה, הרי עלות ההצטיידות במערכות מכ"ם בלבד היא 5% בלבד - בהערכה שמרנית - מעלות ההצטיידות במערכות הגנה אקטיביות.

לאור זאת ולאור ההבנה שלא קיימים פערי היתכנות או ידע לייצור מערכת מכ"ם לאיתור טילי נ"ט ופגזים בדיוקים הנדרשים, אנו ממליצים להשקיע בפיתוחה של מערכת כזאת שתוצב על טנקים. פיתוח המערכות האלה יביא להשגת הישגים מבצעיים משמעותיים בעלות שתאפשר הצטיידות

בהיקף נרחב.

במאמר הזה אין בכוונתנו לטעון דבר נגד תרומתן האפשרית של מערכות הגנה אקטיביות, ואין אנו טוענים כי מערכת מכ"ם לטנק תהיה רק מערכת הגנה. ההפך הוא הנכון: מערכת מכ"ם לטנק תשפר את יכולתו לתקוף באמצעות רכישת מטרות והשגתה של תמונת מצב בקרב.

עם זאת תרומתו המרכזית של המכ"ם תהיה שיפור יכולתו של הכלי הבודד לגלות איומים ולהשמידם בהקדם. מאחר שהמכ"ם מאפשר לתת התרעה לכל הצוותים, הרי יש בו כדי לתרום להגנה הכוללת על הכוח כולו.

ההשוואה למערכות המיגון האקטיבי ולתרומתן נועדה לערער על התפיסה הקיימת היום בצבא, שלפיה יש לשלב מערכות מכ"ם על הטנקים אך ורק במסגרת מערכות מיגון אקטיביות.

מהן מערכות הגנה אקטיביות?

כידוע, כלי המערכה המרכזי של כוחות היבשה הוא הטנק. לאורך השנים, מאז המצאת הטנק, הלכה והשתכללה הטכנולוגיה למיגונו כדי לתת מענה לשיפורים שחלו בכלי הנשק להשמדת טנקים - במיוחד בכל הנוגע ליכולת החדירה שלהם. אולם ככל שהשתפר מיגונו של הטנק, כך הוא נעשה כבד יותר ומסורבל יותר.

מערכות הגנה אקטיביות יתנו מענה לבעיה הזאת ויאפשרו לייצר כלי רק"ם קלים, ניידים, בעלי חתימה נמוכה וחשוב מכול - בעלי יכולת מיגון משופרת. מערכות הגנה אקטיביות מנטרלות את האיום על הטנק באופן אקטיבי, בשעה שהאיום עדיין במעופו. הנטרול יכול להיות בעזרת אמצעי "רד" (אמצעים אלקטרוניים) או בעזרת אמצעי "קשה" (יירוט והשמדה של הטיל או של הפגז במעופו).

לצורך נטרול האיום - ובייחוד לצורך יירוטו באמצעי הגנה "קשה" - יש קודם כל לאתר אותו ולאחר מכן לעקוב אחריו עד שמערכת היירוט תקבל את כל הנתונים המדויקים הדרושים לה.

את גילוי האיום ואת המעקב אחריו מבצע מכ"ם המותקן גם הוא על הטנק. מערכות מיגון אקטיבי מפותחות במדינות שונות בעולם, ואף בישראל. מערכת מעיל רוח שהוצגה בתערוכת LIC 2005 היא דוגמה למערכת כזאת.

תיאור הטכנולוגיה - מהו מכ"ם?

מערכת מכ"ם לגילוי טילי נ"ט מתבססת על שידור של פולסים אלקטרומגנטיים וקליטה של ההדים המוחזרים מהטיל. ההדים האלה חלשים מאוד בהשוואה להדי הקרקע ולרעשים אחרים בסביבה, אך מהירותם הגבוהה של הטילים ושל הפגזים מאפשרת להפריד את המטרות מתוך הרעש



כוחות בריטיים מפטרלים בבצרה בנגמ"שים מדגם בולדוג. על הדפנות של הנגמ"שים מיגון נוסף בפני נשק נ"ט | ככל שהשתפר מיגונו של הרק"ם כך הוא נעשה כבד יותר ומסורבל יותר

