



צופים פגיעה

מתוך "שואה ומלחמה"

מלקט ועורך: ש. אייזיקוביץ

eisikovits1@gmail.com

צופים פגיעה: איך יודעים היכן בדיוק יפלו טילים ששוגרו לישראל?

הגיליון מופיע באתר 'לדעת' וכן ניתן לקבלו לאימייל מדי שבוע על ידי שליחת בקשה. eisikovits1@gmail.com,

058-4852-443

אודה לכם אם תעבירו את העלון לאנשיכם או כתובות של נציג עלון. אשמח לקבל הערות מחכימות ובל"נ אשתדל להתייחס אליהם. גם רשות להדפיס / לחלק / להעתיק / לשמור. - בשעת הצורך הרשות נתונה לאמור מהדברים שבעלון אף שלא בשם אומרם. אבל הבא להדפיס וידפיס בשם אומרם. יביא גאולה לעולם. כמו כן יש אפשרות לקבל כל עלון בכל שפה כמעט שתרצו בתרגום של ווארד .

מערכת ההתרעה הלאומית יודעת להפעיל אזעקה ברמת השכונה הספציפית, להבין מה ירו אלינו והיכן יכולים לפגוע רסיסים. "הקברניט" מסביר כיצד היא פועלת, ומה הסיכוי שהאויב יוכל להטעות אותה עם טילים שמתנהגים אחרת ממה שצפינו

ניצן סדן

שלום, כאן הקברניט; קרה לכם פעם ששמעתם אזעקה מייללת ממרכז העיר, בעוד אצלכם בשכונה לא הופעלו הצופרים והטלפון לא השמיע פיפס? איך אפשר לדעת אם זו תקלה, או שחיזוי מסלול הטילים שיורה האויב כל כך מדויק - שניתן לדעת איזה רחוב בטוח ולאן יגיעו רסיסים? אני אישית לא לוקח צ'אנסים ותמיד ממחר לתפוס מחסה - אך יכול להיות שאני מגזים; מערכת ההתרעה במדינת ישראל בהחלט מסוגלת להזהיר ברזולוציה של שכונות ספציפיות והיא תשתית מתקדמת ברמה עולמית, לא פחות מהטילים-נגד-טילים שלנו. היום נלמד איך היא עובדת, למה דווקא ככה וכיצד מתמודד איתה האויב.

כדי לספק לאוכלוסייה כלשהי התרעה על ירי טילים ורקטות, נדרשים שלושה רכיבים: הראשון הוא סנסור שיבין שיש טיל, והשני הוא מערך ניטור שיבין לאן מתקדם הטיל ויחשב את המרחב המאויים. את השלישי קל לפספס, אך הוא חיוני לא פחות - פלטפורמה שמעבירה לאזרחים את

האיום בזמן שמאפשר להם להגיב בצורה יעילה - לרדת למקלט, לתפוס מחסה, ואם אין ברירה פשוט להשתטח על הרצפה. איך זה עובד?
 כל מערך גילוי לאומי נשען על רשת מכ"מים, שמופעלת בידי המדינה או מחוברת לרשת רב-לאומית, כמו מכ"מי נאט"ו במרכז ומזרח אירופה או מכ"מי NORAD בצפון ארה"ב וקנדה. המכ"מים יכולים לשבת גם על הקרקע וגם על לוויינים, והם מחפשים תנועה חריגה ספציפית: עצם מאוד מתכתי שנע מאוד מהר כלפי מעלה.

גילוי ראשוני של טיל כזה מיד ימקד אליו סנסורים נוספים, כמו מצלמות תרמיות שיקלטו את חתימת החום שלו. ופה יתחיל מעקב רציף, איסוף ועדכון של נתוני המטרה.
 הראשונים הם מהירות התנועה של הטיל, זווית התנועה שלו ביחס לקרקע, כיוון התנועה ביחס לצפון וגובה הטיסה. אליהם תוסיף המערכת השפעות חיצוניות כמו התנגדות אוויר שמשנתה לפי גובה, ואת סיבוב כדור הארץ.

לטילים בליסטיים ורקטות יש מסלול שהוא מאוד אחיד: הם יגיעו לשיא הגובה שמאפשרת אנרגיית השיגור, ואז יתחילו ליפול בקשת באדיבות כוח הכבידה. בשלב הנפילה תיתכן תנועה שהיא מעבר לקשת פרבולית מושלמת, למשל אצל ראשי נפץ שיודעים לתקן מסלול - אך הכיוון הכללי לא ישתנה.

ולכן, ברגע שהמכ"מ רואה את ההגעה לנקודת שיא המסלול, או שזוהה חד משמעית סוג החימוש והפתעות לא יהיו לו בדרך - יחסית קל להבין לאן מכוון האויב והיכן יפול הטיל. אם שמים את המסלול החזוי על מפה, ניתן להפעיל אזעקות רק באזורים הרלוונטיים. כך עובדות מערכות ההתרעה במדינות מאוימות, שהטכנולוגיה מצויה בידן.

