

פינת הוותיקו

# טאק פייר



# מערכת אוטומטית לניהול אש ארטילרית

עורך סא"ר אוריאל

## רקע

אחד ההיבטים המעניינים בשימוש שעושים במערכות מחשבים בשדה-הקרב הוא השימוש בהן לניהול אש ארטילרית. ההתפתחויות בלוחמה המודרנית — בטקטיקה ובציוד — יצרו כיום אתגרים חד-שיים, אשר ארטילריית-השדה חייבת לעמוד בהם כדי לשמור על מקומה בשדה-המערכה. העובדה שלכוחות האויב ניידות גבוהה ביותר וציוד מתוחכם, המסוגל לאכן נשק ותצפיות קדמיות ולהשמידם, מחייבת את ארטילריית-השדה לתגובות מהירות ומדויקות.

הנשק והתחמושת הקיימים בארטילריה המודרנית מצטיינים בדיוק רב, בטווח ארוך ובקצב-אש גדול. אולם תכנון האש וניהולה אינם די מהירים בהגבתם לענות על הדרישות החיוניות בשדה-המערכה המודרני. נוסף לכך אין בכמות המידע המודיעיני, הנאסף והנוצר במצב טקטי, כדי לאפשר ניתוח יעיל ועדכני של נתונים על מטרות והפצתם במועד.

מדינות אחדות ובהן קנדה, בריטניה, צרפת, גרמניה המערבית, איטליה ונורבגיה רכשו ציוד מחשבים לארטילריה או פיתחו ציוד כזה; אולם כצפוי היתה זו ארה"ב — המובילה בטכנולוגיה של מחשבים — שפיתחה מערכת מחשבים לארטילריה, הכוללת גם ציוד היקפי גלוי מגוון.

הראשון מבין המחשבים שפותחו בארה"ב לשימוש בארטילריה הוא ה"פאדאק"; הוא יוצר החל משנת 1959 בכמויות גדולות מאוד ונמצא כיום בשירות מבצעי בצבא היבשה האמריקני.

יורשו של ה"פאדאק" — ה"טאקפייר" — הוא מערכת ממוכנת לעיבוד נתונים לארטילריה ברמה הטקטית; מחשבים אלה נמצאים בגדודים של ארטילריית-השדה וברמת מפקדת הסיוע של הדיביזיה. מתוכנן כי הייצור הסדרתי של ה"טאקפייר" יחל בשנת 1973. תוצאות ניסויים שערך צבא ארה"ב במערכת הרשימו במידה כזו, שהפנטגון הגיש הזמנה ראשונית בסכום של 140 מיליון דולר כדי לצייד 16 דיביזיות חי"ר ו-109 גדודי ארטילריה.

## הדרישה המבצעית

על מרכז ניהול אש בגדוד ארטילריה מולים תפקידים רבים. אלה כוללים תכנון אש, ניתוח מטרות, רישום התחמושת,

כשירות היחידה ומעקב אחריהם, עיבוד נתונים של מדידות טופוגרפיות, עיבוד נתונים מטאורולוגיים ומעל לכל — חיי-שוב נתוני ירי.

נתאר בקצרה את כל הפעולות המבוצעות החל בדרישה לפתוח באש על מטרה וכלה בהעסקתה. קצין התצפית משדר נתונים על המטרה למרכז ניהול האש. במרכז ניהול האש מציינים את הנתונים על מפה ומודדים את הטווח ואת קו הירי מהתותחנים למטרה.

בשלב זה עוסק מרכז ניהול האש בכמות גדולה של נתונים: סוג המטרה, גודל המטרה ומבנה, תנאי מזג-אוויר, מצב הסוללות והתחמושת, מיקום היחידות. לאחר בדיקת כל הנתונים הללו נקבעים יחידת האש, שילוב סוג הפגז עם המרעום המתאים, כמות התחמושת לירי, ההגבלה והכיוון לירי ונתונים נוספים. כל המידע הזה מועבר לסוללות התותחנים. התהליך גוזל זמן וחשוף לשגיאות אנוש, במיוחד כאשר הוא נעשה בלחץ זמן. נוסף לכך הוא מאפשר גילוי של קצין התצפית על-ידי האויב, כי הוא מחייב שידור של הודעות ארוכות; שידורים אלה מאפשרים לאויב חסימה או האזנה.

