

על חוקי הפיסיקה

על גדלים ועל "קבועי-זמן" אופייניים

פיסיקאים מיומנים, הניגשים לפתרון בעיה פיסיקלית, יודעים, כי ראשית חוכמה, יש לקבוע את הגדלים ואת קבועי-הזמן, האופייניים לבעיה. אין טעם להחיל על בעיה, שגדליה האופייניים הם כמה מטרים, תיאוריות קוואנטיות, שנועדו לפתור בעיות תת-אטומיות, ולהיפך. כך, אם רצוננו לחשב את שטח החתך המכ"מי (שח"ם) – של מפציץ, נצטרך להפעיל כלים תיאורטיים, המתאימים לתדר המכ"ם המבוקש. אם מדובר בתדר של מכ"מים לבקרת-אש, נצטרך להביא בחשבון משטחים שונים לגמרי בגוף המפציץ מאשר אלה, שנצטרך להתחשב בהם, כשנרצה לחשב שח"ם עבור מכ"ם גילוי, העובד בתדר VHF. כדי להבין את הסיבה לכך, די לזכור, כי אורך הגל האופייני למכ"מים לבקרת-אש הוא 10-30 ס"מ, ואילו אורך הגל האופייני למכ"מי VHF הוא מטרים אחדים. לכן, במקרה של VHF צריך להביא בחשבון גם אפקטים, הנובעים מגוף המפציץ עצמו, ולא רק ממשטחים מחזירים על פני הגוף.

הוא הדין לגבי קבועי-זמן אופייניים. דיון בבעיה של התחמקות מטוסי קרב מטילים באמצעות תמרון צריך להביא בחשבון את קבועי-הזמן, האופייניים להטיית המטוס ממסלולו (כעשרים שניות) ואת קבועי-הזמן, האופייני לשינוי מסלול הטיל (סדר גודל של שנייה אחת).

מה הקשר למערכות משו"ב?

מערכות משו"ב נועדו לסגור את החוג בין "השולט" ובין "מבצע ההחלטה" תוך התחשבות בדיווח (משוב) מ"המבצע" ומגורמים אחרים על מידת הביצוע.

כאשר מדובר במערכות משו"ב לזמן אמיתי, מדובר, בדרך כלל, בצורך לסגור את החוג במהירות משום ההשתנות הדינמית של שדה הקרב. כך, למשל, הוגדר בעבר צורך במערכות משו"ב בתחנות הבקרה של חיל

חוקי הפיסיקה שולטים, מן הסתם, בכל התהליכים ביקום. צפוי לכן, שתחום שלטונם יכלול גם מערכות משו"ב (מודיעין, שליטה ובקרה C₃I), המיועדות לפעול בזמן אמיתי. לרוע המזל, יש לכותב השורות הללו רושם, שפעמים רבות, אולי בהיסח הדעת, אפיון מערכות משו"ב אינו מעיד על התחשבות של הצרכן המבצעי בחוקי הפיסיקה. להלן אתרכו בהיבט אחד של חוקי הפיסיקה ובמסקנות, הנגזרות ממנו לגבי פיתוח מערכות משו"ב.

* ראש מ"פ.

ועל מערכות משו"ב

תא"ל ד"ר יצחק בן-ישראל*

המשגר) היה ארוך בכמה סדרים גדול מקבועהזמן, האופייני להתנהגות משגרי הטק"ק (דהיינו, משך שהייתם בשטח חשוף).

את האמור לעיל ניתן לנסח במעין "חוק פיסיקה":

העיקרון הראשון של מערכות משו"ב:
קבועהזמן לסגירת החוג במערכת משו"ב צריך להיות קטן מקבועהזמן הדינמי של השתנות המשימה.

מסקנות לגבי פיתוח מערכות משו"ב

כאמור, הפיסיקה אינה נעצרת "בתוך" המערכות הממוכנות, והיא שולטת גם בתחום הרחב יותר של ניהול הפיתוח של מערכות משו"ב. ניתן להסתכל על הפיתוח כולו כעל תהליך ("פיסיקלי") בעל קבועיזמן אופייניים משלו.

