

עקרונות בקביעת דינמית

מה עדיף: לתת למערכות נשק טיפול מונע בפרקי זמן קבועים, או להסתפק בטיפול שבר – דהיינו בטיפולים במקרה של תקלות. אנחנו חונכנו להאמין בטיפול מונע, אבל ניתוח מדוקדק מלמד שמדובר במיתוס, שלעיתים קרובות מן הראוי לזנוח אותו.

טיפול אחזקה במערכות נחלק לשני סוגים עיקריים, הנבדלים זה מזה הן בתפיסה, הן בעלות והן במורכבות:

- א. אחזקה מונעת – המספקת רמת כשירות מרבית של המערכת בכל נקודת זמן;
- ב. אחזקת שבר – המספקת רמת זמינות מבצעית מרבית של המערכת, אולם מבטיחה "הפתעה" ברגע הופעת התקלה.

הגיון ההדיוט בכל הנוגע לאחזקת מערכות – כגון כל-ירכב – תומך באחזקה מונעת למערכות אלה, שתכליתה "הקדמת רפואה למכה". אולם הנטייה באחזקת מערכות מתוחכמות – כגון מערכות אלקטרוניות – היא דווקא להימנע מאחזקה מונעת ולעבור לאחזקת שבר, דהיינו להתערב במערכת רק לאחר שכבר אירעה בה תקלה. הסיבה היא הסיכוי הרב לגרום לתקלות במערכת דווקא בשעת ביצוע האחזקה המונעת – פעולה הכרוכה ב"פתיחת" המערכת ובפירוקה (כגון הוצאה והכנסה של כרטיס אלקטרוני).

ככלל, אחזקה מונעת היא צרכן משאבים גדול יותר מאשר אחזקת שבר. בעוד שבאחזקה מונעת ישנה נטייה לשפץ או להחליף חלקים בתדירות גבוהה, הרי באחזקת שבר ישופצו חלקים או יוחלפו רק לאחר שהתגלתה בהם תקלה. אולם מחירה של אחזקת השבר עלול לבוא לידי ביטוי בחומרת התקלות ובהשבתה אפשרית של המערכת ברגע שהוא הכי פחות נוח לנו.

מדיניות של אחזקה מונעת

אחזקה מונעת מוכתבת על פי שני פרמטרים מרכזיים, שקביעת כל אחד מהם קשה ומסובכת:

א. מרווח הזמן שבין טיפול לטיפול;

ב. תכולות העבודה המבוצעות בטיפול.

על מנת להבהיר את הקושי בקביעת הפרמטרים, די אם נזכיר כי כל מערכת בדידה מסופקת על-ידי המפעל יחד עם נתוני ה-MTBF (זמן ממוצע בין תקלות) וה-MTBO (זמן ממוצע בין שיפוצים) שלה. נתונים אלה

מדיניות אחזקה

אל'ם אב"י ורס"ן א"א

א. קטע A-B מתאר את התופעה של עלייה ברמת התקלות בגמר טיפול אחזקה מונעת – יחסית למצב ששרר לפני הכנסת המערכת לטיפול המונע. לתופעה הנ"ל ישנם הסברים רבים, אולם בעידן שבו נושא איכות העבודה ובקרה בתהליך הינו בראש סולם העדיפויות לא ניתן ואסור להשלים עימה. (המאמר לא יטפל בסוגיה זו, הדורשת ניתוח של תהליכי עבודה. ניתוח כזה מתבצע במסגרת פרויקט "בקרה בתהליך", המיושם בימים אלה במספנות חיל הים).

