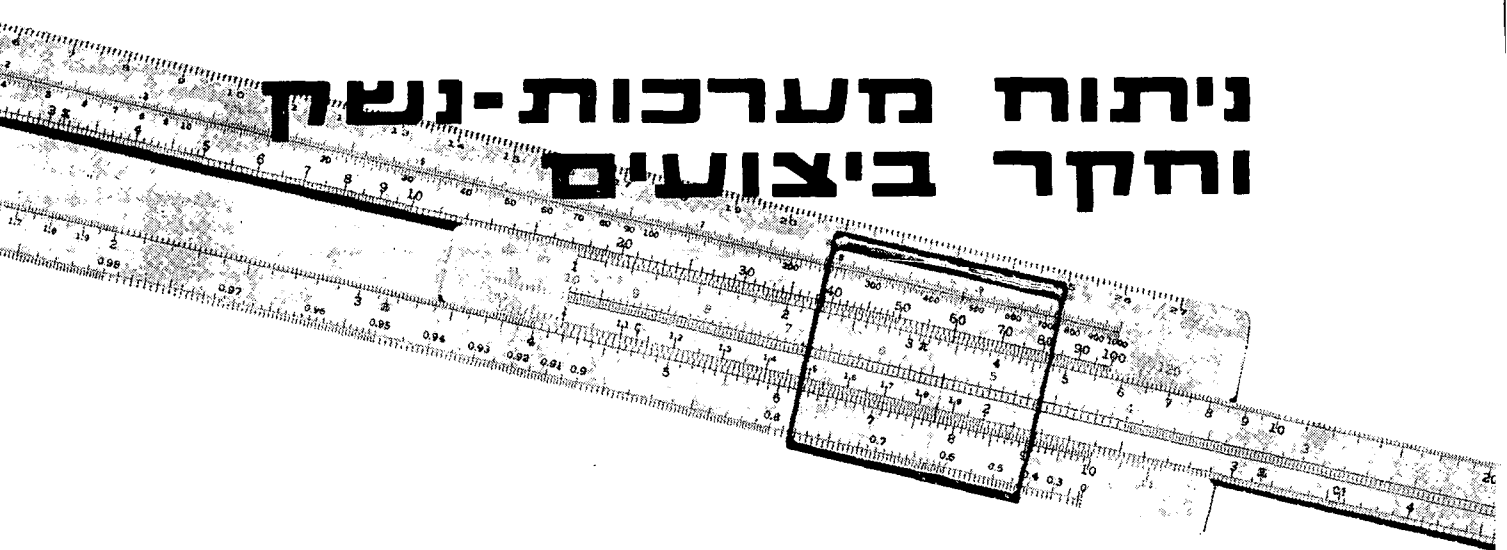


ניתוח מערכות-נשק והקר ביצועים



אל"ם י' יעקובי

- מהו האמצעי הטכני, שיענה על צורך מבצעי מסוים? (למשל, האם להפצצה אסטרטגית ולסיכול מכ"מ-ההגנה בעתיד יש להשתמש בטיל בליסטי, הפולט בהגיעו לקרבת המטרה, נוסף על ראש-נפץ, גם מספר ראשי דמה — או שיש להשתמש בטיל-שיוט מהיר, הטס ברום נמוך?).
- האם ייתכן פיתוח האמצעי המסוים (למשל, האם אפשר יהיה בעשור הקרוב לפתח ביות אינפרא-אדום לטיל נ"ט?).
- כמה יעלה פיתוחו של אמצעי מסוים, וכמה זמן ימשך פיתוח זה?
- גם כאשר פותח כבר אמצעי-הלחימה, עומדת בעינה השאלה: האמנם עונה האמצעי על הדרישות שלצורכן פותח (כפי שנראה בהמשך הדברים — הניסויים מעידים אמנם על כושר מסוים של האמצעי, אך לעולם לא בודאות מוחלטת)? בגלל חשיבות שאלות אלו, נרתמו מדענים וטכנאים לנסיון למצוא להן תשובות, וזאת בדרך המקובלת עליהם: דרך המדעים המדויקים, ששפתה היא שפת מספרים, כשהגישה היא מעבדתית-אוביקטיבית.
- כך נולדו „חקר-ביצועים” — ו„ניתוח-מערכות”¹.

