

הגנה בפני טילים בליסטיים – כיצד?

עוזי רובין*

מתוצרת מקומית, ימשיכו לזרום למחסני הנשק של מדינות מתפתחות רבות, וכי לא ניתן עוד לעצור תהליך זה. הטילים הבליסטיים האזוריים, הינם אפוא, עובדה קיימת שיש להביאה בחשבון בכל התלקחות עתידית בין המדינות המתפתחות, או בין לבין המדינות המתועשות. ואכן, הפלישה העיראקית לכויית, והעימות שפרץ בעקבותיה, העלו בצורה חריפה את הצורך בהתייחסות הולמת לאיום הטילי העיראקי – הן מצד כוחות ארה"ב ובעלות בריתה שהיו ערוכים בערב הסעודית, והן מצד ישראל, שהיוותה מטרה לאותם טילים עיראקיים שנחתו בשעתו על טהרן. הדברים הבאים יעסקו באופן כללי באפשרויות המענה לאיום הטילי, אך יתרכזו בעיקר במאפיינים של מערכות הגנה אקטיוויות – היינו, מערכות נשק שתפקידן להשמיד טילים בליסטיים תוך כדי מעופם. אין בכוונת הדברים להצביע על פתרונות חד משמעיים, אלא להציג כמה בעיות ומושגי יסוד של ההיבטים הטכניים, הכלכליים, והאסטרטגיים הקשורים למערכות אלה.

הופעתם של טילים בליסטיים אזוריים¹ במדינות מתפתחות רבות, כולל במזרח התיכון, גורמת זה זמן לדאגה גוברת בקרב שתי המעצמות הגדולות ובמדינות אירופה המתועשות. עד כמה גדולה דאגה זו ניתן ללמוד, למשל, מההכרזה המשותפת של נשיאי ארה"ב וברה"מ בפסגת וושינגטון שהתקיימה ביוני 1990, ושבה יוחד פרק שלם לתפוצת הטילים הבליסטיים בעולם. דאגה זו הביאה, ב-1987, להקמתו של "משטר הבקרה על טכנולוגיית טילים" על-ידי מרבית המדינות המתועשות במערב, משטר שנועד למנוע ייצוא טילים בליסטיים וחלקיהם למדינות המתפתחות. ל"משטר" זה מייחסים כיום בארה"ב הצלחה חלקית בהאטתו, או ביטולו, של פרויקט ה"קונדור" – טיל בליסטי שפיתוחו החל בארגנטינה, ויעדו הסופי – עיראק ומצרים. עם זאת, ה"משטר" נכשל לחלוטין במניעת פיתוחו של הטיל הבליסטי ההודי, ואף לא מנע את פיתוח הטילים העיראקיים "אל-חוסייין", "אל-עבאס" ו"אל-עביד" (הראשון מביניהם שימש כזכור להפצצת טהרן וערים אחרות באיראן, בסופה של מלחמת איראן-עיראק 1980-1988). כיום, ברור למעצבי המדיניות בשתי המעצמות, כי טילים בליסטיים אזוריים

* המאמר נכתב לפני פרוץ המלחמה במפרץ הפרסי.

ארבע דרכי מענה לאיום הטילי

עקרונית, ניתן להציג ארבע דרכי מענה לאיום הטילי: הרתעה, המנעה, הגנה פסיונית והגנה אקטיונית. מבין ארבע דרכים אלה ההרתעה הינה, מבחינה תפיסתית, הפשוטה ביותר. זו מבוססת בעיקרה, על איום בגמול חמור אשר ירתיע את האויב מלשגר טילים לשטחנו. ההרתעה מסתמכת, במובהק, על שיקולים פסיכולוגיים ומדיניים, לא פחות מאשר על האמצעים הצבאיים שבעין. למרות שההרתעה מהווה עד עצם היום הזה אמצעי בדוק ומוכח בעימות הגרעיני הבינושי, קיימים חילוקי דעות רבים בקרב החוקרים באשר למהימנותה ויציבותה, בעיקר כשהדבר נוגע לעימותים מקומיים בין מדינות מתפתחות. הרתעה שאינה מצליחה להרתיע, עלולה להוות "בומרנג", ולגרום להסלמה ולהרס בל יסוער. מוטב עליכן, להיזהר מלהסתמך על הרתעה כאמצעי יחיד.

"המנעה" פירושה – השמדת הטילים לפני שילוחם, כאשר היכולת לבצע זאת תלויה באמצעים הצבאיים שבידי המגן; ביכולתו לדעת מראש היכן ממוקמים טילי האויב; וביכולתו להכות בעומק שטח האויב, תוך ספיגת אבדות נסבלות. גם בהתמלא כל התנאים הללו, עומדת בפני המגן דילמה צבאית ומדינית: עצם פעולת ההמנעה. מוצלחת ככל שתהיה, עלולה להביא לפריצתה של מלחמה כוללת, וכן לצעדי תגובה מדיניים מצד שאר מדינות העולם. המנעה הינה צעד הכרחי רק כאשר האיום הנובע מצד האויב הוא כה חמור, עד כי ניטרולו שווה את הסיכונים הצבאיים והמדיניים הכרוכים בכך. אין כיום חילוקי דעות רבים על כך שהשמדת הכור הגרעיני העיראקי ב-1981 – שהייתה פעולת אמנעה קלאסית – ענתה לקריטריון זה. לגבי האיום הטילי העיראקי, זוהי שאלה אחרת.