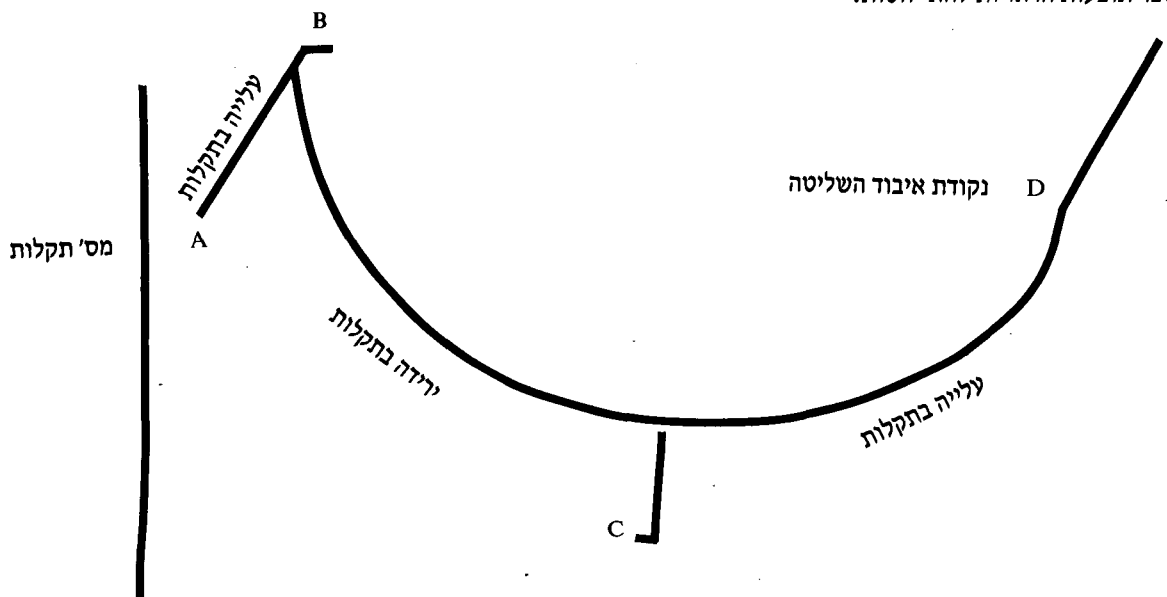
ב. קטע B-C מתאר את התופעה של התייצבות במערכת וירידה ברמת התקלות עד לרמה מזערית, שבה מצויה המערכת בכשירות מקסימלית. הקטע הנ"ל מאופיין בעלות שולית שלילית שמשמעותה: התקלות – שהן המחיר שמשלמת המערכת עבור הזמן המבצעי – הן מועטות מאוד.

נקבעים באופן תיאורטי עלידי היצרנים – שהם בעלי עניין – ולעיתים קרובות מתברר, שאין קשר רב בין קביעותיהם לבין התנהגות התקלות במערכת בעת עבודתה בשטח.

יתר על כן, בעוד שנתוני ה-MTBF וה-MTBO מתייחסים למערכת בודדת, נשאלת השאלה איך הם נקבעים ביחס לפלטפורמה, הנושאת מערכות רבות ומגוונות. (אמנם ישנם מודלים תיאורטיים האמורים להשיב על שאלה זו, אולם לנו לא ידוע על מקרים שבהם הצליחו ליישם בסביבה המבצעית).

מרווח הזמן בין טיפולים

בבואנו לקבוע את מרווח הזמן שבין טיפולי אחזקה מונעת, נבחן קודם כול את הגרף התיאורטי של התנהגות התקלות במערכות שמבצעות אחזקה כזאת. על הגרף, המכונה בשל מראהו "עקומת האמבטיה", ניתן להבחין במספר תופעות הראויות להתייחסות:



צורך לקבוע תהליך לחקר תקלות, לניתוחן ולהסקת מסקנות.

תהליך לחקר תקלות

תנאי בסיסי והכרחי לקיומו של תהליך כזה הוא ביצוע אחזקה (מונעת או שבר) למערכות וקיום בסיס מידע המאפשר לחקור תקלות.

ניתוח התקלות יתבסס על שני מקורות:

- א. ניתוח תקלות משביתות, שמדווחות למערכת איסון-התקלות (מט"מ – מערך טכנולוגיסטי משולב).
- ב. ניתוח תקלות שדווחו בחזרה ממבצעים ושהשפיעו על קבלת ההחלטות.

ניתוח התקלות משני מקורות אלה מספק בצורה המיטבית מידע על רמת אמינותה של המערכת.

בחינה של אופי התקלות מתפצלת לשני ענפים:

- א. לקביעת מרווח הזמן שבין טיפול לטיפול על-ידי בחינה של התנהגות גרף התקלות כתלות בזמן על מנת למצוא את נקודת העלות המרבית (קטע C-D).
- ב. לקביעת תכולות הטיפול על-ידי חקר התקלות מרמת המחלקה ועד רמת המכלול הבדיד. בחינת שני הערוצים הללו כל אחד לחוד ושניהם ביחד מאפשרת לבחון את העלות-תועלת בביצוע הטיפול בהשוואה לרמת התקלות במהלך מחזור שבין הטיפולים.