הגדרות. יעוד ושיטות

חקר-ביצועים וניתוח-מערכות מסתפקים ביעוד צנוע: מתן נתונים כמותיים, אשר יעזרו למחליט להחליט על דרכי פעולה, שיתנו תוצאות טובות יותר מקודמותיהן. אך יש לזכור תנאי הכרחי: נתונים כמותיים אלה יש לאסוף בשיטה מדעית. נתונים כמותיים הם כורח העולם החדיש: היום אין די לדעת שירד הרבה גשם — אלא מעונינים לדעת כמה גשם ירד. לא די בכך שנדע, כי תנועת כלי הרכב בכביש שים רבה. אנו מעונינים לדעת, מהי כמות כלי הרכב שבי תנועה. העולם הטכנולוגי בו אנו חיים דורש זאת. על אחת

1. אמנם יש הבדלים בין שני השטחים, אך הבדלים אלה דורשים פירוט רב מכדי שנעסוק בהם כאן.

- קורות פיתוח אמצעי הלחימה, החל במלחמת העולם השנייה ואילך, רצופות דוגמאות של טעויות חמורות בהערכות הנוגעות למערכות-נשק. להלן כמה מטעויות אלו:
- המנעותו של ה„רייך השלישי” ממאמץ להפקת פצצה גרעינית, בשל חוסר אמון שאמנם יתכן נשק כזה.
- מחדלם של האמריקאים בפיתוח טילי קרקע-קרקע, אשר נבע בחלקו מניתוח לא נכון של הקשר שבין דיוקם הצפוי לבין עצמת ראשי-הנפץ שלהם.
- הערכתם המוטעית של האמריקאים באשר ליכולתם של הרוסים לפתח פצצה גרעינית בכלל, ופצצה תרמוגרעינית בפרט.
- טעויות בהערכת הזמן הדרוש לפיתוח מערכות-נשק, טעויות ששיעורן גדול פי 15 מההערכה המקורית (פיתוח טיל-השיוט האמריקאי „סנארק” נסתיים באיחור כה רב, עד שפיתוח הטילים הבליסטיים הדביקו).
- המעטה בהערכת-גודלן של הוצאות הפיתוח. ההוצאות בפועל עלו פי חמש על ההוצאות הממוכנות מקורית [על פיתוחו של טיל קרקע-קרקע בליסטי „בלו-וטר” (Blue Water) הוציאו הבריטים כמעט פי 10 מהמתוכנן].
- לרשימה קצרה זו אפשר להוסיף כהנה וכהנה. דאי שאחרי עוד מלחמה עולמית ניתן יהיה להצביע על טעויות חמורות נוספות.
- טעויות אלה — מקורן בסיבות אוביקטיביות: מצד אחד קיים הנושא הטכני-מדעי, הנוטה להתפתח לכיוונים בלתי צפויים והמורכב מאות ואלפי גורמים, אשר להבנתם נדרש ידע מקצועי, והשפעתם ההדדית לא תמיד אחידה וגלויה לעין. לעומתו קיים „המחליט” (Decision Maker) — אשר בהיותו אדם לא העניק לו הטבע את כושר ראית הגולד, וישנם סייגים ליכולתו להקיף את כל הפרטים ולצפות מראש התפתחויות עתידות.
- מכאן — מכלול של קשיים, אשר לא ניתן אפילו לסווגם. פתרון קשיים אלה ייתכן רק עם פתרון שאלות כמו:

בשעתו, התנהל ויכוח בארה"ב בין סנאטור גולדווסר הידוע לבין שר-ההגנה מק-נמארה על אמינותם (Dependability) של טילים. האמינות, לפי הגדרתו של גולדווסר, היא נמוכה. ודאי שאין זו הגדרה מדעית. לדברי מק-נמארה, האמינות הינה בין 60% ל-80%. גם הגדרה זו איננה מדעית. ההגדרה הנכונה מנקודת-ראות סטטיסטית תהיה, למשל: 90% מהטילים הינם בעלי אמינות של 60% עד 80%; או, 95% מהטילים הינם בעלי אמינות הגדולה מ-60% (הצגה של מומחה בעל גישה אופטימית); או, 95% מהטילים הינם בעלי אמינות הנמוכה מ-80% (וזו תהיה הצגה של מומחה בעל גישה פסימית...).

תכליות החקר והניתוח - מהן?