"הגנה פסיונית" משמעותה – הקטנת הפגיעות של המטרות הפוטנציאליות בפני ראשי החץ של טילי האויב, לשם כך ניתן להשתמש במגוון של אמצעים: שריון והקשחה של מתקני קבע כמו שדות תעופה ומערכות תקשורת; פיזור כוחות – יחידות שריון וח"ר – למניעת פגיעה מרוכזת; בניית מקלטים ומתן אמצעים להגנה בפני לוחמה כימית בידי אוכלוסייה אזרחית וגייסות. הגנה פסיונית בפני ראשי חץ נפצים או כימיים וביולוגיים, הינה יקרה למדי, אך אפשרית. לעומת זאת, הגנה פסיונית בפני ראשי חץ גרעיניים כמעט בלתי אפשרית: ניתן לתאר הגנה כזו על מספר קטן של מטרות נבחרות, אך לא על אוכלוסייה או על מטרות כלכליות.

מקובל לחשוב שאילו ניתן היה לפגוע בטילים בשעת מעופם, כפי שטילים נגד מטוסים פוגעים במטרות, היה ניתן ליטול מעוקצם ללא סיכונים צבאיים ומדיניים, ולהקטין את הצורך במיגון פסיוני נרחב ויקר. זוהי עיקרה של "ההגנה האקטיונית" – הגנה המתבססת על אמצעי נגד כמו: מערכות חישה המאתרות את הטיל התוקף במעופו, ומערכות הדג הפוגעות בו לפני הגיעו למטרותו

ומשמדות אותו. ואמנם, היתרון הפוטנציאלי של ההגנה האקטיונית כבר הביא לכמה פיתוחים והתאמתם של טילים כנגד טילים (להלן טילי נט"ל), שייעודם הייחודי הוא לפגוע בטילים קצרי טווח. בארה"ב, פותח ה"פטריוט דגם 2", שהינו שיפור של טיל הנ"מ "פטריוט" לצורך יירוט טק"ק. באזורנו, עיראק הכריזה עוד בשנת 1988 על פיתוח של טיל נט"ל בשם "פאו 1" ואילו ישראל מקיימת מזה זמן מאמץ לפיתוחו של טיל נט"ל "חץ", בשיתוף עם ארה"ב. הדברים שכאן יתרכזו בכמה היבטים של ההגנה האקטיונית, ויבחנו את הפרמטרים העיקריים החייבים להשפיע על פיתוחה והצבתה.

השיקולים הכלכליים

"עוגת ביטחון", ותהיה גדולה ככל שתהיה, אינה אינסופית, וכל נתח שנפרוס ממנה יהיה בהכרח על חשבון נתחים אחרים של ביטחון וכלכלה לאומיים. עליכן, בבואנו לבחון פיתוחה והרכשתה של מערכת נשק חדשה, עלינו לקבוע מראש את "תחום המחיה" שלה, על-מנת שהדבר לא יפגע במכלול העוצמה שברשותנו. במיוחד נכון הדבר בבואנו לבחון את נחיצותה ויעילותה של מערכת הגנה מובהקת: המחיר שנהיה מוכנים לשלם עבור השמדתו של מטוס או טיל אויב, חייב להיות נמוך דיו כדי שלא לשבור את הגב של העוגה הביטחונית. מדד סביר למחיר זה, המכונה בעגה המקצועית "מחיר-ההריגה" (price per kill), הוא מחירה של המטרה המאיימת. אם "מחיר-ההריגה" גבוה ממחיר המטרה, נמצאנו מפסידים במלחמה הכלכלית – היינו, ביכולתנו הכלכלית להעמיד מענה לאיום. לדוגמה: מחירה של סוללת טילי "פטריוט" הוא כ-100 מיליון דולר, והיא מכילה כ-32 טילים. אם רק שנים מתוך כל שלושה טילים יפילו מטוס אויב, הסוללה תשמיד כ-21 מטוסי אויב שערכם הכלכלי הוא כחצי מיליארד דולר, כלומר, "מחיר-ההריגה" של כחמישה מיליון דולר הינו מחיר כדאי כשמדובר באיום הבא ממטוסי האויב – הנזק לאויב גדול פי כמה וכמה מהמחיר ששילמנו עבור רכישת האמצעי המגן. לעומת זאת, אם אותה סוללה, במתכונת "פטריוט דגם 2", תפגע אפילו ב-32 טילי אויב מסוג "סקאד" (טילים פשוטים וזולים שמחירם, לפי הערכות שונות, קרוב למיליון דולר לכל טיל), נמצא ש"מחיר-ההריגה" הינו במודגש לרעתנו, ולאורך זמן נוצר פה מצב מסוכן מאוד. אם האויב מסוגל לרכוש או לייצר טילים נוספים, הרי שיש לו תמריץ להגביר את מספר טיליו מכיוון שתמורת השקעה צנועה יחסית מצדו, הוא יאלץ אותנו להוסיף אמצעי-מגן יקרים (על חשבון כוחות אוויר, ים או יבשה), או שלא להוסיף אמצעי-מגן – ולהיחשף בכך לטילים הנוספים שבידו.