המערכת הקריטית המופיעה בתרשים הנה המחלקה/המערכת/המכלול שבעטיים המכלול השלם צריך לבצע טיפול. כלומר, לקביעת מדיניות אחזקה של פלטפורמה נאתר מהי המחלקה שגורמת לנו לעצור את הפעילות ולבצע טיפול לפלטפורמה כולה, ומשלב זה נבחן את תכולות הטיפול לשאר המחלקות.

לדוגמא: תקלות בגוף הפלטפורמה, המקבלות מענה רק בטיפול אחזקה מונעת, יכתיבו את משך הזמן המקסימלי שבין הטיפולים. אולם תקלות במנועים, המקבלים טיפול לפי מספר שעות עבודה שביצע המנוע, לא יכתיבו את מועד כניסתם של כלי השיט לטיפול.

הקמת צוותי שיפור הינה שלב נוסף ביישום מדיניות לאיכות כוללת (מל"כ) באחזקה. על צוותי השיפור לבחון את שיעור התקלות ואת חומרתן ברמות השונות ולהמליץ על תכולות הטיפול, שיתנו מענה לתקלות אלה. כמו כן עליהם להמליץ על דרכים לשיפור אמינותה של המערכת. קביעת תכולות הטיפול ומרווח הזמן שבין הטיפולים הינה תוצר של חקר התקלות ושל המלצות צוותי השיפור. מובן שלאחר קביעת מדיניות חדשה יש להמשיך את התהליך ולהסיק מסקנות לגבי המדיניות המעודכנת.

מדיניות שבר

עד כה דנו באחזקה מונעת כגורם היחיד המבטיח את רמת הכשירות הנדרשת ממערכות צבאיות. נשאלת השאלה האם זה אכן כך? האם לא ניתן לעבור למשטר של תחזוקת תקלות שבר?

ג. קטע C-D מתאר את השלב שבו המערכת מצויה בשירות מבצעי תקופה ארוכה ומתחילה לצבור תקלות שבר. (כזכור, הנקודה שבה מתחילות התקלות להופיע משתנה ממערכת למערכת בהתאם לאופיה.) את הקטע הנ"ל מאפיינת עלות שולית חיובית, דהיינו תשלום של תקלות שבר רבות תמורת הזמן המבצעי.

ד. קטע D ואילך מתאר את השלב שבו אובדת השליטה על המערכת, ורמת התקלות היא בשיעור בלתי נסבל. בקטע הנ"ל אנחנו משלמים בשפע של תקלות שבר תמורת זמן מבצעי מועט.

לאור האמור לעיל נבחן את "נקודת עלות תועלת מרבית" להכנסת המערכת לטיפול. מובן, שכל נקודה שנמצאת על הקטע A-C אינה כזו, שכן גם ללא הטיפול המונע מספר התקלות הולך ויורד באותו קטע. טיפול בשלב זה יהיה אפוא בבחינת בזבז גמור. לאור הגישה הנהוגה כיום, ולפיה אנו מעוניינים להבטיח כשירות מקסימלית, ניתן לטעות ולחשוב, שבנקודה C צריכה המערכת להיכנס לאחזקה. אולם גם זוהי טעות, שכן בנקודה C מצויה המערכת בשיא כשירותה ומספקת את כל הצרכים המבצעיים. המסקנה: "נקודת עלות תועלת מרבית" מצויה על קטע C-D, שבו הולך וגדל מספר התקלות במערכת.

הגדרה

נקודת עלות תועלת מרבית – זו נקודה שבה רמת הכשירות המבצעית של המערכת עדיין מספקת את צורכי הדרג המבצעי. נקודה זו, הניתנת לשינוי בהתאם להערכת מצב מדינית, צבאית או תקציבית, נמצאת בקטע C-D. מעבר לנקודה זו תבצע המערכת טיפול.