בישראל מצטרף לסיפור גם מודול בקרת אש, שיודע היכן כדאי לפגוש את הטיל באוויר - ולהפיל אותו באמצעות אחת מארבע [שכבות ההגנה של ישראל](#): חץ 3 ליירוט בחלל מטווח של אלפי ק"מ, חץ 2 לגובה החלל וטווח של עד 1,500 ק"מ, קלע דוד לגובה של עד 250,000 רגל וכיפת ברזל למטרות נמוכות.

לאחר שנבחרת נקודת מפגש ומועברת לסוללת ההגנה, יתבצע עוד חישוב: איך ישפיע היירוט עצמו על אזורים מיושבים. המערכת תעריך את הקטגוריה המשוערת של החימוש - הרי רקטת פאג'ר 5 וטיל בליסטי חייבר שקאן מתנהגים מאוד אחרת באוויר ונושאים ראש נפץ שונה - ואת גובה היירוט הצפוי. לכך תצורף עוצמת ראש הנפץ של הטיל שירינו אנחנו - פצצה של חץ 2 שוקלת כמו טיל כיפת ברזל שלם - ופיזור הרסיסים.

וכך מתקבלת תמונת ההתרעה הכי מדויקת בעולם: לאן מתקדם טיל האויב, איזה אזור מאוים גם מפגיעה ישירה וגם מרסיסי יירוט, והאזהרה עוברת ישירות לטלפון של כל אחד באפליקציית פיקוד בעורף. כן - אם לא היתה תקלה כלשהי, אזעקה ממרכז העיר לא רלוונטית לשכונה בה לא הופעלו התרעות.

מישהו פעם שמע ממני את ההסבר הזה ותהה: אז מה, המערכת של פיקוד העורף כל הזמן יודעת היכן אני? מנסרת את המיקום שלי כדי להזהיר מפני ירי? מה עם הפרטיות שלי? מה אם הצבא ישתמש בה כדי לעקוב אחרי? הרי ממשלות עושות דברים כאלה מפעם לפעם, וכל העולם מודאג מפני ריגול סיני למשל.

אז הסברתי לשואל: מערכת ההתרעה הארצית לא יודעת איפה אתה, רק איפה יפלו טיל ושבריו. הטלפון שלך יודע איפה הוא, ואם זה באחד האזורים שנמצאים ברגע זה בסכנה, ברגע זה תקבל התרעה ותוכל לדעת שצריך למצוא מקלט ומחסה. והרגעתי אותו, כשהסברתי שצה"ל לא מתעסק בלעקוב אחריו בכל רגע כאילו היה טיל פרסי - ושמי שכן הם גופים גדולים וחזקים שיושבים קבוע אצלו בטלפון, כמו גוגל ופייסבוק וטיקטוק וטוויטר. עכשיו כשאני חושב על זה, לא בטוח שהוא יצא רגוע יותר.

איך עובדות מערכות התראה במדינות אחרות? הן מושפעות גם מאיכות הגילוי וניתוח המסלול, אך גם מגורמים אחרים. רוסיה היא דוגמה טובה: יש בה רשת סנסורים רחבה ומוצלחת מאוד, ומורשת מפוארת של מערכי גילוי ארציים - כך אין לה בעיה לאתר טילים בליסטיים למיניהם או מטחי רקטות ארוכות טווח.

אבל מה? המערכות הללו לא כל כך יודעות לדבר עם אזרחים, ולהעביר כמו שצריך את המידע למרחב המותקף. גם היום, אחרי שלוש שנות מלחמה, הציבור הרוסי מקבל התרעות ברזולוציה של מחוז שלם או ערים גדולות בתוכו - ותהיה להם רק דקה לתפוס מחסה. קחו למשל את מחוז קורסק המותקף; גודלו 200 על 150 ק"מ וחיים בו יותר ממיליון איש, שרובם יורד למקלט שלא לצורך בכל מטח אוקראיני.

גם מבנה המערכת עצמה מאוד משפיע. למשל, באוקראינה ישנו מערך התרעה ארצי שמורכב משמיכת טלאים של מכ"מים עתיקים מהעידן הסובייטי, מכ"מים מערביים מתקדמים, ושורת אילתורים אזרחיים - מאפליקציות מובייל מגוונות ועד סנסורים כרשת מיקרופונים לגילוי מנועי כטב"מ.

הביצועים של המערכת משתנים: היא מתקשה עם טילים בליסטיים קצרי טווח, מסתדרת לא רע עם רקטות, ובכטב"מים - יותר טובה מאיתנו. ביכולתה לתת לציבור אזהרה ברזולוציה של ערים

וכפרים במחוז ספציפי (בחלקם גם פילוח שכונות), ובזמן מקסימלי של שתי דקות לפגיעה. זה יותר מאצלנו פשוט כי המדינה שלהם גדולה והחימוש נמצא יותר זמן באוויר.