שתפקידה יהיה לגלות את מקורות הירי. המערכת תשולב רק בכלי אחד או שניים בפלוגה, שתפקידם יהיה לתת לכוח את תמונת האויב. המכ"ם ישתלב במערכות השליטה והבקרה ויעביר את המטרות לשאר הכלים בכוח. באותו האופן יעברו איכוני מקורות הירי אל גורמי האש והאוויר ויאפשרו לתת לכוחות סיוע באש מדויקת. המכ"ם יתממשק למערכת בקרת הצריח של הכלי ויאפשר "הקפצה" של כוונת התותחן/מפקד אל מיקום המשגר.

החזון והתרחישים האופייניים

לדוגמה, פלוגת שריון עולה לעמדות תצפית על בינת־גיביל. על הכוח נורים 20 טילי נ"ט מתוך הבתים בכפר. אחד הכלים נפגע, הכוח נסוג לאחור, אך על צגי המענ"ק (מערכת שליטה ובקרה) מופיעים מקורות הירי. טנק אחר בפלוגה מקבל מטרה במענ"ק, עולה לעמדת אש ופותח מייד בירי לעבר המטרה שאיתר המכ"ם.

דוגמה נוספת: פלוגת שריון מנהלת קרב שריון בשריון מעמדות שהוכנו מראש. כלי אחד מפעיל מערכת מכ"ם מעמדה שולטת ומייצר מטרות בכל פעם שהאויב יורה לעבר הכוח או לעבר כוחות

מערכת המכ"ם מאפשרת לגלות איומים שאינם נורים לעברה, ולכן היא מאפשרת לתת מענה למסגרת שלמה ולא דווקא לכלי בודד

חישובים למציאת הנקודה שממנה שוגר הטיל. טווח הגילוי של מערכת מכ"ם תלוי בקווי הראייה אל הטיל עצמו, אך הוא מוגבל גם על־ידי הפרעות מהקרע. התופעות האלה (Multipath) מגבילות את טווח הגילוי של המכ"ם לקילומטרים ספורים. מערכת המכ"ם מאפשרת, כמובן, לגלות איומים שאינם נורים לעברה, ולכן היא מאפשרת לתת מענה למסגרת שלמה ולא דווקא לכלי בודד. מערכת מכ"ם תשמור על דיוקים סבירים גם כאשר הירי ייעשה לעבר מטרה הרחוקה ממנה בין חצי קילומטר לקילומטר. ככל הנראה תמרונים אפשריים של איומים מוכרים לא ישפיעו בצורה משמעותית על דיוקי המערכת או על הסתברות הגילוי.

הרעיון המרכזי

הרעיון המרכזי הוא לשלב מערכת מכ"ם בטנק

ולגלותם באמצעות אפקט דופלר. מהסיבה הזאת מסוגלות מערכות מכ"ם לגלות בדרך כלל אך ורק מטרות נעות.

לתהליך הגילוי של הטיל יש כמה שלבים: בשלב הראשון מבצע המכ"ם סריקה קבועה - החוזרת על עצמה - של השטח.

בשלב השני מגלה המכ"ם את הטיל ומוודד את מיקומו ואת מהירותו. בשלב הזה על הטיל להיות כבר במעוף כדי לייצר את אפקט דופלר הנדרש לגילוי.

בשלב השלישי עוקב המכ"ם אחרי הטיל במעופו. במהלך המעקב אוסף המכ"ם נתונים על מיקום הטיל. הנתונים האלה נחוצים כדי לוודא שאכן מדובר באיום ולמנוע התרעות שווא.

המכ"ם אינו מתריע על הטיל מייד עם הגילוי הראשון. ניתן לתכנן את המכ"ם כך שיחכה כמה מדידות לפני מתן התרעה לצוות, וכך יתאפשר למכ"ם לוודא שאכן מדובר במטרה עקבית, בעלת מאפיינים של טיל נ"ט ובאופן הזה לצמצם את האפשרות למתן התרעת שווא. מכיוון שלמכ"ם יש מידע מוקדם על מסלול מעוף אופייני של טיל נ"ט, ניתן לשפר את דיוקי המערכת באמצעות מיצוע.