התחומים בהם אפשר להיעזר בניתוח מערכות-נשק ובחקר ביצועיהן:

- ◆ תחזיות
- ◆ הגדרת הדרישות
- ◆ השואת מערכות
- ◆ הערכת ביצועיהן של מערכות.

תחזיות

מושג זה — במונחי הרחב — כולל הערכות-זמן, הערכות-מחיר, ביצוע והתקנות (Feasibility) של מערכות-נשק. בתחום זה מרובים הכשלונות וגדולות הטעויות (ראה דוגמאות שב-תחילת המאמר). הטעויות השכיחות הן:

- 1) המעטה במשכי-הזמן הדרושים לפיתוח.
- 2) המעטה במחיר הפיתוח.
- 3) אמונה באפשרות פיתוח מערכות-נשק דמיוניות מחד גיסא, וחוסר אמונה בעקרונות מדעיים חדישים לצורך פיתוח מערכות-נשק מאידך גיסא.

אחרי שטופל בסוגיות אלו בשיטות המקובלות בחקר-ביצועים, פותחו שיטות להגדרה כמותית של הנתונים מהם מורכבות התחזיות. למשל:

- להערכות זמן ומחיר משתמשים ב"PERT"², או בשיטות דומות, המבוססות אף הן על "שיטת השביל-הקריטי" (Critical-Path Method). הצלחת שיטות אלה הקטינה במידה ניכרת את "שגיאת הזמן" הממוצעת (שהיתה עד פי-4 מה-ערכה מקורית) ו"שגיאת המחיר" הממוצעת (שעלתה עד פי-3 מהערכה מקורית).

ברוב המקרים תהינה כיום הערכות זמן ומחיר בתחום הפיתוח גדולות יותר מהערכות שנעשו בשנות החמישים.

- להערכה-מראש של ביצועי מערכת משתמשים בדימוי (סימולציה). בעזרת הדימוי ניתן לחזות מראש התנהגות של טיל קרקע-קרקע, לכל אורך מסלולו, לפני שנבנה אפילו הדגם הראשון שלו. ניתן לחזות בכושרו של טנק בעל תכונות חדשות לקרב "שריון בשריון" עוד בטרם פותח האב-טיפוס הראשון שלו.

2. ראשי-תבות ל"שיטות הערכת פרויקטים וביחיתם-מחדש" — שיטה שבשנים האחרונות קנתה לה מהלכים נרחבים בצבא ארה"ב.

כמה וכמה כך בצבא: לא די לנו לדעת שתותח זה או אחר מדויק, אלא חשוב לדעת עד כמה מדויק הינו. מה צריכה להיות מידת דיוקו של תותח נ"מ, כדי שבמשך-הזמן הקצר בו הוא יורה יהיה לו סיכוי לפגוע במטוס אויב; ואותו סיכוי — מהו? מה חייב להיות משקלה של פצצה כדי שתיתן אפקט טוב — אך זול — בהפצצת מתקן מסוג מסוים, זה או אחר? האם אפשר, למשל, לפגוע בפצצה כזו בגשר? איזו שיטת הנחיה לטיל תואמת את דרישות הדיוק — ואיזה הוא הדיוק הנדרש מטיל זה?

"כמה", "איזה", משקל, דיוק — כל אלה מחייבים תשובות במספרים, כדי שאפשר יהיה לנתח, להשוות — ולבחור.

הנתונים הכמותיים משמשים עזרה למחליט — ולא מתן פתרון. ברוב המקרים הבעיה העומדת לפתרון מורכבת מגורמים שניתנים להגדרה כמותית; אך גורמים אחרים, וביחוד אלה הנוגעים לגורם האנושי, אינם ניתנים להגדרה כמותית: מוראל, פחד, העזה, יזמה וכו'. כל זמן שהאדם ישמש גורם עיקרי במלחמה, לא תיתכן הגדרה כמותית מושלמת (דגם מושלם), והחלטות לא תוכלנה להתבסס עליה בלבד.

תוצאות טובות יותר תתקבלנה, כאשר התשובה לבעיה מסוימת תתבסס על נתונים מדויקים. אך התשובות מבוססות על ידע של פרטים רבים, על ראייה נכונה של התפתחויות (שלא תמיד הוגדרו מראש), על הבנה הדדית בין המפתח, הצרכן, היצרן והמדינאי (אנשים שלא תמיד מדברים באותה שפה) — ועל קביעת מדים (שלפעמים אינם אובייקטיביים).

