

חמקנות כפרמטר במרכיב השרידות

כל תכנון של פלטפורמת לחימה חייב להביא בחשבון את מכלול אמצעי הגילוי, הזיהוי והאיכון הקיימים ולתת להם מענה בדרך של טיפול בחתימה או בדרך של אמצעי הטעיה. הטיפולים האלה ישפרו את יכולתה של פלטפורמת הלחימה לשרוד ויהוו מכפיל כוח בשדה הקרב*

רס"מ, רס"ן פ'

מבוא

בבואנו לאפיינ פלטפורמות לחימה חדשות, מתגלה רשימה כמעט אינסופית של דרישות ושל יכולות רצויות. אחת היכולות המרכזיות, הנדרשת מכל פלטפורמת לחימה חדשה, היא כושר שרידות. שרידותה של פלטפורמת לחימה הינה מכלול יכולותיה לבצע את משימותיה לאורך זמן בתנאי שלום ובתנאי מלחמה. כפי שיובהר בהמשך, לפלטפורמת לחימה בעלת יכולת שרידות גבוהה יש יתרון רב בשדה הקרב העתידי בהיבטים רבים: יוזמה והתקפיות, יכולת מיצוי הכוח, פגיעה ברוח הלחימה של האויב וכו'. מרכיב חשוב נוסף בשרידותה של פלטפורמת הלחימה הינו הגורם האנושי, קרי הלוחמים המפעילים אותה.

שרידותה של פלטפורמת לחימה הינה מכלול יכולותיה לבצע את משימותיה לאורך זמן בתנאי שלום ובתנאי מלחמה

את המונח שרידותה של פלטפורמת לחימה (SURVIVABILITY) ניתן לחלק לשלושה מרכיבים עיקריים:¹
1. יכולת השיקום (RECOVERABILITY) - היכולת להחזיר לפלטפורמה יכולת לחימה לאחר פגיעה/תקלה. על מנת לטפל במרכיב הזה יושקעו מאמצים בעיקר ביתירות ובמערכות הגנה והתרעה מפני נזק פנימי, כגון שריפה או הצפה.

2. פגיעות (VULNERABILITY) - ההסתברות שפגיעה בפלטפורמה תשבית את יכולת הלחימה שלה. על מנת לטפל במרכיב הזה יושקעו המאמצים בעיקר במיגון הפלטפורמה,



ביתירות המערכות ובאמינותן.
3. רגישות (SUSCEPTIBILITY) - הסתברות ההתגלות, האיכון והרכישה של הפלטפורמה על-ידי אמצעי לחימה של האויב. על מנת לטפל במרכיב הזה יושקעו עיקר המאמצים בטיפול בחתימת הפלטפורמה (חמקנות) ובאמצעי הטעיה. החמקנות (STEALTH) פסקה זה מכבר להיות מונח עתידיני והפכה למרכיב בלתי נפרד מתכנון של פלטפורמות לחימה. המאמר הזה יתמקד במונח החמקנות (או הטיפול בחתימה) כחלק ממרכיב הרגישות במכלול השרידות של פלטפורמות לחימה. המאמר דן בהרחבה בסוגי החתימות השונות ובדרכי הטיפול בהן. כמו כן עוסק המאמר בהיבטים טקטיים ואסטרטגיים של החמקנות תוך הדגשת מכפיל הכוח של

האיכות מול הכמות. החתימה היא שם כולל לתכונות ולמאפיינים של פלטפורמת לחימה, המאפשרים גילוי, סיווג וזיהוי שלה. חתימה של פלטפורמת לחימה היא לעיתים כמו "טביעת אצבע" שלה, כלומר היא מאפשרת זיהוי ברמה של פלטפורמה אינדיווידואלית.

לדוגמא: נדמיין שאנו נמצאים בשדה פתוח, ועקב רעש מנועים אנו מפנים את מבטנו ורואים כלי רכב הנע על גבי זחלים, ובמרכזו קנה תותח ארוך. במקרה כזה נאמר כי מדובר בטנק. הרעש שהקרין הטנק היה פרמטר לגילוי, ואילו צורתו הייתה אמצעי לסיווגו כטנק. חייל חיל רגלים מיומן יכול לעיתים על-פי הרעש לסווג אותו כרעש ממנוע טנק, ובהתבוננו על הטנק הוא יכול על-פי צורתו לומר כי מדובר בטנק מסוג "מרכבה". כלומר, פרמטר, שהיה עבורנו אמצעי גילוי בלבד, יכול לשמש גם כאמצעי סיווג, ואילו פרמטר הצורה, שהיה עבורנו פרמטר סיווג, היה עבור חייל חיל הרגלים פרמטר זיהוי. אדם שאומן היטב לנושא יכול על-פי

הרעש בלבד לומר כי מדובר בטנק מסוג "מרכבה". בדוגמא הזאת באו לידי ביטוי שני סוגי חתימות: חתימה אקוסטית (רעש הטנק) וחתימה אופטית (צורתו). כל אחת מהחתימות יכולה להיות חתימה מזהה לטנק, כאשר בידינו האמצעים המתאימים.