לאחר שהצבא האמריקני למד באורח מרוכז — במשך שנים אחדות — את בעיותיה של הארטילריה, הגיעו המומחים למסקנה שהוספת מחשב ברמת מרכזי-הול האש בגדוד (כגון ה"פאדאק") לא תפתור את הבעיה הכללית.

לבסוף גובשה דרישה למערכת כללית של פיקוד ושליטה המתוכננת בהתאם לדרישות המודרניות של הארטילריה. מערכת זו תאפשר:

- קיצור זמן התגובה, העובר מהדרישה לפתוח באש, לשניות אחדות
- שימוש טוב ומהיר יותר בכל המידע הנתון על המטרה
- שיפור הדיוק
- חיסכון בתחמושת
- יעילות רבה יותר בקביעת היכולת להעסיק מטרה ובהקצאת יחידות אש.

## תיאור המערכת

מערכת ה"טאקפייר" מכילה את כל היסודות הקשורים בניהול משימות ארטי-לריות. המערכת מכילה מחשבים ספרתיים,



מערכת ה"טאקפייר" ברמת גודד הארטילריה קושרת את האלמנטים הבאים: מרכז ניהול האש הגדודי, סוללת התותחים, חוליית המר דדים הגדודית, קציני תצפית, חוליה מטאר רולוגית, מרכז סיוע באגד הארטילרי.

המידע הדרוש להכנת נתוני ירי על המט-רה. המערכת מכילה 30 בוררים ובכל בורר 16 מצבים; בעזרתם מוכנת ההודעה, אשר בהמשך משודרת בצורה ספרתית ברצף מהיר במשך 1.3 שניות. השידור המהיר מתאפשר בגלל אופיו הספרתי והשימוש בכרטיסים בעלי מבנה קבוע. הכרטיס המותקן על המכשיר קובע את סוג המידע שקצין התצפית משדר ואת מבנהו. השימוש בכרטיס מבטיח פיענוח נכון של המידע.

משאשרה בקשתו לפתוח באש, צופה קצין התצפית בפגזים הנורים ומבצע את תהליך הטיווה. בתהליך זה הוא מעביר את נתוני התיקונים דרך אותו מכשיר בסיום הטיווה ניתנת הפקודה לאש לתכ-לית וכל התותחים המוקצים למשימה יעסיקו את המטרה. בגמר ההעסקה מעדכן קצין התצפית, בעזרת מערכת השידור שלו, את המחשב שבמרכז ניהול האש, אשר מעדכן בהתאם נתונים על מצב המ-טרה, על כמות התחמושת שבידי היחידה ועל מצב התותחים. בעתיד מתוכנן להח-ליף את המכשיר שברשות קצין התצפית במערכת דו-כיוונית המסוגלת לשדר מידע ולקלטו.

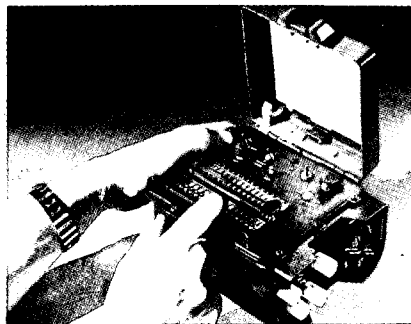
### מרכז ניהול האש בגדוד

דרישת האש — אשר שודרה על-ידי קצין התצפית, בעזרת מכשיר לשידור הודעות במבנה קבוע — נקלטת במרכז ניהול האש; שם נמצאת יחידה לבקרת תקשורת הפועלת במהירות של 600—

לויטננט ויליאמס, מגדוד ארטילריית-שדה 568 סופח בתור קצין תצפית לפלוגה א', גדוד 701 של החטיבה המוצנחת העצמ-אית ה-178.