בשלב הרביעי מבצע המכ"ם שערך לאחור, דהיינו



מטיס - טיל נ"ט דור ב' לטווח של עד 1,500 מטר מתוצרת רוסיה. הטיל מסוגל לחדר עד כ-950 מ"מ שריון | בהשוואה להשקעה במערכת הגנה אקטיבית, השקעה במכ"ם תהיה בבחינת השקעה של 20 האחוזים שנייבו את 80 האחוזים מתפוקת המערכת כולה

- רכישת מטרות לאחר ירי על הכוח.
- הכוונת אש מתוך הכוח.
- הכוונת אש סיוע מגורמי האש והאוויר.

כלומר, מערכת המכ"ם לבדה תשיג את רוב המשימות שמבצעת מערכת מיגון אקטיבית, חוץ מאשר השמדת הטיל. אין משמעות הדבר שצוות הטנק ייפגע בוודאות, כיוון ששלב ההתרעה המוקדמת יאפשר בחלק מהמקרים לרדת מעמדת תצפית, להפעיל מדוכות עשן ולבצע ירי למניעת הפגיעה בצוות. יש לזכור כי מלכתחילה יש לטנקים כיום יכולת מיגון משמעותית, ולכן פגיעה של טיל ראשון או של פזז ראשון בכלי אין משמעותה בהכרח השמדת הצוות או נטרול יכולתו לנוע או להשיב אש. יתר על כן, בחלק מהמקרים עשויים הטיל הראשון או הפזז הראשון להחטיא את מטרותיהם. בכל מקרה תושג השמדה של החוליה היורה, ויימנע ירי חוזר על הכוח, ולכן רוב הכוח יישאר מוגן ויוכל לבצע את משימתו.

השוואת עלויות

למימוש התפיסה אין צורך בהתקנה של מכ"ם על כל כלי ביחידה. נניח שניתן להסתפק בשני טנקים

שילובו של מכ"ם לגילוי טילי נ"ט ופגזים על גבי טנק יאפשר לקבל תמונת מצב בקרב

במכ"ם תהיה בבחינת השקעה של 20 האחוזים שנייבו את 80 האחוזים מתפוקת המערכת כולה. יש לזכור שגם מערכת הגנה אקטיבית יכולת יכולת יירוט היא מוגבלת ולא נותנת מענה של 100%. לאור העובדה שאין בנמצא כיום פתרון הגנה מושלם, יש מקום לבחון פתרון הגנה חלקי המשלב את המיגון הקיים של הכלי עם מערכת להתרעה ולגילוי מקור הירי. ההישגים המבצעיים של מערכת מיגון אקטיבית הינם:

- השמדת האיום של טני"ט והגנה על אנשי הצוות בכלי המאויים בסבירות גבוהה - אם לא ניתן להתחמק מהטיל או להסתתר ממנו.
- מתן התרעה מוקדמת לצוות המאויים וביצוע התחמקות והטעיה.
- קבלת תמונת מצב בקרב: כמה טילים ופגזים נורו? מהיכן? מכמה מוקדים? האם הירי נמשך?

אחרים. התותחן מכוון את התותח לפני העלייה לעמדה, והמטרה מושמדת בפגז הראשון, מייד עם העלייה לעמדה.

שתי הדוגמאות שהובאו לעיל אמורות לייצג תרחישים אפשריים, שבהם תהיה למערכת המכ"ם תרומה משמעותית. בדוגמה הראשונה - של חוליה היורה טילי נ"ט - מדובר באיום מתמשך, שכן אותה החוליה עלולה לשגר טילים שוב ושוב. לכן בתרחיש כזה יש משמעות רבה לגילוי הטיל הראשון, כיוון שניתן להשמיד את החוליה ולהגן על יתר הכוח, גם כאשר אחד הצוותים נפגע.