החתימות שהובאו בדוגמא הן חתימות הניתנות לגילוי באמצעים פסיביים, כלומר הטנק הקרין אותם "ביוזמתו" ולא כמענה לאמצעי אקטיבי שיזמנו אנו. ברור שגילוי, סיווג

וזיהוי בעזרת אמצעים פסיביים עדיף, מאחר שעל-ידי כך המגלה אינו חושף את כוונותיו ויכול להישאר תמים או בלתי נראה.

הטנק שהופיע בדוגמא הקרין באותו זמן חתימות נוספות, שיכלו לאפשר את זיהויו ללא קשר לחתימות שהוזכרו. החתימות האלה לא יכלו להתגלות באמצעים שעמדו לרשותנו. עם החתימות האלה נעשה היכרות בהמשך.

חתימה אקוסטית²

חתימה אקוסטית של פלטפורמת לחימה היא שם כולל לכל מאפייני הגילוי, הסיווג והזיהוי האקוסטיים של הפלטפורמה. לחתימה האקוסטית שימושים בעיקר בלוחמה בתווך הימי, אך יש לה שימושים גם באוויר וביבשה. הטיפול ברעש מאפשר שמירה על חשאיות הפלטפורמות.

גלי הקול הם הגלים

המתפשטים במים בצורה הטובה ביותר. קרינה אלקטרומגנטית, כגון קרינת מכ"ם או קשר (למעט בתדרים נמוכים מאוד), אינה חודרת את המים ונעלמת כעבור מטרים ספורים. המערכת המגלה ומנתחת את גלי הקול במים היא מערכת הסונר.

עקרון הפעולה, שעל-פיו עובדת מערכת סונר, הינו המרת שינויי לחץ במים (הנובעים מהתפשטותו של אות אקוסטי) לשינויים במתח חשמלי (מקלט בסונר פסיבי) או המרת שינויים במתח חשמלי לשינויים בלחץ מים (משדר בסונר אקטיבי) ועיבודם.

כלי שיט הנעים בים מקרינים רעש. הרעש העיקרי המוקרן בא מהמדחפים וממערכות ההנעה והעזר של כלי השיט ומועבר דרך הגוף. מניחות רעש המדחפים ניתן לדעת מהו מספר המדחפים ומהו מספר הלהבים במדחף. כמו כן ניתן למדוד את קצב הסיבובים של ציר המדחף ובאמצעות הנתון הזה לקבוע את מהירותו של כלי השיט. הפרמטרים

האלה טובים לסיווג ראשוני של כלי השיט. על מנת לבצע טיפול בחתימת המדחף של פלטפורמת לחימה מושקע מאמץ רב בתכנונו ובליטושו של המדחף. כמו כן מאפשרים חלק מכלי השיט שליטה על זווית הלהבים במדחף ועל-ידי כך משפיעים על היחס שבין קצב סיבובי הדחף למהירות כלי השיט. שיטה נוספת היא מיסוך המדחף באמצעות הזרמה של בועות אוויר עליו. הטיפול בחתימת המדחף משפר את שרידות הפלטפורמה בכך שהוא מקטין את טווח הגילוי האקוסטי שלה. יתר על כן, לאחר הגילוי מקשה הטיפול על סיווג הפלטפורמה כפלטפורמת לחימה ועל הערכת מהירותה.

מסוק "קומאנץ"



המסוק צויד ברוטור בעל חמישה להבים דקים – מה שמקטין את החתימה האקוסטית שלו

החתימה של מערכות ההנעה ושל מערכות העזר

מערכות ההנעה והעזר מקרינות את הרעש דרך גוף הפלטפורמה. ניתוח הרעשים המוקרנים ממקורות אלה מאפשר חקירה מעמיקה יותר של הפלטפורמה. הרעשים האלה הם בדרך כלל צרי סרט (תדרים בדידים), מאחר שהם רעשים ישירים של מכלולים מסתובבים.