מבחן נוסף ליעילותה הכלכלית של מערכת-ההגנה, הוא "יחס החלופין בשוליים". מושג זה מתייחס למצב שבו כבר ביצענו את ההשקעה הבסיסית במערכת-ההגנה, ועתה אנו באים לחשב, כמה דולרים נצטרך להוסיף להגנה נגד כל דולר שהאויב ישקיע בתוספת כוח התקפה. ברור

ההיבט הטכנולוגי

הבעיות הכרוכות בהשמדתו של טיל בליסטי תוך כדי מעופו החלו להיבחן עוד בטרם נדמו הדי הקרבות של מלחמת העולם השנייה. הצלחתם של הגרמנים בהפצצת לונדון בעזרת הטיל הבליסטי הראשון בהיסטוריה, ה-2V-3, עודדה מחקרים רבים אודות האפשרות לפתח הגנה אקטיווית כנגד סוג זה של נשק. עם הכנסתם לשימוש של הטילים הבליסטיים הביניבשתיים, הגבירו שתי המעצמות את מאמציהן להגדרת מערכות הגנה ולפיתוחן, ואף הכניסו אותן לשימוש. ארה"ב השביתה אמנם את המערכת היחידה שהציבה בשנת 1970, אך בשנת 1983 פיתחה במאמץ חדש את "יוזמת ההגנה האסטרטגית" (SDI) הידועה.

מתוך מאמרים סובייטיים שפורסמו לאחרונה במסגרת ה"גלסנוסט", ידוע כיום שגם לסובייטים היו לפחות שלושה פרויקטים לפיתוח מערכות הגנה אסטרטגיות. לדעת רבים וטובים, השמדת טיל בליסטי הינה בהישג ידה של הטכנולוגיה המודרנית, הבעיה בעיקרה הינה כלכלית – היינו, השמדה במחיר מתקבל על הדעת.

במאמר שהוזכר כאן נסקרו בהרחבה מסוימת סוגי הטכנולוגיות אשר "יוזמת ההגנה האסטרטגית" בוחנת לצורך מערכת הגנה עתידית כנגד טילים ביניבשתיים. באשר להגנה בפני טילים קצרי טווח יחסית, המערכות החלליות שאותן תיארו, אינן ישימות, מכיוון שטילים קצרי טווח "מבליס" זמן קצר מאוד בחלל החיצון – וחלקם, כמו ה-SS-21 הסובייטי, אינם יוצאים כלל ועיקר מתחום האטמוספירה תוך כדי מעופם. מתקבל כי מערכות הגנה בפני טילים קצרי טווח, חייבות להתבסס על אמצעים המוצבים על הקרקע או מוטסים באוויר – אך לא על מערכת חלליות.

אמצעי הגילוי והאיתור הבאים בחשבון הינם: מכ"מים ומערכות אופטיות-קרקעיות/או מוטסות. כאשר מדובר על חישה בתוך האטמוספירה, קיימת בעיה מסוימת לגבי מערכות אופטיות, הנובעת ממצב אוויר ומשקיפות האטמוספירה. מערכת אופטית, גם אם היא מוצבת על מטוס מגביה טוס, עלולה להיחסם על-ידי מסך של עננות. מקובל כיום להניח כי האמצעים הטובים ביותר לגילוי ולאיתור טילים בליסטיים הינם מכ"מים, בהתאמות הנדרשות כמובן, וכי אמצעים אופטיים יכולים להשלים אותם כגיבוי ואימות.

"אמצעי ההריגה" שניתן להביא בחשבון הינם: נשק קרינה (ליזרים רבי עוצמה); תותחים בעלי מהירות לוע גבוהה; וטילים נגד טילים. האמצעי הראשון הינו הקוסם ביותר: לו יכולנו להציב ליד האזור שברצוננו להגן "תותח-ליזר" כמו בסרט "מלחמת הכוכבים", הרי שמחיר ההרג היה זניח: תמורת מנת-אנרגיה שמחירה דולרים

* ראה: עוזי רובין, "יוזמת ההגנה האסטרטגית – דמיון ומציאות", מערכות 317 אוקטובר-נובמבר 1989, עמ' 14.