הגדוד, לאחר שצנח, נמצא בתגועה למגע נגד מוצב אויב; פלוגה א' היתה פלוגת החלוץ. לויטננט ויליאמס נע על-יד מפקד הפלוגה, כאשר לפתע הבחינו ב-3 טנקי אויב הנעים לרוחב החזית, בטווח 3 ק"מ. קצין התצפית עצר לרגע והכין את פקודת האש בעזרת כפתורי המערכת; הוא מעביר את ההודעה בלחיצה על מתג השידור. כעבור 1.3 שניות מוזנת דרישת האש למחשב שבמרכז ניהול האש; וכעבור 7 שניות נוספות מופיע הפתרון האופטימלי, המוצע על-ידי המחשב, לביצוע הירי הנ"ל, על לחץ התצוגה של קצין ניהול האש.

אם קצין ניהול האש מקבל את הפתרון, הוא לוחץ על כפתור ופקודת האש משו-גרת באורה אוטומטי לסוללות. יוצא, אפוא, שחוך פחות מ-10 שניות מקבלת דרישת האש של קצין התצפית, תהא פקודת האש המודפסת בידי יחידת האש לביצוע.



מכשיר יד לקצין התצפית להעברת הודעות במבנה קבוע.

מרכז ניהול האש.



לוחות בקרה, מסופים מקומיים ומרוח-קים, יחידות-תצוגה גרפיות וציוד היקפי גלוי נוסף. המידע הספרתי המתקבל, מועבר בערוצי רדיו או בקוי קשר. בשל המבנה המוצלח שלה ניתן להפעיל את המערכת בהרכבים שונים בהתאם לדרגי ההפעלה ולתפקידים שעליה למלא. כתוצ-אה מכך יכול המשתמש לבחור את הציוד „גזור" לצרכיו המיוחדים, ויכול לשלבו בנקל בציוד ספרתי אחר הקיים כבר במערך.

נתאר להלן את מרכיבי המערכת בהתאם לשימוש בהם בדרגים השונים:

קצין התצפית — כדי לאפשר לקצין התצפית להעביר דוחות במהירות ובמהי-מנות, מעמידה לרשותו מערכת ה"טאק-פייר" מערכת נישאת לשידור הודעות בעלות מבנה קבוע, המחוברת למרכז נ-יהול האש הגדודי בערוץ הקשר התקני של קצין התצפית או בקשר קוי. משקלה 2.5 ק"ג ובעזרתה מכין קצין התצפית את כל

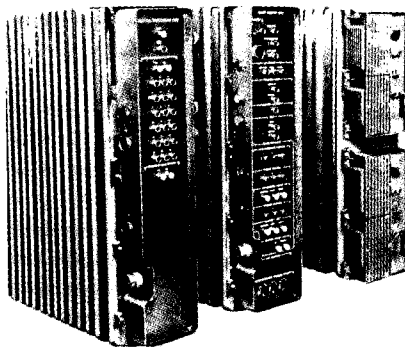
אירה תמיד את ההחלטה לפתוח באש בידי הקצין.

הנתונים מוצגים לקצין ניהול האש בעזרת קבוצה של מערכות תצוגה, הכוללת תווין ספרתי אשר מציין באורח אוטומטי מידע על המטרה, בהתאם לסימנים שקיבל טיים מוסכמים, על גבי מפת מצב בגודל של 120x120 ס"מ. נוסף לתווין קיימת מדפסת שורה אלקטרונית אשר מדפיסה את פרטי דרישת האש עם תוצאות העיבוד במהירות של 500 שורות לדקה. המדפסת יכולה להדפיס גם את ההודעות היוצאות ממרכז ניהול האש לצורך מעקב אחר כל ההודעות והפקודות שניתנו על-ידיו.

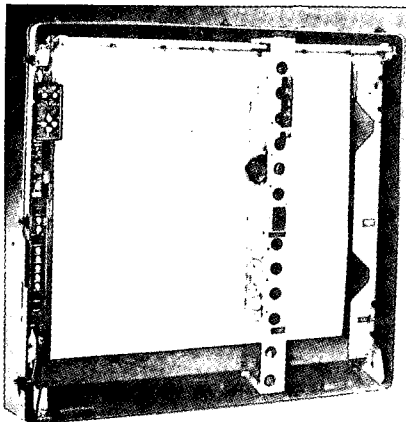
האמצעים הללו מאפשרים לקצין ניהול האש גישה מהירה לפקודות אש למשימות שונות; כן מאפשרים לו אמצעים אלה לפקח על המצב, לקבוע במהירות קדימות על מטרות בזמני עומס, ובאופן כללי — לשלוט בצורה מלאה על מרכז ניהול האש.