על מנת לצמצם את חתימתן של מערכות ההנעה והעזר מושקע עמל רב בהתקנת מערכות שקטות, בהשתקת הרעש של גזי הפליטה וכן בהתקנת בולמי זעזועים ומשככים שונים, המצמצמים את הקרנת גלי הקול למים. כמו כן ניתן להתקין בכלי שיט מערכות מיסוך גוף,

המזרמות אוויר לאורך גוף הספינה ועל-ידי כך מצמצמות את הקרנתם של רעשי המערכות לים. התקנת מערכות שקטות ובולמי זעזועים היא דרך טיפול גם בכלי-רכב קרביים יבשתיים, הנדרשים לעבוד בתנאי חשאיות גבוהים.

טיפול בחתימתן של מערכות ההנעה משפר את שרידות בכך שהוא מקטין את טווחי הגילוי לפלטפורמה ומקשה על סיווגה כפלטפורמת לחימה.

מקור רעש נוסף בכלי שיט הינו רעש זרימת המים סביב הגוף בזמן תנועתו. על מנת להתגבר על הרעשים האלה מושקע מאמץ רב בייצור צבע חלק, שיקטין את הרעש. כמו כן קיימת שיטה להרעדת מעטה הפלטפורמה על מנת לבטל את שכבת הגבול (השכבה שבה מתבצעת זרימת המים). טיפול בחתימה האקוסטית שמקורה ברעשי הזרימה משפר בעיקר את שרידותן של צוללות, מאחר שזהו אחד הרעשים הדומיננטיים שהן מייצרות.

בתחום האוויר קיימת חשיבות רבה לטיפול בחתימה

האקוסטית בעיקר במסוקים המשתתפים בקרבות היבשה. המסוקים האלה טסים בפרופיל חשאי ובגובה נמוך ומאוימים על-ידי חיילי חיל רגלים, המצוידים בנשק שמסוגל לפגוע בהם, וכן על-ידי מוקשים אקוסטיים, המופעלים באמצעות הרעש המוקרן מהמסוק. הגורם הדומיננטי לחתימה האקוסטית של מסוקים הוא חתימת הרוטור של המסוק.³ אחד הגורמים המשפיעים על חתימת הרוטור הוא כמות הלהבים שבו. ככל שמספר הלהבים גדול יותר, כך החתימה האקוסטית נמוכה יותר.

לדוגמא, במסוק הקרב האמריקני העתידי "קומאנץ'" תוכנן רוטור בעל חמישה להבים דקים. גורם נוסף המשפיע על חתימת הרוטור הוא ההפרעות ההדדיות בזרימת האוויר בין הרוטור הקדמי לאחורי. על מנת להתמודד עם הבעיה הזאת מייצרים מסביב לרוטור האחורי מעטה המקטין את ההפרעה בין הרוטורים.

טיפול בחתימת הרוטור במסוק משפר את שרידותו בכך שהוא מאפשר טיסה בגובה נמוך תוך שמירה על החשאיות האקוסטית. כמו כן הוא מונע עירור מוקשים העלולים להשמידו.

כל החתימות האקוסטיות, שתוארו

עד כה, נקלטות ומנותחות באמצעים פסיביים. יחד עם זאת, באוניות ובצוללות קיימת גם חתימה אקוסטית המאופיינת בהחזר לפגיעת גלי קול המשודרים לעברם מסונרים אקטיביים (בדומה לחתימת מכ"ם). שימוש בסונרים אקטיביים בתווך הימי נעשה בעיקר לגילוי צוללות. על מנת לצמצם את חתימת הצוללת לפגיעת סונר אקטיבי מתוכנן מבנה הגוף כך שיחזיר את גלי הקול לכיוונים שונים מהמקור ששידר (פיזור האנרגיה). כמו כן מצופה הצוללת בחלק מהמקרים בחומר מיוחד, הבולע חלק מהאנרגיה ששודרה. טיפול בהחזר אנרגיה אקוסטית משפר את שרידותן של הצוללות בכך שהוא מקטין מאוד את טווחי ההתגלות שלהן לסונרים אקטיביים, המותקנים על גבי כלי שיט ובטורפדו, ובכך מאפשר לצוללת יתרון יחסי על פני אויביה בים.

חתימה תרמית⁴

חתימה תרמית או חתימת (Infra Red) IR של פלטפורמת לחימה היא שם כולל לכל מאפייני הגילוי, הסיווג והזיהוי על-פי חומה של הפלטפורמה. לחתימה התרמית שימושים בכל זירות הלחימה – ביבשה, באוויר ובים.

עקרון הפעולה של המערכות לגילוי חתימה תרמית הוא המרת אנרגיות חום שונות, המגיעות מכיוונים שונים, לגוני צבע שונים (או לרמות מתח שונות). על-ידי כך ניתן ליצור תמונה, שהשוני בין האלמנטים שבה נובע מהבדלי הטמפרטורה ביניהם.