מאליו, שאם יחס זה הוא לרעתנו, ייווצר בכך תמריץ למרוץ חימוש שבו ידנו תהיה על התחזונה. ניתן לתאר מצב קיצוני שבו האויב, מבלי לירות טילים בפועל, יביא אותנו אל סף מפלה צבאית, רק על-ידי צבירת יותר ויותר טילים. אם נשקיע את כל המשאבים בתוספת מערכות הגנה, ולא נשקיע בצורה שקולה בשאר כוחותינו – נגיע לנחיתות צבאית כוללת ולאובדן היתרון בשדה הקרב עצמו, וכל זאת עוד לפני שמערכות ההגנה הגיעו לכלל ביטוי – ונמצא שכל ההשקעה בזמן, בכסף, ובכוח אדם היו, בדיעבד, לרועץ.

מובן שבמציאות קשה ביותר לחשב את המדדים הכלכליים שהחזרו לעיל, מכיוון שמשפיעים עליהם גורמים שונים ורבים. נסתפק בציון העובדה כי גם לאחר שקבענו את "מחיר ההריגה" ואת "חיס החלופין בשוליים" שניתן להגיע אליהם בהיבט הטכני הטהור, אין בכך מענה שלם לבעיה. יכולתם הכלכלית של הצדדים ומשאבי האנוש שלהם ממלאים פה תפקיד חשוב מאין כמוהו. סביר להניח שמדינה עשירה כמו ארה"ב, יכולה להרשות לעצמה "מחיר-הרג" גבוה פי כמה מאשר מדינה מתפתחת כלשהי, גם אם הטיל המאיים הוא אותו טיל עצמו. מערכות הגנה דורשות משאבי אנוש, כולל כוח אדם איכותי, העשויים להוות משאב במחסור גם למדינות בעלות מקורות כלכליים נכבדים. עם זאת, המדדים הכלכליים שתיארנו למעלה – תוקפם, באופן עקרוני, נכון לכל מצב, אם כי שיעורם הכמותי יכול לנוע בצורה ניכרת. יצוין, שמדדים אלה משמשים עד היום בוויכוח המתמשך אודות "יוזמת ההגנה האסטרטגית"*, וכי המחייבים והשוללים כאחד משתמשים בהם, כמובן, תוך הכנסת ערכים שונים ומנוגדים – כדי להוכיח את צדקת טיעוניהם.



חיילים אמריקנים ליד שברי טיל סקאד

ספורים, היינו משמידים טיל שמחירו מיליון דולר ויותר. דא עקא, שלמערכת ליזר שני חסרונות בסיסיים: האחד, פעילותו בתוך האטמוספירה סובלת מהפרעות (כיוון שהאוויר עצמו סופח חלק מהאנרגיה וגורם לעיוות הקרן ולטווח יעיל נמוך), והשני, מתקני התשתית הדרושים להפיכת אנרגיה חשמלית לקרן ליזר, מסובכים ויקרים. מתקבל שגם אילו היינו מציבים "תותח-ליזר" ליד אזור מוגן, הרי הגנת אזור נוסף היתה עולה לנו במחיר יקר, במלים אחרות – "יחס החלופין בשוליים" היה גבוה יחסית. בנוסף לכל אלה, אין כיום בנמצא "תותח-ליזר" בעוצמה מתאימה, אפילו לא בארה"ב.

במושג "תותחים מהירים", כוונתנו לתותחים בעלי מהירות לוע בת שלושה ק"מ לשנייה!! הגבוהה בהרבה מזו המקובלת כיום בתותחנות הקלאסית – קילומטר וחצי עד שניים לשנייה. מהירויות גבוהות כאלה הכרחיות ליירוטו של טיל המתקרב אלינו במהירות דומה. להשגתן, לא ניתן להסתפק בשיטה הקיימת של האצה בעזרת מטען אבק-שריפה, אלא יש להשתמש באנרגיה חשמלית במקום או בתוספת לאנרגיה הכימית. בארה"ב נוסו עד כה תותחים אלקטרומגנטיים בקטרים זעירים. היה ותותח כזה יפותח, סביר ש"מחיר-ההריגה" שלו יהיה מעט גבוה יותר מזה של נשק אנרגיה, מכיוון שהקליע יכלול מספר מערכות, כגון מערכת מרעום ואולי גם מערכת הכוונה עצמית. המחיר הבסיסי של המתקן כולו יהיה גבוה ממחירו של תותח רגיל, בגלל מורכבותו של מקור האנרגיה החשמלי.

כיוון שהתותח יפעל בתוך האטמוספירה, הקליע יאבד מהירות בשלב מוקדם למדי, והטווח יהיה מוגבל. על-כן, סביר להניח ש"תותח-מהיר", אם וכאשר יפותח, יתאים להגנה נקודתית של מטרות יקרות ערך, כגון מפקדות, תחנות כוח וכו', אך לא על מטרות שטח כמו ריכוזי אוכלוסייה.