"קבועהזמן" לפיתוח מערכת משו"ב כולל את תהליך ההגדרה, את כתיבת המפרטים-הטכניים, את בניית אב-הטיפוס, את היישום בשטח וכי"ל. גם כאן יש צורך בחוג סגור: אחרי יישום ראשוני והפקת לקחים בשטח יש צורך, פעמים רבות, לשנות את אפיון המערכת, ולהתאימה לתנאי השטח. מדובר, בדרך כלל, בתהליך הנמשך כמה שנים.

בדומה ל"עיקרון הראשון" דלעיל, ניתן לנסח מעין "חוק פיסיקה" לגבי מערך הפיתוח:

העיקרון השני של מערכות משו"ב:
קבועהזמן לסגירת חוג הפיתוח של מערכת משו"ב, צריך להיות קטן מקבועהזמן הדינמי של השתנות החוג והתפיסה המבצעיים.

לעיקרון הזה יש השלכות מרחיקות-לכת. הצורך והתפיסה המבצעיים נובעים לא רק ממעשי "האויב", אלא גם מהתפתחות תורת הלחימה ואמצעי הלחימה שלנו. יתירה

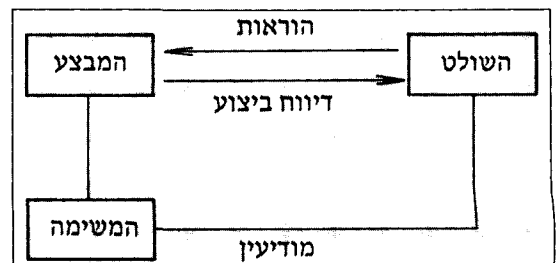
האוויר לצורך ניהול יירוט של מטוסים. קבועהזמן האופייני לקרבות אוויר (כמה דקות) קבע גם את קבועהזמן הנדרש ממערכת משו"ב. סגירת החוג אצל השולט צריכה להתבצע, כמובן, בקבועזמן קטן מקבועהזמן האופייני לקרבות האוויר.

ככל שקרבות האוויר נעשו "זריזים" יותר (כלומר, "קבועהזמן" התקצר), הוטלו דרישות חזקות יותר על מערכות המשו"ב, ונדרשה רמה גבוהה יותר של מיכון ממוחשב. בסופו של דבר, ציודו מטוסי היירוט במל"מים מוטסים, המאפשרים לטייס לסגור את החוג בתוך תא הטייס, ולקצר בכך את "קבועהזמן", המתקבל ממערכת משו"ב ("מקומית").

תופעה זו ("מעגלים קטנים") מוכרת גם במערכות אחרות למשו"ב, הנדרשות להתמודד עם קבועיזמן, שהם לעתים כה קצרים עד שאין באפשרותן, למעשה, לסגור את החוג בזמן הנדרש.

דוגמה מאלפת לעיקרון הזה ניתנה על-ידי אייההצלחה האמריקנית להשמיד את המשגרים של הטילים קרקע-קרקע במלחמת המפרץ: קבועהזמן של מערכת המשו"ב האמריקנית (דהיינו, הזמן שעבר מרגע יציאת משגר טק"ק ממסתורו ועד לסגירת החוג, כלומר עד לרגע גילוי, העברת המידע לכוחות ועד שהגיעו פצצות אל

חוג המשו"ב



סיכום

הניתוח הפשוט, שהוצג לעיל (אשר, למרות פשטותו, הוא מבוסס על ניסיון לא-מועט בפיתוח מערכות משר"ב בעשרים השנים האחרונות), מוביל למסקנה הפוכה, בדרך כלל, לאינטואיציה של העוסקים במשר"ב: מערכת משר"ב אינה צריכה לספק פתרון כולל לבעיית השליטה, אלא להיפך – יש לפרק את בעיית השליטה לתת-רכיבים, ולהתאים מערכות מסוימות לכל תת-רכיב. צריך להגדיר הגדרה כוללת של ממשקים, מעין תקן אחיד של פרוטוקול תקשורת, ותו לא.