תכולות הטיפול

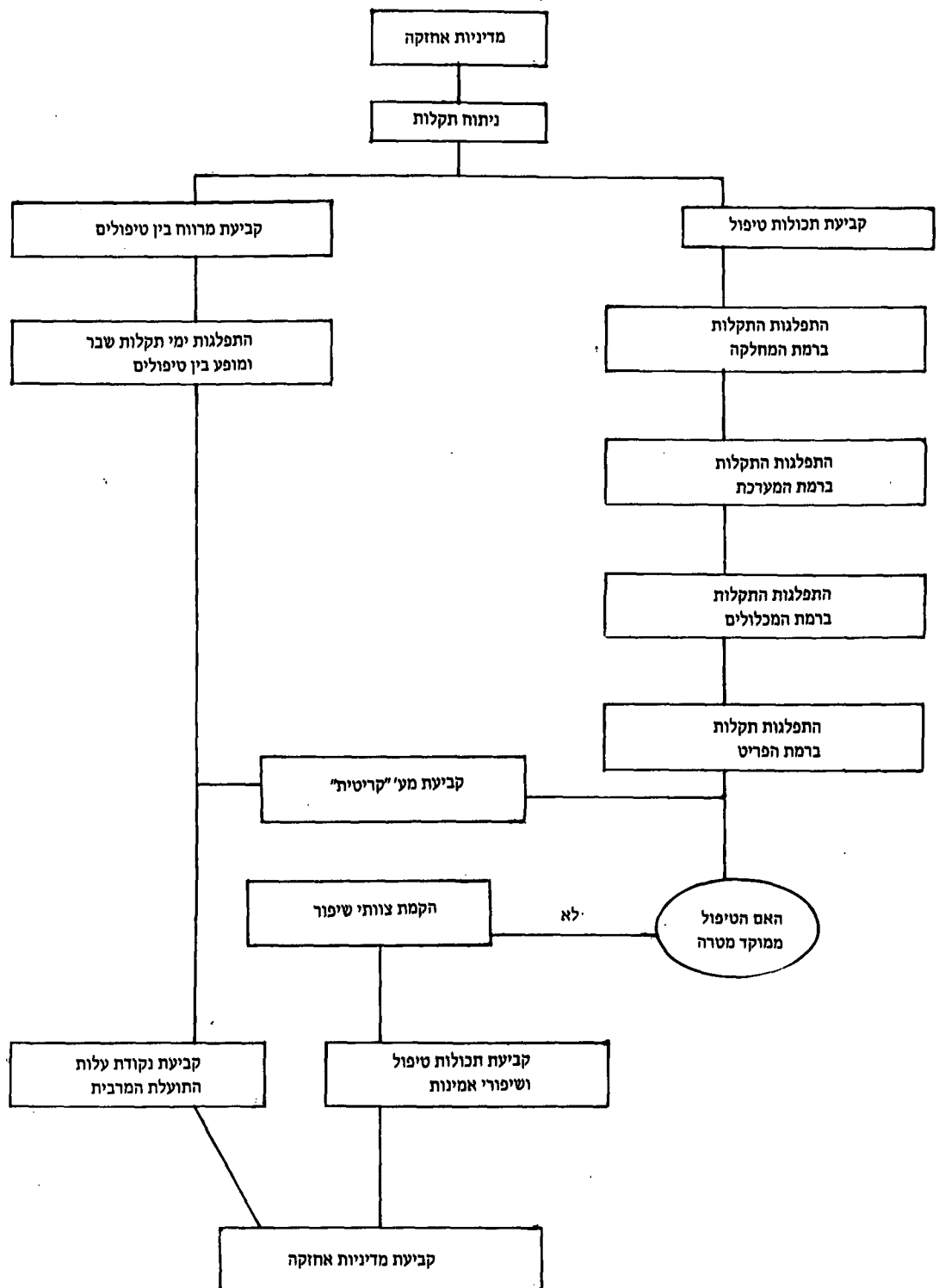
עד כה דנו בסוגיה הראשונה – קביעת מרווח הזמן שבין הטיפולים. עתה יש לבחון את תכולתו של טיפול האחזקה. הוראות אחזקה מונעת מבוססות לרוב על הוראות היצרן. ההוראות מכתיבות את תדירות הטיפול ואת היקף הטיפול כפי שקבעו מתכנני המערכת. חשוב לזכור שלמתכנני המערכת יש עניין רב להבטיח רמת כשירות כפי שהתחייבו במפרט התכנון, ולכן יש להם "יד קלה" כאשר הם קובעים את תכולות האחזקה.