נוסף למערכות התצוגה שהוזכרו לעיל קיים לוח בקרה ארטילרי. לוח זה מהווה את נקודת-הקשר העיקרית בין האדם למחשב. הוא מאפשר לקצין ניהול האש להזין נתונים ולהציג שאלות למערכת בזמן אמיתי במונחים ארטילריים מקובלים. האלמנטים הבסיסיים בעמדת הבקרה הם מכונת-כתיבה עם לוח מקשים הכולל או-תיות וספרות, ושני מסכי תצוגה. המסך העליון מציג את ההודעות או את פקודות האש אשר התקבלו במרכז ניהול האש או יצאו ממנו. המסך התחתון מציג תוכן של הודעות המוכנות בעזרת מכונת-הכתיבה, או הודעה המוצגת על-ידי המחשב לצורך עריכתה. על-ידי שימוש בשני המסכים הללו ניתן לקבל הודעות ולחברן בעת ובעונה אחת. כאשר המפעיל של עמדת הבקרה לוחץ על כפתור השידור, נשלחות פקודות האש באופן אוטומטי דרך רשת ניהול האש הגדודית לסרולות השונות.

כל הציוד של מרכז ניהול האש מאוחסן בתיבה "S-280". ניתן להוביל תיבות כאלה במטוסים, במסוקים או במשאיות בנות 2.5 טונות; ניתן לפרוק את הציוד ולהכינו לפעולה תוך פחות מחמש דקות. ניתן גם להתקין את הציוד ברכב פיקוד זחלי "M-577" בפחות משלושים דקות. להפעלתו של הציוד דרוש צוות של ארבעה אנשים.

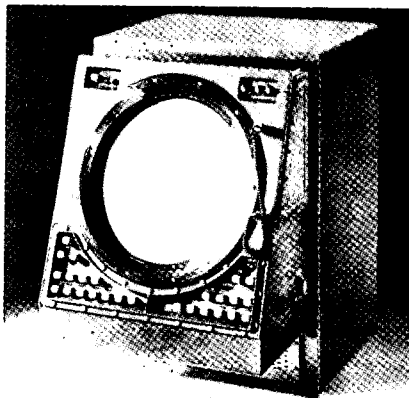


לבה של מערכת ה"טאקפייר" הוא המחשב "L-3050" מתוצרת חברת "ליטון". בתמונה: יחידת העיבוד המרכזית, יחידת קלט-פלט, ואחד משני זכרונות העבודה הע"שויים טבעות מגנטיות.



תווין ספרתי בגודל 122x122 ס"מ. התווין רושם מידע טקטי על מפות.

יחידת תצוגה טקטית, המנוצלת להערכת מודיעינית. היחידה מסוגלת להגדיל פי ארבעה קטעים של המפה הנמצאת על התווין הספרתי.



1,200 סיביות \* לשניה ובודקת באופן אוטומטי את המידע. קוד אישור נשלח תוך רה לקצין התצפית על-ידי אות רדיו המפעיל גורית במכשיר שבידי קצין-התצפית הקרמי. לאחר זאת מוזנת בקשת קצין-התצפית באופן אוטומטי במחשב הספרתי "AN/GYK-12" אשר פותח ביחידת עיבוד-נתונים טקטיים.

המחשב כולל יחידת עיבוד מרכזית בעלת זיכרון של 32 אלף מילה (כל מילה באורך של 32 סיביות), יחידת קלט-פלט בעלת 120 ערוצים. הזיכרון המיידית מחוץ לק לארבעה זכרונות של 8,192 מילים.