אז כן, שלנו היא הכי טובה, כל הכבוד לצה"ל - תחי מדינת ישראל; אבל ראינו שמערכות ההתרעה מושפעות יותר מכל, מאיך שמבינים וחוזים את התנהגות טילי האויב; מה קורה אם הטיל לא עושה מה שחשבנו שיעשה?

מה מונע מהאיראנים, החות'ים, חמאס או כל טחור חמוש אחר במזה"ת מלהטעות אותנו? איך תתמודד רשת הניטור הלאומית עם טיל שמתחיל פתאום לזגזג ולהתפרע באוויר?

בואו נראה: כדי שחימוש בליסטי שנורה על ישראל יוכל לעבוד על הסנסורים שלה, יהיה עליו לשנות נתיב באוויר בצורה מאוד קיצונית ומאוד תכופה - זיגזוג ברמה של כריסטיאנו רונלדו ברחבה (ולמתקדמים: של מדולארק למון מתחת לסל).

חוקי הפיזיקה לא הולכים לפרגן פה; ככל שגוף נע מהר יותר לכיוון אחד, כך יצטרך להפעיל יותר כוח כדי להתמודד עם האינרציה, השוונג של עצמו. ואז ייחשף גם לעומס מבני שעלול לפרק אותו ולסכן את אפקטיביות ההגאים. תחשבו על אופנוען שנוסע בשיא המהירות, ואז שובר כידון ימינה; זה לא ייגמר בטוב.

כפי שהזכרתי, מתבצעת תנועה גם בשלב הנפילה של הטיל לאדמה, אך לרוב יתבצעו תיקוני מסלול, פניות מתונות של לא יותר מ-10 או 15 מעלות.

וגם אם מדובר בראש מתמרן או אחד שמאיץ בדרכו לקרקע [כפי שיש לטיל הפתח 1](#) שנורה אלינו מתימן - הזיגזוג יהיה מתון. ובכל מקרה, שינוי המסלול לא יקרה מהר יותר מהיכולת שלנו לראות אותו: באוויר, משדר המכ"מ הקרקעי לעבר המטרה כמעט במהירות האור וגם החישובים אורכים אלפיות שניה.

ולכן, הסיכוי של טיל להטעות את ניטור המסלול שלנו הוא אפסי עד לא קיים, והחימוש הנוכחי בו משתמשים איראן וארגוני הטרור אינו מסוגל לחמוק קינטית מהטילים שנשגר אליו. טכנית, יכול ראש נפץ של טיל בליסטי לשחרר אמצעי הטעיה ייעודיים כמו מוץ - סלילי מתכת שיוצרים החזרי מכ"מ שגויים, או לשדר הפרעות לוחמה אלקטרונית. אבל ההשפעה של יכולות אלה הן מוגבלות, מאוד מייקרות את הטיל ובאות על חשבון עוצמת ראש הנפץ. נכון להיום, האיראנים לא מפעילים יכולות שכאלה נגדנו.

כדי באמת להקשות על המערכות שלנו, יצטרך האויב להפעיל משהו שאינו טיל בליסטי רגיל, כי אם [נשק היפרסוני מתמרן](#) - כלי שפותח מראשיתו לזגוג רנדומלית בדרך למטרה, לעקוף אזורים מוגנים, ולפגוע במהירות גדולה מאוד. לאיראן יש טיל בשם פתח 2 שמסוגל לכך במידה לא מבוטלת, טרם נורה אלינו ונדבר עליו אם וכאשר; הסיפור שלו מאוד מעניין. בינתיים, אספר לכם שגם אותו אנו יכולים ליירט בעזרת המערכות הקיימות שלנו, ולייצר התרעה מספיק מדויקת. חשוב לזכור שגם אם מחר איראן משיקה נשק שמתנהג כמו טילים בסרטים מצוירים וזריזותו תעקוף איכשהו את של טילי רפאל והתעשייה האווירית - מערכת ההתרעות עדיין שומרת עליכם ותדע להנחות אתכם להיכנס למרחב מוגן.

התפקיד שלכם הוא להקשיב לה; אני יודע שאחרי שנה וחצי של מלחמה קצת קשה לזכור שמספיק רגע אחד של קלות דעת ורסיס בגודל חצי שקל כדי להרוג בן אדם ולהרוס חיים של משפחה. אז כשנשמעות האזעקות, אל תנסו להיות חכמים יותר מהמכ"מ; תיפסו מחסה עשר דקות על השעון, אפילו אם [שמעתם את הבום](#). בסופו של דבר, אלו החיים שלכם. שימרו על עצמכם, היו עירניים וננצח.