בדרך כלל יש יותר מתשובה נכונה אחת, ואין תשובה שהיא הטובה ביותר. על-ידי צבירת נסיון נוסף, לימוד נוסף, חיזוי פרטים נוספים וניתוח מושכל יותר — ניתן ברוב המקרים למצוא תשובה שתהינה נכונה יותר.

משום כך, הבעיות הקשורות בפיתוח מערכות נשק יש בהן מספר תכונות נוחות בשביל המחליט (בין אם הוא מצביא או מדינאי):

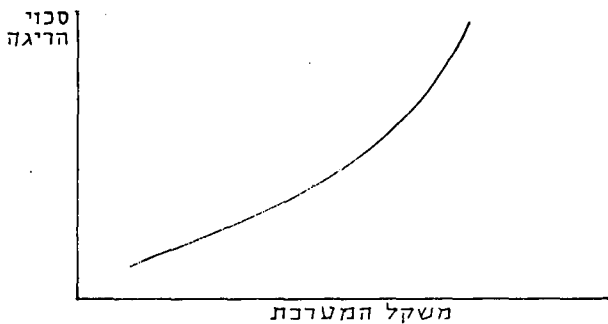
- המומחים יציגו בפני "המחליטים" מספר אפשרויות, כל מומחה בהתאם לאינטרסים שהוא מייצג. הסיכוי הוא, שכל האפשרויות תהינה נכונות כשלעצמן, וההחלטה, תהיה אשר תהיה, לא תוליך לכשלון חרוץ.

- מאחר שבדרך כלל בוחרים באפשרות אחת בלבד — ורק לעתים רחוקות מאוד בוחרים בשתי אפשרויות, ומשקיעים בהן את המאמצים והזמן הדרושים ואז משוים אחת לרעור תה — אין דרך נסיונית לבדוק האם האפשרות שנבחרה היא אָמנם זו שהיתה הטובה ביותר.

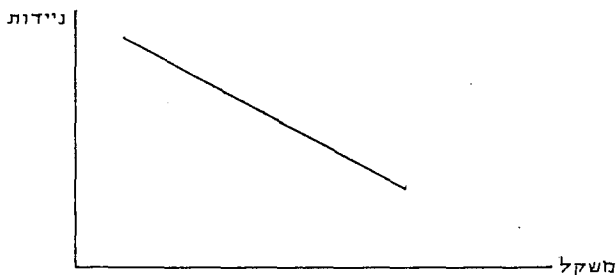
מכאן — שחקר-ביצועים וניתוח-מערכות אינם בגדר מדע. אולם זוהי עבודה הנעשית תוך שמוש במדעים מדויקים (בעיקר — מתמטיקה ופיסיקה) ותוך קיום עקרונות הגישה המדעית לניתוח ולחקר.

הגישה המדעית מחייבת נתונים כמותיים שיינתנו בדרך מד-עית, או לפחות שתצוין מה מידת המהימנות של התוצאה שהושגה, וכאן טמון ההבדל שבין ניתוח מערכות וחקר ביצועים לבין עבודת ייעוץ. המתבססת בעיקרה על נסיון ועל אינטואיציה.

סיכויי-ההריגה שלה. קשר זה ניתן בקווי הכלליים, לביטוי בצורת עקומה מעין זו:



פירוש העקומה: כדי שהמערכת תהיה מדויקת יותר, או כדי שכושר-ההשמדה שלה יהיה גדול יותר, הכרח להגדיל את משקלה. למשל: על מנת להשיג דיוק רב יותר, או פגז כבד יותר, לתותח-טנק, הכרח להגדיל את משקל הטנק; וכן גם בתוח באניה ובמטוס. לעומת זאת, ברור שיש קשר בין משקלה של המערכת ובין ניינותה, ובעקומה יחבטא הדבר כך:



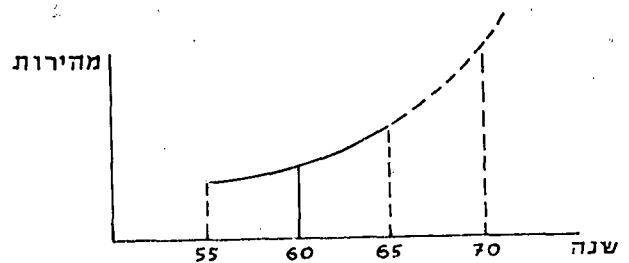
מכאן — ניגוד בין הניידות לסיכויי-ההריגה. והשאלה עליה מתקשה הצרכן לתת תשובה הינה עד היום — האם לנתר על ניידות לטובת סיכויי-ההריגה או להיפך? אף אם אפשר להגדיר את הדרישות בצורה ברורה, עדיין נשאר הצורך לגשר בין הדרישה המלולית לבין התכונות הטכניות של המערכת. הוה אומר: תרגום הדרישה לשפת מספרים — אותם ניתן להפוך לנתוני תכנון — אשר עליהם יתבסס הפיתוח.