בשטחים פתוחים אפשר יהיה לספק הגנה למסגרת כולה באמצעות כלי אחד או שניים המצוידים במכ"ם. אולם בכניסה לשטחים בנויים עלולים קווי הראייה המוגבלים למנוע הגנה הדדית בתוך הכוח. בעת תנועה בשטח - מוגבל הכוח הלוחם ביכולותיו לבצע תצפית רציפה ולהגן על אנפיו, בעוד שחשיפתו לירי גדלה. בתרחיש כזה תאפשר מערכת המכ"ם לכוח להבין במהירות את תמונת הקרב ולהגיב במהירות.

התפוקות המבצעיות

שילובו של מכ"ם לגילוי טילי נ"ט ופגזים על גבי טנק יאפשר לקבל תמונת מצב בקרב: כמה טילים ופגזים נורו? מהיכן? מכמה מוקדים? האם הירי נמשך? וכו'. הנתונים האלה יאפשרו לתת התרעה מוקדמת לצוות המאויים ולכוח כולו שבמסגרתו פועל הצוות. את ההתרעה הזאת אפשר יהיה לנצל לביצוע תמרוני התחמקות והטעיה, לרכישת מטרות, להכוונת אש מתוך הכוח (באמצעות הכלי המאויים ובאמצעות כלים אחרים בפלוגה) ולהכוונת אש סיוע מגורמי האש והאוויר.

מידת הדיוק

כיוון שפותחו כבר מערכות מכ"ם לגילוי טני"ט לקראת שילובן במערכות הגנה אקטיביות, אנו יודעים כבר היום איזו מידה של דיוק ניתן להשיג. מטבע הדברים אין זה המקום לפרט את ביצועי המערכות האלה, אך ניתן לציין כי לאחר ניתוח ראשוני נראה שאין בעיית היתכנות להשגת הדיוק הנדרש להכוונת אש ותצפית.

השוואה בין ההישגים המבצעיים של מערכת הגנה אקטיבית לבין ההישגים המבצעיים של מכ"ם המשולב בטנק

כאמור, למערכת מכ"ם המשולבת בטנק תהיה תרומה גם ליכולתו של כוח שריון להתגונן מפני איומי נ"ט - אם באמצעות השמדת מקור הירי מייד לאחר ירי הטיל הראשון ואם באמצעות מתן התרעה לצוות הטנק המותקף.

בהשוואה להשקעה במערכת הגנה אקטיבית, השקעה



מערכת מעיל רוח מותקנת על נושא גייסות אמריקני מדגם סטרייקר. המערכת כוללת מכ"ם לגילוי טילים נגד טילים (מוקף בעיגול) | למערכת מכ"ם המשולבת ברק"ם תהיה תרומה גם ליכולתו של כוח שריון להתגונן מפני איומי נ"ט - אם באמצעות השמדת מקור הירי מייד לאחר ירי הטיל הראשון ואם באמצעות מתן התרעה לצוות הרק"ם המותקף

בתפיסה המוצעת יש צורך בחמישית מהמכ"מים, ולכן הבעיה תפחת משמעותית. יתר על כן, הפרעות כתוצאה ממכ"ם עמית לא יגרמו לתוצאות הרוט אסון כגון ירי פתאומי במערכת הגנה אקטיבית. אין ספק ששילוב של מערכת מכ"ם גילוי על טנק והטמעה של מערכת כזאת עד להיותה אמלי"ח של ממש פשוטים יותר מהטמעתה של מערכת מכ"ם במסגרת מערכת מיגון אקטיבי. כיוון שבמערכת מיגון אקטיבי המכ"ם הוא מכלול אחד במערכת שלמה, הרי מכ"מים שישולבו בעתיד על טנק במסגרת מערכת מיגון אקטיבי יפיקו מהניסיון שייצבר בהפעלתם ובהטמעתם של מכ"מים לגילוי בלבד.