פלטפורמות הלחימה מאוימת הן על-ידי מערכות לגילוי

חתימה תרמית והן על-ידי נשק המתבית על החתימה הזאת. מטרת הטיפול בחתימה התרמית דומה בכל פלטפורמות הלחימה השונות ועיקרה הוא צמצום כמות החום הנפלטת מהפלטפורמות והתאמתה של טמפרטורת הפלטפורמה לטמפרטורת הסביבה.

עיקר פליטת החום בפלטפורמות לחימה מגיע ממערכת ההנעה. למערכות הנעה הצורכות אוויר ישנם שני מקורות משמעותיים של קרינה אינפרה אדומה: חלקים חמים ופליטת הגזים. במערכות גילוי תרמיות ניתן להבחין בין הפלטפורמה עצמה לבין האוויר הקר הסובב אותה. באופן דומה מבחינים גם בגזי הפליטה.

המקרה האידיאלי יהיה כאשר גוף הפלטפורמה וגזי הפליטה יהיו באותה טמפרטורה של הסביבה, באופן כזה שהיא נבלעת ברקע (מנקודת מבטו של החישן המחפש). השיטה הזאת של איתור פלטפורמה נפוצה מאוד בשימוש בראשי חיפוש של טילים המכוונים את עצמם אל צינור הפליטה (הנקודה החמה ביותר בפלטפורמה) ופוגעים בנקודה רגישה של הפלטפורמה. טיל ה"סיידווינדר" הוא דוגמא טובה לטיל כזה.

אחת השיטות להקטנת החתימה היא קירור והסטה של גזי הפליטה. בשיטה הזאת מסיטים את כיוון גזי הפליטה, כך שאם טיל מצליח להינעל על זרם הגזים, הנזק יהיה מינימלי. בפלטפורמות ימיות ניתן לפלוט את הגזים מתחת למים בדופן הספינה או בחלקה האחורי, כך שהחום הנפלט מהפלטפורמה יתפוגג במים. בפלטפורמות אוויריות מאריכים את צינור הפליטה ועל-ידי כך מצמצמים את הנזק של פגיעת טיל מתבית חום. הדוגמא הזאת של פתרון בפלטפורמות האוויריות הן מקטינה משמעותית את החתימה התרמית והן מעתיקה את החתימה למקום אחר בפלטפורמה. הפתרון הזה מטפל איפוא בחתימה ובמקביל מבצע הטעיה.

שיטות נוספות הינן בידוד האזורים החמים, צבעים וציפויים מחזירי חום, קירור הפלטפורמה ומיסוך עשן תרמי. כאמצעי נוסף להתמודדות עם בעיית החתימה התרמית פותחו מערכות בקרה והתרעה לחתימה תרמית. בתחום הימי, לדוגמא, קיימות בשווקים המסחריים מערכות לבקרה ולהתרעה על מצב החתימה התרמית של כלי שיט.

מערכת כזאת מקבלת פרמטרים רבים, כגון: מצב הפלטפורמה במרחב, מיקומה הגיאוגרפי, כיוון ההפלגה, טמפרטורת המים בסביבה ועוד. באמצעות השימוש בפרמטרים האלה ובאמצעות השימוש בחישובי טמפרטורה, המפוזרים בספינה, ותוך התחשבות במיקום השמש ביחס לספינה יכולה המערכת להציג גרפית וכמותית את הנקודות החמות שבפלטפורמה ולתת מענה לנקודות התורפה הרלוונטיות.

החתימה היא שם כולל לתכונות ולמאפיינים של פלטפורמת לחימה, המאפשרים גילוי, סיווג וזיהוי שלה

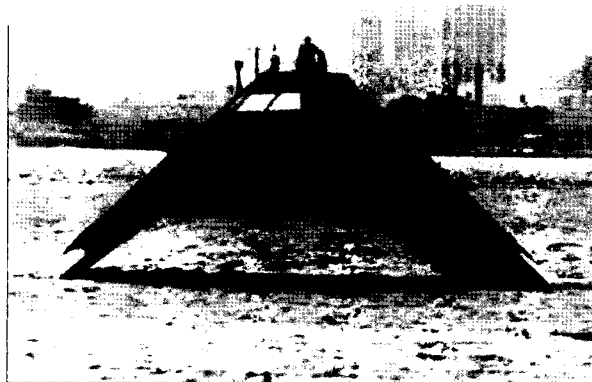
חתימת מכ"ם⁵

חתימת מכ"ם של פלטפורמת לחימה היא שם כולל לכל מאפייני הגילוי, הסיווג והזיהוי של הפלטפורמה כשמופעל לעברה מכ"ם. על המשמעות הנגזרות מכך לגבי החוקר (מפעיל המכ"ם) נדון בהמשך.