טילי נט"ל נמצאים, כאמור, בפיתוח ממשי, ואין בכך כל קושי מיוחד, הטכנולוגיות הנדרשות גזרות בעיקרן מטכנולוגיות טילי נ"מ. עם זאת, כגודל הטיל ומורכבותו, כן גודל מחירו. ומכאן שאם נצטרך להוסיף, למשל, מערכת חישה עצמית לצורך התבייתות על הטיל התוקף, נגיע בקלות למצב שבו הטיל המגן יקר מהמטרה שאליה הוא מכון. אולם, תוספת של סוללות טילים אינה דורשת תוספת של מתקני תשתית יקרים, בניגוד לשתי השיטות הקודמות שתיארנו.

ניתן לסכם את היתרונות והמגרעות היחסיות של שלושת "אמצעי-ההריגה" שסקרנו, בטבלה הבאה:

	מחיר	יחס החלופין	טכנולוגי
	ההריגה	בשוליים	
נשק קרינה	נמוך	גבוה	בפיתוח
תותחים מהירים	בינוני	בינוני	בפיתוח
טילי נט"ל	גבוה	נמוך	קיימת

מובן שהציונים "נמוך", "בינוני" ו"גבוה", הינם יחסיים ואיכותיים בלבד. עם זאת, הטבלה שלמעלה מבהירה היטב, מדוע אמצעי ההריגה הנמצאים כיום בפיתוח מבוססים כולם כאחד על טילי נט"ל. סביר להניח שמצב זה יימשך בעתיד הנראה לעין, כל עוד לא תהיה פריצת-דרך משמעותית בפיתוח הטכנולוגי של שני האמצעים האחרים.

לפנינו מצטיירת, אם כן, מערכת ההגנה הסבירה בפני טילים אזוריים: מערכת טילים, המבוססת על מכ"מ-יגילוי ובקרת-אש – ואולי נתמכת גם על מערכות אופטיות משניות, ומשגרים של טילי נט"ל בעלי ביצועים וטווח כנדרש. בסך הכל, אלה הם המרכיבים הקלסיים של מערכות טילי נ"מ. מהם הפרמטרים והאילוצים הייחודיים למערכת טילי נט"ל? והאם ניתן לאחד שני יעדים, ולפתח מערכת תשהיה יעילה הן כנגד טילים והן כנגד מטוסים?

ביצועים

מובן מאליו כי טווח פעולה של סוללת טילי נט"ל לא יהיה בלתי מוגבל. כמו כל מערכת נשק, יהיה לה טווח יעיל סופי. טיל בליסטי שמסלול מעופו לא יחדור לתחום הטווח היעיל של הסוללה, לא יועסק על ידה. נהוג להגדיר את הטווח היעיל במונח "עקבות-רגל": מעין "כתם" דימויני על מפת האזור, המתאר את התחום המוגן, היינו, אותו תחום שכל טיל בליסטי אשר יחדור לתוכו, יועסק בוודאות על ידי הסוללה המגינה.

צורתה של "עקבת-רגל" אינה בהכרח צורת עיגול: היא יכולה להיות אליפטית, או "משפך", או כל צורה אחרת, בהתאם לנתוני הטיל והמל"ם. אנו נשאף, כמובן, ל"עקבת-רגל" גדולה ככל האפשר, כיוון שאז נגן על שטחים גדולים יותר במספר מועט של טילי נט"ל. ואולם, ככל שנעשה את מערכת ההגנה שלנו ארוכת טווח יותר, כן יגדל מחירה. החכמה שבעניין היא שקלול נכון בין ביצועים למחיר.

ניתן להראות כי ממדי "עקבת-הרגל" תלויים בעיקר בשני גורמים: בטווח הגילוי של מל"ם מערכת ההגנה, ובמהירותו של הטיל המגן ביחס למהירות הטיל התוקף. חישובה המדויק של "עקבת-הרגל" מסובך למדי, כיוון שהוא כורך גורמים רבים: משך הזמן מגילוי הטיל התוקף ועד היירוט; מסלולי שני הטילים; שינויי גרר אווירודינמי; מזג-אוויר ועוד. עם זאת, ניתן לבנות מודל חישובי פשוט המבוסס על קירובים וממוצעים, ולחשב "עקבות-רגל" תיאורטיות בקירוב ראשון סביר למדי.

כדי להמחיש לקורא את משמעותן של תכונות מערכת הנט"ל, חישבנו את הרדיוס בק"מ של "עקבות-רגל" עבור סדרה של טילי נט"ל, כנגד שלושה סוגים של טילי אויב: א. "סקאד" – טיל סובייטי שטווחו כ-300 ק"מ ומהירותו לקראת הפגיעה היא ק"מ לשנייה – בשירות סוריה; עיראק; לוב ומצרים. ב. M-9 – טיל סיני בפיתוח, שטווחו כ-600 ק"מ ומהירותו לקראת הפגיעה היא כ-2 ק"מ לשנייה. לפי

ידיעות שונות, יסופקו טילים כאלה לסוריה.
ג. "אל-עבאס" – שכלול עיראקי של ה"סקאד"
הסובייטי, בעל טווח של כ-850 ק"מ ומהירות פגיעה
של כ-3 ק"מ לשנייה.