יש לשאול שתי שאלות:

א. האם כל מה שנעשה באחזקה המונעת ממוקד במערכות הגורמות לאחוז תקלות גבוה? (ממוקד מטרה)

ב. האם כל פעולות האחזקה שבוצעו בפועל אכן תורמות לרמת הכשירות? (תהליך מבוקר)

בתחילת המאמר ציינו, ששתי הבעיות המרכזיות באחזקה מונעת הן מציאת "נקודת עלות תועלת מרבית" וקביעת תכולות הטיפול. פתרון של שתי בעיות אלה מוכתב על-ידי רמת התקלות של המערכת. מכאן שיש



מבנה ארגוני

עד כה בחנו את הדרך לקביעת מדיניות אחזקה על-ידי ניתוח תקלות והסקת מסקנות לגבי תכולת הטיפול ומועדי הטיפול. פועל יוצא של חקר תקלות יסודי הינו שיפורים באמינות והנהגת שינויים בנוהלי האחזקה. נשאלת השאלה האם המבנה הארגוני בחילות הים מסוגל לתת פתרונות לבעיות שעולות מחקר התקלות, או שהאינפורמציה הרבה תישכח ותיבלע. כדי לענות על שאלה זו יש לבחון את המבנה הארגוני.

בחילות הים נהוג שהמטה מגבש פתרונות טכנר הנדסיים ארוכי טווח, ואילו בבסיסים הפלגה הטכנית מספקת מענה לתקלות שבר. בתרבות של מל"כ (מדיניות לאיכות כוללת), שבה צורכי הלקוח עומדים במרכז ההתעניינות, נשאלת השאלה, האם המבנה הנוכחי מסוגל לספק צרכים שאינם לטווח הארוך, אלא לטווח המיידי. בחינת המבנה הארגוני של חילות הים ובחינה של הגדרות התפקידים מקשות מאוד על מתן תשובה חיובית לשאלה זו. מטות של חילות הים נותנים מענה לטווח הביניים ולטווח הארוך הן מבחינה מחשבתית והן מבחינה ארגונית. המעבר מארגון שמרני, הנזקק לפרקי זמן ארוכים כדי לתת פתרונות, לגוף דינמי שמחובר לסביבה דורש לבצע את השינוי המתואר להלן:

הקמת צוות שיפור

חקר שיטתי של תקלות יחשוף עד מהרה בעיות אמינות במערכות השונות. פתרון הבעיות בפרקי זמן קצרים מסוגל לשפר את רמת הכשירות מבלי להזדקק להשקעה גדולה. לצוותי השיפור יינתנו מטלות בעדיפות שתיקבע על פי חקר התקלות.

משנה לשנה עלינו לבחון מהן המערכות שחובה לשמור עליהן ברמת כשירות מקסימלית במשך כל השנה ומהן המערכות שניתן לבצע באמצעותן את המשימות בלי לבצע בהן אחזקה מונעת.

מחיר הטעות

מחיר הטעות הינו התשלום שמשלמים בעת תקלת שבר עבור אי ביצועה של אחזקה מונעת. מחיר הטעות נמדד על פי שני קריטריונים:

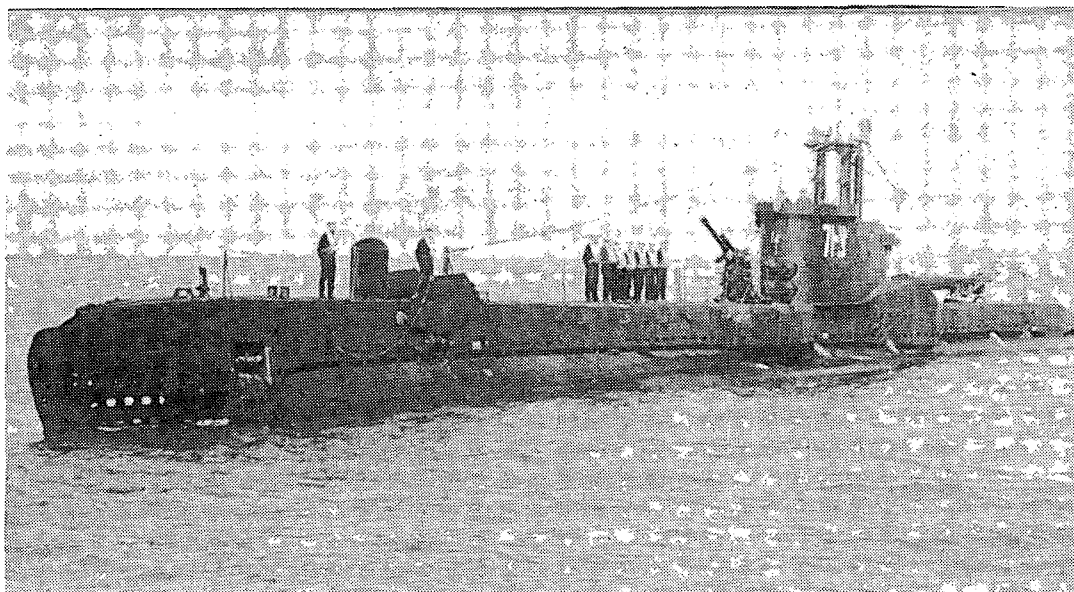
א. המחיר המבצעי;