לחתימת מכ"ם יש שימושים בעיקר בלוחמה בתווך האווירי והימי, וכיום, עם כניסתם של מכ"מים מתקדמים – גם בתווך היבשתי. המכ"ם נכנס לשירות מבצעי בזמן מלחמת העולם השנייה כאמצעי גילוי אווירי וימי. שיטת הגילוי מתבססת על שידור גל אלקטרומגנטי בכיוון ובתדר מסוימים באוויר. הגל האלקטרומגנטי פוגע במטרה ומוחזר ממנה. השיטות להקטנתו של סוג החתימה הזה רבות ומגוונות, אך עקרון פעולתן דומה: צמצום עד למינימום של האנרגיה המוחזרת מהפלט-פורמה אל מקור השידור.

המטרה הראשונית בהקטנת החתימה המכ"מית היא להקטין את תמונת המטרה המכ"מית המתקבלת.⁶ התכונה הזאת מוגדרת גם כשטח חתך המטרה (שח"ם) (Radar Cross Section), והיא נמדדת במטר רבוע (מ"ר). למטוס קרב טיפוסי יש שח"ם בסדר גודל של כ-6 מ"ר. לעומתו למפציץ "ביי-2 בי", שבו נעשה שימוש בטכנולוגיות החמקנות האחרונות, יש שח"ם של כ-0.75 מ"ר. לשם השוואה, ציפור במעופה יוצרת שח"ם של כ-0.01 מ"ר.

כלי שיט חמקני Sea-Shadow



כלי שיט בעל זוויות חדות להקטנת שטח חתך המטרה

אחת השיטות המקובלות לצמצום חתימת המכ"ם היא טיפול בזוויות הגוף לשם פיזור (Scattering) קרינת המכ"ם. משטחים ישרים של מעטפת הפלטפורמה, כגון כנפי המטוס או דופן הספינה, מחזירים את אות המכ"ם ישירות למקור השידור, שם מזוהה החוזר כמטרה. הטיפול הבסיסי על-פי השיטה הזאת הוא יצירת זוויות חדות מאוד בגוף הפלטפורמה, כך שהחוזר מהגוף מופנה לכיוון שונה לגמרי ממקור השידור. מאחר שזוויות ההחזרה תלויה בזוויות הפגיעה, הרי באמצעות תכנון טוב יכולה השיטה הזאת להביא את המטרה למצב שבו לא תתגלה על-ידי המחפש (ראו צילום בעמוד הזה).

שיטה נוספת להקטנת השח"ם היא צמצום בליטות הגוף והחלקתן. אזורי בליטות שונים, כגון אנטנות, צוברי שטח חתך מכ"מי רב למרות היותם דקים. בשלב התכנון ניתן מענה להשגת המטרה הזאת על-ידי ביטול האנטנות השונות (קשר, מכ"ם) ושילובן באופן אינטגרלי בגוף הפלטפורמה. שיטות

נוספות לצמצום החתימה הן: הקטנה או ביטול של בליטות הגוף, הקטנת השטח הבולט מעל המים, ציוד המתקפל לתוך הגוף ונחשף רק לקראת הפעלה (למשל, קנה תותח, אמצעים אופטיים מתקפלים, תרנים המוגבהים הידראולית וכו').

את השח"ם ניתן לצמצם גם באמצעות הפחתת החוזר⁷ (Echo Reduction) או באמצעות ביטולו (Echo Cancellation). בשיטות האלה מצופה הפלטפורמה בחומרים מיוחדים לבליעת הקרינה.

באחרונה התגלה כי למרות כל הטיפולים שהוזכרו עדיין קיימים חוזרים רבים, שאינם מקבלים מענה הולם. מקורות החוזרים האלה הם אזורים שלא טופלו בעבר בפלטפורמה ובסביבתה, כגון החוזרים המתקבלים מתוך תא הטייס או מגשר הספינה (מקסדת הטייס ומציוד המותקן בחללים הפנימיים של המטוס או של כלי השיט). על מנת להקטין את החוזרי המשנה האלה פותחו חלונות מוליכים, המאפשרים לצופה דרכם שקיפות מספקת (בדרך כלל בשיעור של כ-85%), אך הם אטומים לגלים אלקטרו-מגנטיים.

טיפול בחתימת המכ"ם משפר בסדרי גודל אחדים הן את טווחי ההתגלות של הפלטפורמה והן את יכולתו של נשק מונחה מכ"ם להתביית עליה. טיפול זה משפר מאוד את שרירותה של פלטפורמת לחימה בסביבה שבה מופעל מכ"ם.