בחישובים הובא בחשבון מכ"ם התרעה בעל טווח
גילוי של 50 ק"מ, ומערכת בקרת-אש שמשך פעולתה
עשר שניות מגילוי טיל תוקף ועד להזנקת טיל נט"ל
נגדו. מתקבלות התוצאות הבאות:

קוטר עקבת-רגל

מהירות טיל נט"ל נגד סקאד נגד M-9 נגד "אל-עבאס"

1 ק"מ/שנייה	20 ק"מ	10 ק"מ	5 ק"מ
2 ק"מ/שנייה	27 ק"מ	15 ק"מ	8 ק"מ
3 ק"מ/שנייה	31 ק"מ	18 ק"מ	10 ק"מ
4 ק"מ/שנייה	32 ק"מ	20 ק"מ	11 ק"מ

אנו רואים כי "עקבת-הרגל" – דהיינו, גודל האזור
המוגן, הינה פועל-יוצא לא רק של תכונות הטיל המגן,
אלא גם של תכונות הטיל התוקף. טיל נט"ל בעל מהירות
ממוצעת של קילומטר לשנייה יעניק לנו אזור מוגן נאה
למדי נגד "סקאד", אך יהיה בלתי יעיל נגד "אל-עבאס".
טיל נט"ל בעל מהירות של כ-3 ק"מ/שנייה יגדיל במידה
רבה את האזור המוגן בפני "סקאד", וכפיל את האזור
המוגן נגד "אל-עבאס".

עם זאת, אנו רואים כי פועל כאן "חוק התמורה
הפוחתת": הגדלת מהירותו של טיל הנט"ל מעבר לכ-3
ק"מ לשנייה, מגדילה את האזור המוגן, בשיעור אפסי
בלבד. ההסבר פשוט למדי: עם הגידול במהירות, פוחתת
חשיבותה לעומת טווח הגילוי ומשך זמן הפעולה של
מערכת בקרת-האש. כדי להגדיל עוד יותר את "עקבת-
הרגל", אין טעם להתאמץ בפיתוח טיל מהיר יותר – כדאי
יותר להגדיל את טווח הגילוי של המכ"ם. כדי להמחיש
את הדבר, חישבנו את "עקבת-הרגל" עבור מכ"ם משופר
בעל טווח גילוי כפול – דהיינו, 100 ק"מ – נגד הטיל
הבליסטי הסיני M-9:

מהירות טיל הנט"ל	"עקבת רגל"	
	מכ"ם רגיל	מכ"ם משופר
1 ק"מ/שעה	10 ק"מ	16 ק"מ
2 ק"מ/שעה	15 ק"מ	27 ק"מ
3 ק"מ/שעה	15 ק"מ	48 ק"מ
4 ק"מ/שעה	20 ק"מ	53 ק"מ

התוצאות מרשימות: ללא כל שינוי בטיל הנט"ל, הגדלנו
את "עקבת הרגל" בשיעור שנע בין 50% ל-150%. גם כאן
אנו רואים את יתרונו של טיל הנט"ל המהיר יותר, טיל
נוסח "חץ" ייטיב לנצל את המכ"ם, מאשר טיל איטי יותר.
החישובים הפשוטים שהצגנו, מצביעים על כך

שהביצועים הרצויים בתנאי הזירה שלו הינם: טיל נט"ל
מהיר – בסביבות כ-3 ק"מ לשנייה, ומכ"ם בעל טווח
גילוי של 100 ק"מ ומעלה. מחישובים אלה מתקבל גם
מסר נגדי: רגישות המערכת לטווח הגילוי של המכ"ם,
מעניקה לאויב אפשרות תיאורטית פשוטה לדיכוי מערכת
ההגנה, על-ידי חסימה אלקטרונית של מכ"ם הגילוי.
מכאן, שעמידות המכ"ם, אשר נפתח נגד לוחמה
אלקטרונית, חשובה לא פחות מאשר טווח הגילוי המרבי
שלו.

האם מערכת טילי נט"ל תהיה יעילה גם נגד מטוסי
אויב? עקרונית, אין כל מניעה לכך. במציאות, יש להביא
בחשבון כי מטוס מאויש מהווה מטרה שונה בתכלית.
מסלול מעופו של טיל בליסטי הינו מהיר וגבוה לאין ערוך
מזה של מטוס – אך מסלול זה קבוע למדי, וניתן לחיזוי
בדיוק טוב למדי. אין הדבר כך לגבי מטוס, היכול לחדור
לשטחנו בגובה נמוך תוך ניצול תוואי שטח וביצוע תנועות
התחמקות. חישובים פשוטים מראים כי רדיוס "עקבת-
הרגל" של כל ארבעת טילי הנט"ל התיאורטיים שהצבנו
קודם לכן, כנגד מטוס החודר במהירות הקול, שווה לכדי
כ-40 ק"מ – במקרה זה אין יתרון רב לטיל נט"ל מהיר.
היתרון הכלכלי באיחוד היעדים – יירוט טילים בליסטיים
ויירוט מטוסים – ברור ומובן מאליו, אך מימושו אינו
פשוט וצריך בשיקולים מסובכים של לוחמת-זמנים,
משאבים כלכליים ומשאבי-אנוש.