נשתמש בדוגמאות שהובאו לעיל, וננסה להסביר בעזרתן את הקשיים המתעוררים בנקודה זו:

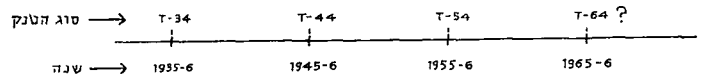
● אם מסתפקים ברובה „מרתק“ בלבד, הרי השאלה היא — מה פירוש המלה „ריתוק“ במספרים? האם כדי לרתק מטרה דרוש ש-50% מהכדורים יפגעו בה ו-50% סביבה, או שמא די אם, נניח, אחד מכל מאה כדורים יסכן אותה ממש, ואילו השאר יפלו סביבה? במקרה הראשון — יותר מאשר במקרה השני — נדרוש רובה יציב (כלומר — כבד), קנה מעובד בדיוק וקליעים זהים בצורתם ובאנרגיה שלהם.

בדוגמה השניה, שהיא כללית יותר, היתה להלכה, הגדרה כמותית של תכונה אחת מספיקה כדי להגדיר את כל תכונות המערכת. ימצא תמיד מי שיגדיר את משקלו הרצוי ביותר של הטנק, את מידת-הניידות האופטימלית, את יכולת-ההריגה

● קיימות תחזיות המנסות להתבסס על חוקיות המצויה בתופעות מסוימות.



לדוגמה — תחזית המתארת את התפתחות מהירותו של מטוס-קרב במשך הזמן או זו המנסה לחזות את תדירות החלפת דגמי השריון הסוביטי במהלך הזמן.



תחזיות אלה אינן מדויקות, ועם הצגתן חשוב, כי המציג יציין מהי מידת המימנותן. למשל, הסיכוי שהתחזית האומרת כי ב-1965 יופיע טנק רוסי חדש „T-64“ תתאמת — נמוך מ-30%. עם זאת, יכולות תחזיות כאלה לשמש את התפתחות בעתיד.

הגדרת דרישות

מערכת-נשק נועדה לענות לדרישה מסוימת. על-כן היא מאופינת מראש באופן כזה, שתענה על הצורך המבצעי. האיפיון קובע את פרטי המערכת, כדי להתאימה לדרישותיו של המפעיל.

הגדרת הדרישה לכלי-נשק או ציוד מסוים ההגדרת תנאי התפעול מחייבות חקר ומצריכות ניתוח האפשרויות הטכניות הקיימות והתאמתן לדרישה (במלים אחרות — חקר ביצועים, או ניתוח מערכות). זהו תהליך של פשרות בין דרישות אופי-טימליות מחד-גיסא ואפשרויות מוגבלות מאידך גיסא — פשרות בין הרצוי למצוי.

העוסקים בחקר-ביצועים סבורים שאין להסתפק בהגדרה הני-תנת על-ידי הצרכן לגבי דרישותיו. שתי סיבות עיקריות לכך: לעיתים קרובות אין הצרכן יודע להגדיר את בעיתו בשפה המובנת לטכנאי. למשל: יש הבדל רב בין רובה המיועד בפירוש להרוג את האויב לבין רובה שעיקר תפקידו יהיה לרתקו אל הקרקע. הראשון צריך להיות מדויק מאוד, בכדי שיוכל לפגוע במטרה אף בטנחים גדולים, ואילו השני יכול להיות פחות מדויק, ולגביו נסתפק בכך, שיפזר את פגיעותיו סביב המטרה באופן שזו תרותק מחשש שמא תיפגע. במקרים רבים אין דרישת הצרכן מבחינה בהבדלים כגון אלה.

דוגמה נוספת: יש קשר בין משקלה של מערכת-נשק לבין

3. הגיל אינו תופס לגבי נשק „בלתי-מקובל“ לסוגיו השונים.