תחום נוסף המתייחס לסוג החתימה הזה, אך מכיוונה של המטרה, הינו חתימת המגל"ם (מגלה המכ"ם). חתימת מגל"ם היא חתימה המושגת בעזרת מערכת קליטה של שידורי מכ"ם. השידורים הנקלטים מאפשרים את זיהויו ואת איכונו של המכ"ם המשדר. החתימה הזאת מושגת באמצעים פסיביים (אנטנת קליטה ומערכת ניתוח), הבאים לידי ביטוי רק כאשר המקור הנחקר מפעיל שידור מכ"ם. לכל מכ"ם יש מאפיינים הייחודיים לו, כגון תדר שידור, רוחב פולס, זמן סיבוב האנטנה, זמן בין שידורים וכו'. ניתוח הפרמטרים מאפשר לסווג ולעיתים אף לזהות את המכ"ם המשדר. בעזרת הפעלתן של מספר מערכות כאלה במקומות שונים ניתן לדעת את מיקום המכ"ם המשדר על-ידי הצלבת הכיוונים שמהם קולטת כל מערכת את השידורים.

טיפול בחתימת מגל"ם נעשה באמצעות תכנון מכ"מים המשדרים באופן המקשה על חילוץ הפרמטרים שלהם. לדוגמא, מכ"ם מסוג LPI (Low Probability of Intercept) הוא

בהן, שומר על חשאינותן ומאפשר להן יתרון יחסי בשדה הקרב.

חתימה מגנטית

החתימה המגנטית של פלטפורמת לחימה מתבססת על ההפרעה המגנטית שיוצרת הפלטפורמה במרחב ועקב כך מאפשרת את גילוייה. לחתימה הזאת יש שימושים בעיקר בתווך הימי. לכל כלי שיט קיים וקטור של שדה מגנטי קבוע ביחס אליו, שגודלו וכיוונו נוצרים עקב החומרים המרכיבים אותו (בעיקר מתכות מרותכות). לכן בזמן תנועתו בים משפיע כלי השיט על השדה המגנטי הרגיל הקיים בסביבה הקרובה אליו.

בתחום המיקוש הימי קיימים סוגים רבים של מוקשים, המעוררים על-ידי חישה של שינוי או של הפרעה בשדה המגנטי. לשם לחימה נגד צוללות מופעלים כלי טיס, שעליהם מותקן (MAD Magnetic Anomaly Detector), הסורק בסביבתו הקרובה הפרעות בשדה המגנטי. הפרעות אלה – בהעדר כלי שיט קרוב באיזור – מקורן בצוללות.

על מנת להתמודד עם הבעיה הזאת מבוצעות מספר פעולות, ובהן בנייתן של שולות מוקשים, הבנויות מגוף עשוי עץ, המקנה להן חתימה מגנטית נמוכה ביותר. על שולות המוקשים האלה מוטלת המשימה לפלס את הדרך לפלטפורמות הלחימה האחרות. דרך נוספת היא לבצע טיפול מגנטי תקופתי לכלי השיט, הכולל בשלב הראשון מדידה של וקטור השדה המגנטי של כלי השיט ובשלב השני הפעלת שדה מגנטי בעל גודל וכיוון הפוכים לזה של כלי השיט. שיטת ההתמודדות היקרה ביותר היא בניית כלי שיט מחומרים חסרי שדה מגנטי. השיטה הזאת מקובלת בעיקר בתחום הצוללות.

הטיפול בחתימה המגנטית משפר את שרידותן של פלטפורמות הלחימה בכך שהוא מקטין את הסיכוי שיופעל נגדן מיקוש מגנטי. עבור צוללות משפר הטיפול גם את האפשרות שיתגלו באמצעות MAD.

חינוך לחמקנות

בטיפולים שצוינו לעיל אין די, שכן גם לאופן הפעלתה של הפלטפורמה יש השפעה על החתימה. לעיתים עלולה הפעלה לא מקצועית לבטל לחלוטין את החמקנות. בכלי טיס מצליחים לאתר החזרים מסילון הגזים, המכיל חלקיקי פחמן רבים. התופעה הזאת מתרחשת בעיקר בעת טיסה תוך

מכ"ם המשדר פולסים מורכבים בהספק נמוך מאוד, כך שלא יתגלו על-ידי מערכת מגל"ם ויחד עם זאת יוכלו לבנות את תמונת המטרות. הטיפול בחתימת המגל"ם משפר את שרידותה של פלטפורמת הלחימה בכך שהוא מאפשר לה להפעיל אמצעים אקטיביים לצורך בנייתה של תמונת שדה הקרב ללא פגיעה ממשית בחשאינות.