"עקבת-הרגל" אינה הממד היחיד לביצוע מערכת הנט"ל.
מדד נוסף, חשוב לא פחות, הינו "סיכויי-ההרג" – מהו
הסיכוי כי הטיל המיירט אמנם ישמיד בוודאות את הטיל
הבליסטי התוקף? התיאוריה, והניסיון בשטח, מצביעים
על כך שלא כל טיל יירוט המוזנק לעבר מטרה, אמנם
פוגע בה וגם "פגיעה" איננה בהכרח "השמדה". באחד
הניסויים שבוצעו במערכת "פטריוט דגם 2" בארה"ב, פגע
ה"פטריוט" בזנבו של הטיל הבליסטי שנורה כנגדו – אך
"ראש החץ" של הטיל הבליסטי המשיך במעופו והגיע
לאזור המטרה. מובן ש"סיכויי-ההרג" יהיו טובים יותר
ככל שדיוקו של טיל הנט"ל יהיה גבוה יותר, ומטען הראש
הקרבי שלו גדול יותר. טיל הנט"ל האידיאלי צריך להיות
מהיר, מדויק וקטלני – תכונות המכתיבות משקל,
מורכבות טכנית ומחיר גבוה. טיל נט"ל מהיר שיעניק לנו
"עקבת-רגל" כפולה מזו של טיל איטי יותר, יגן על שטח
גדול פי ארבעה – אך אם הוא יהיה גם יקר פי ארבעה,
ייצא שכרנו בהפסדו. החכמה שבדבר הינה, כאמור,
שקלול נכון וזהיר בין מורכבות טכנית לביצועים ולמחיר.

ההיבט האסטרטגי

האיום הטמון בטיילים אזוריים אינו יכול להימדד באמות
מידה צבאיות וכלכליות גרידא. בראייה שקולה, טילים
בליסטיים בלתי גרעיניים יכולים לגרום לנזקים ולאבודות,
אך אין בכוחם להכריע מערכה בשדה הקרב. הפצצת
טילים על ערים ואוכלוסיות, תגרום, כמובן, לנפגעים
רבים – אך אין בכך שינוי מהותי לעומת הפצצות בעזרת

האקטיוויות ביחס ישיר לאיום, אלא בכמות המתחייבת ממקומה של המערכת כאחד מארבעת מרכיבי המענה לטילים הבליסטיים.

סיכום – ושאלות נוספות

הגנה בפני טילים בליסטיים אינה מחוץ ליכולתה הטכנולוגית של מדינה בעלת תעשייה ביטחונית מפותחת כמדינת ישראל. מרכיביו של מערכת הגנה כאלה כוללות בעיקרן טכנולוגיות מן הסוג שלתעשייה שלנו יש ניסיון ויכולת מוכחים בפיתוחן. השאלה אינה אם אנו יכולים לפתחן, אלא האם יש ביכולתנו להפנות לכך משאבים כלכליים, מבלי לפגוע ביעדים ביטחוניים חשובים אחרים, ומבלי להיגרר למרוץ חימוש שבו יהיו לצד השני – עתיר המשאבים, יתרונות ברורים על פנינו. נראה כי אין מניעה עקרונית לפתח מערכות הגנה שתשלבנה שני יעדים: הגנה על אוכלוסייה בפני תקיפת טילים, והגנה על מטרות צבאיות מפני מטוסי תקיפה של האויב – אך ברור מאליו כי שילוב כזה, שהוא חסכוני מעיקרו, ייצור דרישות טכניות נוספות אשר תארכנה את משך פיתוח המערכת. ולבסוף, נשאר שאלת ציר הזמן: האיום הטילי על ישראל קיים בפועל, אך פיתוחה של מערכת הגנה ידרוש משך זמן של מספר שנים – לא רק לפיתוח, אלא גם להצטיידות; לבניית הכוח; ולהטמעת מערכת הנשק בסדר הכוחות הקיים.

השאלות שלמעלה הינן שאלות משמעותיות, ואין להן פתרונות קלים. תהייה התשובות אשר תהייה, דבר אחד ברור כיום: הטילים הבליסטיים האזוריים הינם עובדה קיימת, והאיום הטמון בהם, תלוי ועומד. אמנם, אין באיום זה לפי שעה משום סיכון לעצם קיומה של המדינה – ומוטב שלא ניגרר למצב של "הפחדה עצמית" ולהחלטות בלתי אך אין גם לזלזל בחומרתו. המשמעות של התפשטות הטילים האזוריים בעולם, והאמצעים שיש לנקוט כתוצאה מכך, נמצאים כיום במרכזו של וויכוח ציבורי במדינות המתועשות, ובמיוחד בארה"ב. ניטיב לעשות אם נעקוב בעירוניות אחרי התפתחות חשובה בנושא בשאר מדינות העולם, ואם נאמץ, בשינויים המתחייבים, את הפתרונות המסתמנים בשטח.