פערי הפיתוח

למעשה אין בעיית היתכנות בתחום של מערכת המכ"ם המוצעת. הפיתוח הזה כבר נעשה, והוא תוצר לוואי של שני עשורים של מחקר בתחום של איכון טני"ט ופוגזים בעבור מערכות הגנה אקטיביות. הידע ואבי הטיפוס קיימים, אך נדרשים תכנון ופיתוח של מערכת שתהיה מותאמת למשימה המוצעת. בשלב השני ניתן יהיה לשדרג את מערכות המכ"ם

בניית מערכים נרחבים לשיבוש מערכות מכ"ם ברמה הטקטית ביבשה תדרוש מאמץ טכנולוגי משמעותי מהאויב, ואם הוא יחליט ללכת בכיוון הזה, ייחשב הדבר מבחינה מסוימת להישג של צה"ל

להתמודד עם התרעות השווא ביתר קלות ולתת התרעות ברמות שונות בהתאם לרמת הביטחון של המערכת בגילוי ובהתאם לכוננות המערכת. כמו כן תתאפשר הודעת ביטול או הפסקת התרעה לאחר וידוא נוסף.

שנית, מאזן הזמנים הנדרש לביצוע גילוי, עקיבה ושערוך המסלול במערכת יירוט יכול להיות קצר מאוד (חלקיקי שנייה). בתפיסה המוצעת ניתן לתת התרעה מוקדמת ולבצע שערוך לאחר מעקב מלא ואף בהשהיה לאחר הירי עצמו ולא בזמן אמת. מאחר שמערכת מיגון אקטיבית דורשת להתקין מכ"ם על כל כלי בכוח, נוצרת בעיה קשה ביותר של "חיים בצוותא" בין כלים רבים בתא שטח קטן.

בפלוגה, כלומר על כל טנק חמישי.

נוסף על כך ניתן להעריך באופן שמרני שעלותו של מכ"ם גילוי היא כרבע מהעלות של מערכת להגנה אקטיבית. יש לזכור שמערכת הגנה אקטיבית כוללת נוסף על מכ"ם הגילוי גם מערכת יירוט שלמה. במילים אחרות: חישוב שמרני של יחס העלויות בין המערכות בהצטיידות ראשונית מלמד שמדובר ב-20:1. למותר לציין כי מכ"ם אינו אמלי"ח מתכלה ואינו דורש אמצעי בטיחות מורכבים לאחסנה ולתחזוקה.

השוואת אתגרים טכניים

מימושה של מערכת מכ"ם במסגרת מערכת יירוט הוא מורכב ביותר ודורש התמודדות עם כמה וכמה אתגרים טכנולוגיים.

ראשית, כיוון שמדובר במערכת הגנה "קשה" המבצעת ירי, נדרשת המערכת להגיע להסתברות נמוכה ביותר של איכון שווא. בתפיסה המוצעת ניתן להשלים עם קצב התרעות שווא סביר (נניח התרעת שווא אחת בשבוע). אומנם התרעות השווא האלה עלולות לגרום לחוסר אמון של המפעיל במערכת, אך הן לא יגרמו לאבדות בגוף ובנפש. כיוון שאין צורך בסגירת מעגלי ירי בזמן אפסי, ניתן יהיה



מיגון אקטיבי יפיקו מהניסיון שייצבר מהפעלתם ומהטמעתם של מכ"מים לגילוי בלבד. לא קיימים פערי היתכנות טכנולוגיים, דהיינו בידינו כיום כל הידע הנחוץ לפיתוח מכ"מים כאלה. הפערים האלה הושלמו תוך כדי תהליך הפיתוח של מערכות ההגנה האקטיביות. כבר המערכות הקיימות כיום יכולות להשיג את מידת הדיוק הנדרשת.

לאור זאת ולאור העובדה שההצטיידות במכ"ם לבדו עולה רק 5% מעלות ההצטיידות במערכת הגנה אקטיבית - וזאת בחישוב שמרני - אנו ממליצים לשנות את הגישה ולשלב מכ"מים בטנקים כדי שישמשו מערכות גילוי והתרעה ולא רק במסגרת של מערכת הגנה אקטיבית.

* גרסה קודמת של המאמר נכתבה במסגרת קורס "אפק" במכללה הבין-זרועית לפיקוד ולמטה

ההדים החוזרים. מהסיבה הזאת יכול המכ"ם לגלות את הטיל או את הפגז בלי שום קשר למערכת התצפית, הניהוג או ההכוונה של הטיל או של הפגז. אם מערכות של טילי נ"ט ישתמשו בעתיד באורכי גל חדשים, במערכות חדשות לראייה תרמית או בכל טכנולוגיה אחרת - המכ"ם עדיין יוכל להתמודד עם הטיל ולאתר את הירייה, בעוד שאת המערכת האופטית צריך יהיה, כנראה, להתאים לטכנולוגיה החדשה.