חתימה אופטית

חתימה אופטית (או ויזואלית) היא החתימה המאפשרת גילוי, סיווג וזיהוי של הפלטפורמה בעין או באמצעות עדשות. החתימה הזאת הייתה מוכרת כבר לאדם הקדמון כשיצא לציד וגילה חיש מהר כי עליו להסוות את עצמו על מנת לא להתגלות על-ידי החיות שאותן רצה לצוד או שמהן רצה להימלט. החתימה האופטית רגישה מאוד לתנאי מזג אוויר (עננות, גשם, אבק וכו') וכמעט שאינה קיימת בלילה.

את החתימה האופטית ניתן לבטל באמצעות פתרון פשוט ועתיק יומין, שמקובל בתחום הצבאי עד עצם היום הזה – הסוואה. שיטות הסוואה הן מגוונות וקשורות לא מעט ליכולות טכנולוגיות.

שיטת הסוואה האופטית הנפוצה ביותר היא צביעת גוף הפלטפורמה בצבעי הסביבה. הבעיה בשיטת הסוואה הזאת היא היותה מוגבלת לסביבת לחימה ספציפית. למשל, לשטח פתוח יש צבעי הסביבה שונים מאלה של סביבה עירונית, וצבעי השמיים הבהירים שונים לחלוטין מצבעי השמיים המעוננים. טיפול שונה הוא בעזרת הסוואה דינמית (אקטיבית). הרעיון לפיתוח

השיטות האלה נלקח מבעלי-חיים, המשנים את צבעם דוגמת הזיקית. בשיטות האלה מודדים חישנים את צבעי הסביבה מכל כיוון אפשרי של הפלטפורמה ומשדרים אותם מצידה השני.

בדרך הזאת הופכת הפלטפורמה ל"שקופה" (ראו ציור בעמוד הזה).

אחד האיומים המרכזיים המתבסס על החתימה האופטית הוא נשק מדויק המונחה אופטית. כשמופעל נשק מהסוג הזה כלפי פלטפורמת לחימה, מטופלת החתימה האופטית באמצעות הפעלתו של מיסוך עשן. הטיפול הזה מבטל את החתימה האופטית.

הטיפול בחתימה האופטית משפר את שרידותן של פלטפורמות הלחימה בכך שהוא מקשה על גילוי ועל פגיעה

F-117 RUMOR



דוגמא להסוואה דינמית

שימוש במבער האחורי. ניתן להקטין את ההחזר על-ידי טיסה ללא שימוש במבער, כלומר טיסה במהירות נמוכה. התופעה המקבילה בכלי שיט היא גל הירכתיים. במהירויות שיוט גבוהות נוצר מאחורי הספינה גל הנקרא גל ירכתיים. הגל הזה עובר אף את גובה הסיפון, וניתן לקבל ממנו החזרי מכ"ם. גם במקרה הזה מסייעת תנועה במהירות נמוכה להקטנת ההחזר.

על מפעיליהן של פלטפורמות לחימה בכל הרמות להיות מודעים למגבלות ההפעלה שלהן בהיבט החמקנות ולהפעילן בהתאם. החינוך לחמקנות מחייב אימונים ייעודיים רבים, שבהם חלק עיקרי מהמשוב הוא מידת ההצלחה או אי-ההצלחה בנושא החמקנות. על המפעילים להתרגל להפעיל את הפלטפורמות בשגרה במעטפת הפעלה חמקנית על מנת להגיע לרמת מיומנות גבוהה בעת פעילות מבצעית.

היבטים טקטיים ואסטרטגיים של החמקנות

כושר ההישרדות של פלטפורמת לחימה חמקנית, הבא לידי ביטוי ביכולתה לנוע ולבצע משימות באזורים המאוימים על-ידי האויב בלי להתגלות על-ידי אמצעי הגילוי שלו, יכול לאפשר יוזמה התקפית באופן חופשי יותר ועל-ידי כך הכתבה של אופי הלחימה. היכולת הזאת מתבטאת גם באפשרות לנקוט יוזמה ליצירת המגע הראשון עם הצד שכנגד, בעוד שהפלטפורמה נשארת חסויה.

כוח לחימה, שיכלול גם פלטפורמות חמקניות, יוכל להפיק מעצמו עוצמה גדולה לאין שיעור מזו שיוכל להפיק כוח שיורכב מפלטפורמות סטנדרטיות בלבד. בנקודת המפגש בין הכוחות יבוא לידי ביטוי ניצול היתרון היחסי של הפלטפורמות האלה.