המחשב מסוגל לטפל ב-64 תכניות שונות (ברמת הגדרת התכנות מכיל 252 אלף מילים) אשר סדר הטיפול בהן נקבע לפי מערכת קדימות. תכנית פיקוח הפועלת לפי הקדימות מאפשרת להפסיק ביצוען של תכניות פחות דחופות למען תכנית דחופות יותר, כגון חישוב נתוני ירי ומשימות-אש. לשם אחסון נתונים קבועים מצויד המחשב שבמרכז ניהול האש בזיכרון בעל גישה אקראית, הפועל על העיקרון של תוף מגנטי, בעל קיבול של 196,608 מילים; השגתן אפשרית בפחות מ-10 מילי-שניות.

התכניות נטענות לתוך הזיכרון באמצעות יחידת הטענה בעלת סרט מגנטי, אשר קיבולה 1.2 מיליון מילים בנות 8 סיביות כל-אחת. סרט זה מכיל גם תכניות בדיקה לאיתור תקלות במערכת. בהיותה בעלת קיבול כה עצום, יכולה מערכת ה"טאקפייר" לאחסן את כל הנתונים הקשורים במשימות ארטילריות, המתקבלים מכל תחנות החוף-שלה ולטפל בהם. משמתקבלת דרישת האש של קצין התצפית, היא מעובדת על-ידי המחשב המביא בחשבון את כל הנתונים המשפיעים על חישוב נתוני הירי. החישוב עצמו כולל סימולציה של המסלול, כדי שהפתרון יהא מדויק במידה מקסימלית.

תוך פחות משבע שניות מקבלת הדרישה במחשב, מצויד קצין ניהול האש בכל הנתונים הדרושים להחלטה. בתשעים אחוז מהמקרים בוחר קצין ניהול האש בפתרון האופטימלי המוצע על-ידי המחשב, אולם יש להדגיש שהמערכת מש-

\* סיבית (bit) — אורח ההונגה והשימור של מילים במחשב, בשיטה בינרית (0 או 1) — המער.

## סוללת התותחים

כאשר מתקבלים נתוני הירי על-ידי המ-חשב במרכז ניהול האש, הם מאושרים על-ידי קצין ניהול האש ולאחר מכן מוע-ברים למוצבי-הפיקוד הסוללתיים.

מוצב הפיקוד הסוללתי יהיה מצויד ביחידת תצוגה סוללית (Battery Display Unit) המורכבת מיחידה לבקרת תקשורת ומדפסת שורה אלקטרונית. יחידת בקרת התקשורת מקבלת את פקודות האש ובו-דקת אותן לגילוי שיבושים בזמן העברתן; היא מאשרת את תקינותן באופן אוטומטי. לאחר זאת מדפסת ההודעה עבור קצין עמדת התותחים אשר מאשר את קבלת ההודעה למרכז ניהול האש. קצין עמדת התותחים מוסר את פקודת האש לתותחים בעזרת הדף המודפס אשר התקבל מהמדפסת. המהירות שבה מעבד המחשב את הנתונים ומעביר אותם למדפסת הסוללית היא כה רבה, שתוך פחות מעשר שניות מעת העברת הרישיה של קצין התצפית יהיו פקודות האש ברשות קצין עמדת התותחים.

ניתן לצייד את מוצבי הפיקוד הסוללתיים בהתקן להעברת הודעות במבנה משתנה (Variable Format Message Entry Device). זוהי יחידת תצוגה משוכללת יותר המכילה, נוסף למדפסת, מסך תצו-גה ולוח מקשים. הוא מאפשר להעביר, במהירות ובדיוק, נתונים על מצב התח-מוש ותוצאות מדידות טופוגרפיות של העמדות השונות.

## אלמנטים נוספים הקשורים למערכת „טאקפייר” במרכז ניהול האש

נוסף לקציני התצפית ולסוללות התותחים ניתן לקשור אלמנטים חיוניים נוספים למערכת ברמת הגדוד. חוליות הסיוור וה-מדידות וחוליות המטאורולוגיה מזינות נתונים, שבלעדיהם לא ניתן לערוך חי-שוב ירי מדויק. קציני הקישור הארטי-לריים, המתלויים ליחידות המסתייעות, קשורים אף הם למרכז ניהול האש הגדודי. הם מעודכנים בכל הקשור בתכניות אש ומסוגלים לתאם שינויים ולהודיע ל-חי"ר או לשריון על ביצוע ירי ארטילרי. אלמנטים אלה מצוידים במערכת להעברת הודעות במבנה משתנה.