הערות:

1. המונח "טילים בליסטיים אזוריים" מציין טילים בליסטיים בעלי טווח קצר ובינוני הנרכשים או המפותחים על ידי מדינות שאינן נחשבות כחלק מהעולם המתועש, לעומת "טילים בליסטיים גלובליים" שהם הטילים הגרעיניים ארוכי הטווח שברשות המעצמות הגדולות.

מטוסים, כפי שהיה במלחמת העולם השנייה. גם באזורנו השפעתם של הטילים הבליסטיים האזוריים נובעת משיקולים שמעבר לערכם הצבאי הסגולי.

מדינה החמושה בטילים בליסטיים יכולה להכות בעורפו של הצד השני באופן פתאומי, ולגרור לו לאבדות ולנזקים, מבלי לסכן תוך כדי כך את חייליה וטייסייה, ומבלי שהמתגונן יוכל להפיל או לעצור את הטילים הנוחתים עליו. דבר זה נותן לתוקפן תחושה של עליונות צבאית, גם אם בלתי מוצדקת. במקביל, החשיפה המתמדת להתקפת טילים פתאומית ולאבדות רבות באוכלוסייה, נוטעת בלב המתגונן תחושת איך אונים ונחיתות. תחושת העליונות של התוקפן מצד אחד, ותחושת הנחיתות של המתגונן מצד שני, יוצרות ביחד שינוי במאזן האסטרטגי, גם אם כוחם הצבאי הקונונציונלי של שני הצדדים – שקול. תדמיתם המאיימת של הטילים הבליסטיים, ותחושת החולשה שהם יוצרים בצד המתגונן, הינם "מכפילי כוח" משמעותיים ביותר – ואין הדבר חשוב אם כאלה הם פני הדברים באמת, כל עוד הם נתפסים בצורה כזו על ידי שני הצדדים כאחד. התוצאה היא שהתוקפן זוכה לחופש פעולה צבאי ופוליטי, ומהמתגונן נשללת מידה דומה של חופש פעולה, והמאזן האסטרטגי נוטה לטובת התוקפן.

מתקבל, כי מערכות הגנה בפני טילים אינן יכולות להימדד אך ורק בקנה המידה של עלות/יעילות, כפי שאנו מודדים מערכות נשק אחרות. קיים כאן פן אסטרטגי, שקשה לשערך אותו בצורה כמותית. היכולת להשמיד טילי אויב לפני הגיעם לשטחנו, חזקה שתפחית את ביטחונו העצמי של התוקפן, תגדיל את ביטחונו שלנו, ותמנע את הפרת האיזון האסטרטגי. מתקבל, אם כן, שאין להתייחס למערכת הגנה אקטיווית כאל עוד מערכת נשק קונונציונלית כפי שאנו בוחנים מערכת הגנה אווירית נגד מטוסים, אלא כחלק מההרתעה האסטרטגית. היבט זה מקל במידה מסוימת את הדרישות שאנו דורשים מהמערכת. מערכות אסטרטגיות נבנות, כפי שנאמר, "על מנת שלא להשתמש בהן", אך אין בכך כל הפחתה או מיזעור של הדרישות הטכניות מהמערכת – עליה להיות מסוגלת לפגוע בטילי האויב, שהאויב יידע כי יש בידנו מערכת כזו, ושיהיה משוכנע בוודאות כי ביצועיה מספיקים כדי לפגוע במרבית טיליו. עם זאת, מכיוון שמערכת ההגנה האקטיווית הינה חלק מההרתעה האסטרטגית – ולא כל כולה של הרתעה זו, אין הכרח חיוני במערכת שתפגע בכל טיליו של האויב, ויהיה מספרם ומחירם אשר יהיה. הגנה סלקטיווית של אזורי מפתח ואוכלוסייה, בשילוב הגנה פסיווית, אמנעה, ובעיקר – יכולת ודאית לתגמול כואב, עשויים לשמש כמניעה מספקת נגד פריצתה של "מלחמת ערים" כפי שהיה במלחמת המפרץ. במילים אחרות: הצבת מערכת הגנה אקטיווית לא תגרור בהכרח למרוץ חימוש כפי שציינו בפרקים הקודמים, מכיוון שניתן להתמודד עם הגברת האיום, על ידי הגברת כל המרכיבים של ההרתעה האסטרטגית. אין הכרח להגדיל את מערכת ההגנה

טיל נט"ל חץ.
ישראל מקיימת מאמץ
לפיתוחו יחד עם ארה"ב