הדרישות ממערכות משר"ב צריכות להיות צנועות – הן אינן צריכות להחליף את בני האדם, אלא לסייע להם – מתוך הבנה, שאחרי דור א' יבוא דור ב', וכך הלאה. גם המימוש אינו חייב להיות בבת אחת, בכל העמדות הנחוצות. אפשר "למכך" מוצב פיקוד אחד, ורק אחר כך לחברו למוצב אחר, וכך הלאה.

כל זאת במטרה, כי שכל שלב יסתיים (כולל מימוש!) תוך פחות משנתיים-שלוש. ולא, מימוש המערכת יחרוג, כנראה, מחוקי הפסיקה.

מזאת, "תפיסה מבצעית" הנוגעת למשר"ב קשורה קשר הדוק עם ממלאתי תפקידים מסוימים, ועם "סגנונם" לשלוב בכוח, שהם מפעילים.

מכאן נגזר עיקרון נוסף, הנוגע למערכות משר"ב:

העיקרון השלישי של מערכות משר"ב:

קבוע-הזמן לסגירת חוג הפיתוח של מערכות משר"ב, צריך להיות קטן מקבוע-הזמן הדינמי של סבב ממלאתי התפקידים (אורך כהונה), העוסקים בפיתוח (הן בצד המפתח, ובעיקר בצד הצרכן).

במלים אחרות, פיתוח של מערכת משר"ב, הנמשך זמן רב מדי, נדון כמעט מראש לכישלון ("פסיקה"). "זמן רב מדי", בהקשר שלנו, פירושו יותר משנתיים-שלוש.

מה המסקנות מניתוח כזה?

ראשית, יש לקצר ככל האפשר את זמן ההצבה של מערכות שליטה ראשונות אצל הצרכן. זה ניתן להעשות בשתי דרכים:

א. הצבת מערכות Demo ("להדגמה").

ב. פיתוח "דורות", דהיינו, הגדרה "צנועה" (בכוונה תחילה) של הדרישות המבצעיות, כדי לאפשר פיתוח של מערכת דור א' בסבב קצר; ורק אחרי שהמערכת מדור א' כבר "עובדת" יש לגשת לפיתוח המערכות מדור ב'.

בנוסף, יש לפעול לפירוק בעיית השליטה לגורמים, ולהגדיר בה תת-מערכות. אמנם, התפיסה הכוללת חשובה כבר בתחילת הפיתוח, אולם אין צורך (ולתפיסתנו, אסור) לממש את כל המערכת בבת-אחת. ניסיון כזה יהיה, בדרך כלל, יומרני מדי, יגרום להתארכות משך הפיתוח (והתקציב), להחלפת הצרכן המבצעי, לשינוי הדרישות ולניווט הפיתוח.

עתיד הכוחות המוטסים

(המשך מעמוד 33)

להזכיר שאין שום לידל-הארט, אשר ייזמו, יגבשו ויטלטלו את הקצין הבריטי מתוך הרגלו המסורתי לבחון כל רעיון חדש, או רעיון מהפכני, במטרה להוכיח, כי הוא אינו בר-ביצוע. עלינו לשכוח לרגע את התגים שעל הכובע, את צבע המדים ואת הוויכוחים העקרים מי יפעיל את המטוסים, ולבחון אם ההתפתחויות החדשות הללו יכולות להניב צבאות מתוחכמים וקטנים, בלי עוצמה, הנגזרת מהכפלת מסה במהירות, במונחים צבאיים.

הטכנולוגיים במלחמה יש לשלם, במושגים של עלויות פיננסיות ושל עלויות תחזוקתיות. אולם, השינויים האלה מצדיקים את עצמם משום שהם מביאים לשיפור היעילות הקרבית. זה המקום לצטט ממאמר המערכת של RUSI Journal משנת 1974, שבו נאמר:

מאלף למדי להשקיף לאחור, על התלאות שעברו על נביאי לוחמת השריון לפני חמישים שנה. אז הועלו אותן התנגדויות, והושמו אותם מכשולים, על דרך הקדמה. אולם יש הבדל בולט בין אז לעכשיו. כיום אין שום ברוד, שום מרטל ושום לינדסיי, שלא