## מרכז סיוע דיביזיוני

מערכת ה„טאקפייר” במרכז הסיוע של האגד הארטילרי מאוחסנת בשתי תיבות מסוג „S-280”, בשל הציוד הנוסף הכלול בה.

הציוד אמנם זהה לזה הנמצא במרכז ניהול האש הגדודי אבל נוספים לו מדפסת נוס-פת ומסך-תצוגה טקטי (Electronic Tactical Display). מסך זה יכול להציג כל קטע של המפה המונחת על התווין הספ-תי, מוגדל פי ארבעה על מסך של 40 ס"מ. בעזרת מערכת זו ניתן לבחור בתצוגה מערכת סימנים טקטיים מסוימת ולהשמיט את היתר. קצין האג"מ וקצין המודיעין יכולים להשתמש בו בנפרד, או במקביל לביצוע עבודת המטה שלהם.

בעזרת המערכות הללו יוכל מרכז הסיוע לנהל את פעולתם של גדודי הארטילריה, לנתח במהירות את כל הנתונים הטקטיים והמודיעיניים על האויב, להזין באופן ישיר פקודות ולערוך חישובים שונים.

המרכז יהיה קשור לקציני סיוע וקישור ארטילריים אשר ברשותם מערכת להע-ברת הודעות במבנה משתנה. הקשר יהיה ספרתי, דו-כיווני; העברת ההודעות תיע-רך במהירות גבוהה. כמו-כן יקושר מרכז הסיוע הדיביזיוני למרכזי ניהול האש הגדודיים.

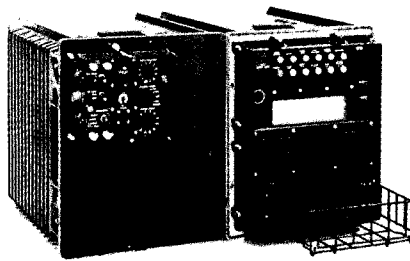
## תכניות מחשב

התכניות העיקריות של מערכת „טאקפייר” מוצגות בטבלה הבאה. הן מסודרות בהת-אם לדרג בו הן נעשות, אף כי הן ניתנות לביצוע בכל דרג. לדוגמה, בשל הזהות בציוד ובתכניות, ניתנות הפעולות של מרכז הסיוע הדיביזיוני לביצוע במרכז ניהול האש הגדודי; זאת על-ידי העברה (ספרתית) של התכניות בין שני המקומות. בין הפעולות הנערכות על-ידי המחשב נכללות גם אלה העוסקות בשימוש בנשק גרעיני וכימי.

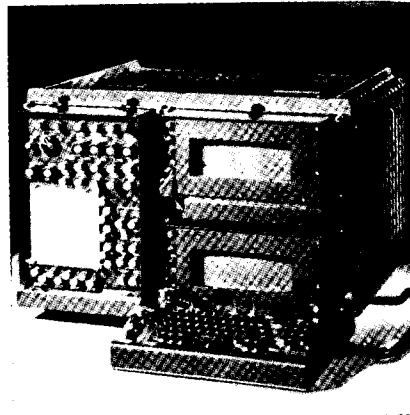
## תחזוקה ואמינות

בממוצע קורית תקלה במערכת המחשב מדי 780 שעות; יחידת העיבוד המרכזית פועלת ללא תקלה בממוצע כ-6,000 שעות. שאר הציוד ההיקפי פועל כ-30,000 שעות, בממוצע, ללא תקלה.

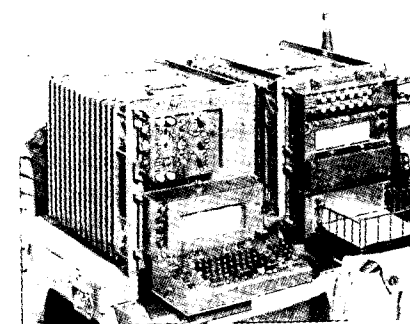
מהימנות הפעולה של המערכת מגיעה כמ-עט ל-100 אחוז. הדבר מושג, כאמור, בשלוש דרכים. הדרך האחת — תקלה



יחידת תצוגה סוללית. היחידה המותקנת בכל מוצב פיקוד סוללתי, מקבלת פקודות אש ממחשב של מרכז ניהול האש ומדפיסה אותן.