ניצול תכונות החמקנות מאפשר לבצע מהלכים מבצעיים בעומק האסטרטגי נגד נקודות התורפה של האויב (מטרות אסטרטגיות נקודתיות, דרגי העומק והעתודה וכו') באופן שיעמיד אותו בפני מצבים שהוא לא צפה אותם, וכך ניתן יהיה להשפיע על תודעתו ולפגוע ברוח לחימתו באופן קשה ואף להוציאו מאיזון.

התסכול של כוחות לחימה, היוצאים לשדה הקרב ונפגעים קשה ממקורות אש לא ידועים, שמקורם בפלטפורמות חמקניות של הצד השני, מקטין את יכולות הביצוע שלהם ומקטין את אפשרותם לנקוט יוזמה התקפית. שימוש בכוח לחימה חמקני מאפשר לתכנן מבצעי תקיפה פשוטים ולהשיג הן הפתעה והן חיסכון בחיי אדם. היכולת הזאת מקילה על מפעילי הכוח לקבל החלטות.

הסוגים הרבים של החתימות מחייבים את מתכנני הפלטפורמות לעבוד בבקרת חתימה כוללת על מנת למנוע מצבים שבהם שיפור החמקנות לחתימה מסוימת יפגע ביכולת החמקנות לחתימה אחרת. לא תמיד מבטיחה השקעה רבה בטיפול בחתימה הצלחה מלאה בהשגת חמקנות. לדוגמא, מתכנני המפציץ החמקן האמריקני, שבו

הושקעו תקציבים רבים בטיפול בכל מרכיבי החתימה, לא הביאו בחשבון את השפעתו על התקשורת הסולרית. באחרונה התברר כי באמצעים פשוטים, המבוססים על התשתית הסולרית הקיימת, ניתן לגלות את מיקום המפציץ ואת נתוני תנועתו לפי הפרעות שהוא מייצר לתחנות הסולריות.

סיכום

לטיפול בחתימה יש תפקיד חשוב בהגברת יכולתן של פלטפורמות לחימה לשרוד בשדה הקרב. לפלטפורמות הלחימה יש מגוון רחב מאוד של מאפייני חתימה שונים, שלכל אחד מהם קיים גלאי הרגיש אליו. מאפייני החתימה השונים ודרכי ההתמודדות עימם קשורים קשר הדוק לקצב התקדמותה של הטכנולוגיה. למשל, בתחילת המאה ה-20 היה מונח החמקנות קשור רק למרכיב ההסוואה האופטית הפסיבית. המציאות מכתובה משחק של חתול ועכבר בין שיטות לגילוי חתימה לבין שיטות לחמקנות ולהטעיה. כל תכנון של פלטפורמת לחימה חייב להביא בחשבון את מכלול אמצעי הגילוי, הזיהוי והאיכון הקיימים ולתת להם מענה בדרך של טיפול בחתימה או בדרך של אמצעי הטעיה. הטיפולים האלה ישפרו את יכולתה של פלטפורמת הלחימה לשרוד ויהוו מכפיל כוח בשדה הקרב.

המודעות לחתימות הפלטפורמה החלה לתפוס מקום חשוב בקרב הצוותים הטכניים המתכננים, בקרב הצוותים המתכננים את המבצעים וכן בקרב מפעילי הפלטפורמות. היתרון היחסי במרכיב השרידות, המושג באמצעות חמקנות, מאפשר להכריע את האויב גם במצב של נחיתות בכמות הפלטפורמות. החמקנות מאפשרת לפלטפורמת לחימה להשמיד פלטפורמות אויב בלי להתגלות ובלי להיפגע מאש האויב.

במאמר הזה לא הוצגו כל סוגי החתימות וכל אמצעי הגילוי. השימוש בלוויינים ובאמצעי איכון לתקשורת אלחוטית וכן טכנולוגיות רבות נוספות הוסיפו ממד חדש נוסף לגילוי ולסיווג של פלטפורמות ויצרו אתגרים חדשים רבים לטיפול בחתימות. מה שברור הוא כי יש להמשיך לטפל בחתימות, שכן בשדה הקרב העתידי לא יוכל לשרוד מי שלא יהיה חמקן.

מקורות:

1. Arsenal Ship Lessons Learned Reports. Technical Part 10.3.98
2. Jane's Sonar Analysis Guide Version 1.000 Copyright (c) Thomson Marconi Sonar Pty. Limited, 1994-1998 Copyright (c) Jane's Information Group, 1998
3. Quarterback Blitz. Rotor & Wing Magazine, February 1999 by Greg Alan Caires
4. <http://www.naval-technology.com>
5. <http://www.davis-eng.com>
6. <http://www.Lowobserveable.virtualave.net>
7. <http://www.f22-raptor.com>