ב. המחיר התחזוקתי.

המחיר המבצעי הוא השבתה אפשרית של המערכת בשל תקלה. הגורם המבצעי הוא שחייב לקבוע מהי מידת הסיכון שהוא מוכן לקחת על עצמו. למשל הוא יכול לקבוע מעבר למדיניות של אחזקת שבר, בתנאי שהשבר לא ישבית את המערכת ליותר מ-6 שעות ולא ישבית מערכות לחימה של קו ראשון, כגון מערכות ל"א ומערכות כיבוי אש.

המחיר התחזוקתי נמדד בשעות עבודה, דהיינו בכסף. ההיגיון הכלכלי אומר, שניתן להעביר לאחזקת שבר כל מערכת שתיוקנה (בעקבות שבר) עולה כמו האחזקה המונעת שלה. לדוגמא: נעביר לתחזוקת שבר כל מערכת, אשר כדי להגיע אליה איננו צריכים לפרק מכלולים רבים, כגון מכלים ומערכת אוויר דחוס. לעומת זאת, מאחר שטיפול בצנרת העוברת מתחת למנוע הספינה מחייב את פירוקו של המנוע, לא נעביר אותה לאחזקת שבר, אלא נבצע בה אחזקה מונעת כל אימת שאנחנו מוציאים מנוע. (ראוי לציין שפירוק והרכבה של מנוע ספינה אורכים כשבוע ועולים 600 שעות עבודה).

הצוללת הראשונה, אח"י תנין



צוות טכנר-הנדסי

צוות טכנר-הנדסי הוא קבוצת מהנדסים ממגוון תחומים, שפועלים בשטח ושתפקידם הוא לענות על צורכי הלוחמים על-ידי תכנון פתרונות הנדסיים, הדורשים השקעה מועטה ואשר תרומתם המבצעית גדולה.

לעיתים קרובות הפתרון לבעיות העולות מהשטח – כולל הבעיות העולות מחקר התקלות – כרוך בפתרון הנדסי פשוט המבוסס על "חוכמת שטח". כיום ה"לקוח" שמעוניין בפתרון לא יקבל מענה עקב סדר העדיפויות הנמוך שהמטלה מקבלת מהמטה, אף שהפתרון משפר את יכולתו להפיק מהמערכת תפוקות רבות יותר. למשל: משימה להטיית צג, שתאפשר ללוחם לצפות בו במשך זמן רב יותר, דורשת הוצאת משימה מהמטה. תהליך הוצאת המשימה יכול להימשך חודשים רבים, בעוד שביצוע העבודה אורך מספר שעות.

על מנת לשפר את תגובות המערכת לצורכי הלוחמים רצוי כי המפקדות בחילות הים ייתנו פתרונות לצורכי הלוחמים סמוך למועד שבו הועלה הצורך.

סיכום

חקר תקלות יסודי הינו הבסיס לקביעת מדיניות אחזקה לפלטפורמה ולמערכות. נוסף על כך חקר תקלות יאפשר לנו להבין את חסרונותיהם של אמצעי הלחימה שפיתחנו כדי לשפר את מערכות העתיד. הקמת צוותי שיפור הינה הכרחית כדי לענות על צורכי הדרג המבצעי.