יחידת בקרה המאפשרת לקצין ניהול האש להזין נתונים למחשב ולשנות את התוצאות המתקבלות לפני העברתם לדרגים האחרים.



מכשיר להעברת הודעות במבנה משתנה. יות-קו ביחידות מרוחקות הזקוקות לקשר ספרתי דו-כיווני עם מרכז ניהול האש. כמתואר בת-מונה, המכשיר מותקן בחלקו האחורי של גיפ, ליד מכשיר-הקשר זרכו מתקיים הקשר עם מרכז ניהול האש.

תכניות עיקריות של מחשב במערכת "טאקפייר"		
מרכז ניהול אש גדודי	מרכז סיוע דיביזיוני	דרגתי סיוע שונים
מדידות מטאורולוגיה	מדידות מטאורולוגיה	מדידות כשירות יחידות
כשירות יחידה	כשירות יחידה	מצב התחמושת
מצב התחמושת	מצב התחמושת	גיאומטריה
ניהול אש טקטי	ניהול אש טקטי	נתוני מודיעין על מטרות
ניהול אש טכני	גיאומטריה	ניתוח מטרה
גיאומטריה	נתוני מודיעין על מטרות	ניתוח להעסקה גרעינית
תכנון אש	תכנון אש	וכימיה
דיווחי מצב	דיווחי מצב	תכנון-אש גרעיני וכימי
		תחזית נשורת

במרכזים גורמת לכך שהמחשב עוקף את היסוד המקולקל ופונה לאמצעי מחליף. הדרך השניה היא על-ידי יצירת תצורה חדשה של מערכת המחשב (ללא החלק המקולקל); מפעיל המערכת משלב מרכיב משלים, וזה למרכיב המקולקל. הדרך השלישית היא להפסיק את פעולת הציוד ולתקנו בשדה. הדבר ניתן להיעשות ב-90 אחוז מהמקרים תוך 10-15 דקות, הודות לאחידות המבנית של יחידות המערכות ושל המעגלים הספרתיים.

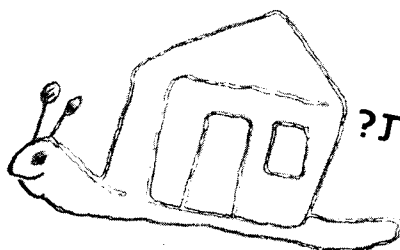
### מערכת ה"טאקפייר" בצבא ארה"ב

ה"טאקפייר" יותקן במרכז הסיוע הדיביזיוני, בכל גדוד בסיוע ישיר ובגדוד ב-סיוע כללי. ציוד היקפי ינופק לקציני תצפית, לקציני קישור, לסוללות התותחים ולשתי סוללות בגדוד הטילים. הצבא מתכוון לצייד בהמשך יחידות נוספות במרכזי המערכת, כגון: חוליה מטאורולוגית ומחלקות מודדים.

מערכת ה"טאקפייר" היא לבנה אחת במערכת פיקוד ושליטה כוללת המתוכננת לדרג השדה של צבא ארה"ב. נוסף לה תהיה מערכת הפעלה טקטית לעיבוד תהליכים טקטיים ומודיעיניים; ומערכת לעיבוד נתונים לוגיסטיים ונתוני כוח-אדם.

ביצועי התכניות — זמן תגובה של מרכז ניהול האש	
זמן תגובה בשניות	
ידני	"טאקפייר"
1,800	2.2
60	6
480	7
7,200	109
900	10

מדידות (מצולע בן 15 קטעים)  
חישוב נתוני ירי (ליחידת אש אחת)  
נתוני מודיעין על מטרות (חיפוש)  
נתונים על מטרות בקובץ של 1,000 מטרות)  
תכנון אש (35 מטרות, 10 יחידות אש)  
ניתוח-מטרות ראשוני (מטרה אחת, 10 יחידות אש)



האם החלפת כתובת?

הודע ל"מערכות" כדי שלא תפסיד את הגיליון הבא!