סיכום

עד כה שולבו מערכות מכ"ם בטנקים רק במסגרת מערכות מיגון אקטיביות. המאמר הזה מציע גישה חדשה וטבעית לשילוב מערכות מכ"ם, כפי שהדבר נעשה בזרועות האוויר והים.

למכ"ם גילוי והתרעה עצמאי בטנק יש תרומה מבצעית משמעותית המצדיקה לפתח אותו ולהתקינו בטנקים: הוא נותן תמונת מצב בעת קרב והתרעה מוקדמת לצוות המאויס, הוא מאפשר לרכוש מטרות לאחר הירי על הכוח ולכוון אש מהאוויר, מהים ומהיבשה.

מכ"מים שישולבו בעתיד על טנקים במסגרת מערכת

על הטנקים ולהקנות להן אפשרות לגלות גם כלי רכב ובני אדם. בכל מקרה, את היכולת לגלות בני אדם וכלי רכב ניתן יהיה להשיג באמצעות שינויי תוכנה בלבד. אך אם נרצה להשיג ביצועים משופרים בתחום הזה, יידרשו, כנראה, שינויי תכן מהותיים יותר.

ייתכן כי בסופו של דבר ישולבו המערכות לבקרת שטח (לגילוי בני אדם וכלי רכב) והמערכות לאיכון הטני"ט כך שניתן יהיה לאכן את ירי הטני"ט ולאחר מכן לעקוב אחר החוליה הנמלטת מהמקום. באופן כללי, גם מכ"ם בקרת שטח יספק לכלי הרק"ם תמונת מצב בנוגע לסביבתם ולמקורות האיום האפשריים.

השוואה מול מערכות אופטיות

קיימות מערכות אופטיות לאיתור משגרים, אולם בלי להיכנס לאופיין של המערכות האלה אפשר להצביע על יתרונותיהן של מערכות המכ"ם:

עבודה בתנאי אל-ראות. מערכות מכ"ם פועלות בכל תנאי האל-ראות. חשיכה, עשן, גשם וערפל אינם מונעים ממערכת המכ"ם לבצע את משימתה.

קשר עין ליורה. מערכת המכ"ם אינה מאתרת את הירייה באופן ישיר, אלא משערכת את מיקומו בדיוק רב מתוך מסלול הטיל או הפגז. לכן די בפרק זמן קצר של זיהוי הטיל באוויר באמצעות המכ"ם כדי לאתר את מיקום הירייה. גם אין הכרח שהירי יתבצע אל הכלי עצמו הנושא את המכ"ם כדי לזהות את נקודת המוצא של הטיל.

בטיחות קרינה. מערכת המכ"ם מהסוג שבו אנו דנים - כמו כל מערכת מכ"ם - פולטת קרינה, אולם טווחי הבטיחות שלה קצרים מאוד: מטר אחד לחייל העומד בקרבת הכלי וכ-10 סנטימטרים לנוסעים בכלי עצמו (עמדת הטען והמפקד). בכל מקרה לא קיימות במערכות מכ"ם סכנות כווייה וסנוור.

חסינות לשיבוש. מערכת מכ"ם אינה חסינה לחלוטין מפני שיבוש, אך קיימים ידע רב ומנגנונים מגוונים להתמודדות עם חסימות ל"א. יתר על כן, כיום לא קיימים אמצעים זמינים וזולים לשיבוש ולחסימה של מערכות מכ"ם טקטיות ביבשה. בניית מערכים נרחבים לשיבוש מערכות מכ"ם ברמה הטקטית ביבשה תדרוש מאמץ טכנולוגי משמעותי מהאויב, ואם הוא יחליט ללכת בכיוון הזה, ייחשב הדבר מבחינה מסוימת להישג של צה"ל.

פתרון גנרי למגוון של איומים. מערכת המכ"ם היא מערכת אקטיבית שמשדרת קרינה וקולטת את