הרצויה — או אפילו את היחס הרצוי שבין גורמים אלה. אך מי יגדיר זאת בצורה שתתקבל על דעת המומחים כולם? עלינו להניח מראש, כי שאיפה כה אידיאלית לא תושג לעולם.

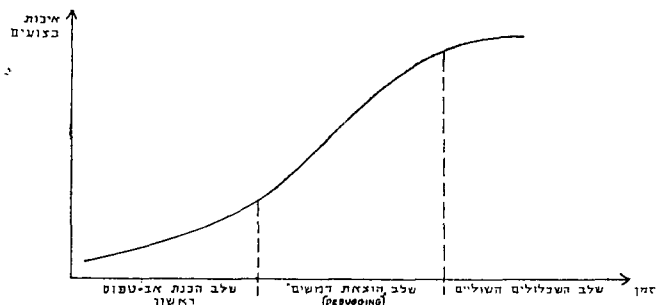
השוואת מערכות

המדע והטכניקה מאפשרים היום פיתוח מערכות־נשק, שיענו לדרישות מבצעיות מורכבות ביותר. אכן, דמיונם המרקייע שחקים של סופרי ה"מדע הדמיוני" בספרות בת־זמננו עונה אף על דרישות שאינן קיימות עדיין...

בדרך כלל, הבעיה כבר איננה כיצד לממש תפיסה של מערכת מסוימת. השאלה העומדת בפני "המחליט" היא באיזו מערכת לבחור כמענה לצורך מסוים, מתוך מכלול מגוון של אפשרויות הפתוחות בפניו. מוצגים בפניו פתרונות טכניים שונים, ועליו לערוך השנאה ביניהם — ולבחור בטוב ביותר. מאז הפך פיתוח מערכות־נשק לענין נכבד בכל מדינה חדישה, נותחו תכופות הטעויות ש"המחליט" עלול להיתפס להן. ואלו מסקנות הניתוח:

1) כמעט ואין סכנה שתיעשה שגיאה, שתגרום לבחירתה של מערכת, אשר איננה יכולה בכלל לענות על הדרישה. תנאי למסקנה זו הוא, כמובן, שיערך בירור "אינטליגנטי" לגבי האפשרויות השונות. יש להניח, שאחרי בירור כזה יימצאו לכל אחת מהאפשרויות הנדרונות מומחה או מומחים שיצדדו בה; ובדרך כלל מורה הנסיון, שמומחים אלה, על דעותיהם השונות, אינם טועים. כלומר — כל אחת מהאפשרויות ניתנת להגשמה באופן שתענה על הדרישה אשר הוצגה.

2) קיימת סכנה רבה, שתיעשה טעות גדולה בהערכת משך הפיתוח; ברוב המקרים גדל משך הפיתוח ככל שהמערכת מורכבת יותר. הקשר בין משך־הפיתוח לבין איכות המערכת. משך תקף בדרך כלל מתוך העקומה הבאה:

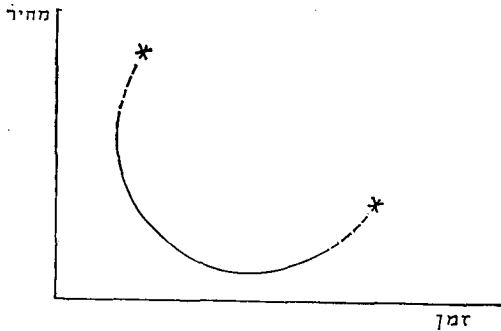


אפשר ללמוד מעקומה זו מספר דברים:

א) העובדה, שמצדדיה של אפשרות מסוימת מציגים כבר אב־טיפוס של דגם ראשון, איננה מוכיחה עדיין שהפיתוח קרוב לסיומו. בתהליך ניסויי הדגם וניסויי סדרות־היצור התגלגלה תקלות רבות, לרוב קטנות, אך בלתי צפויות מראש, וסילוקן ידרוש זמן נוסף — ופעמים ממושך פייכמה מאשר הזמן שהצריכה בניית אב־טיפוס ראשון.

ב) קיימת סכנה, שמאמץ גדול־מדי יושקע בשכלולים בעלי ערך שולי; וחשוב ש"המחליט" ידע להתגבר על הנטייה למשוך את הפיתוח מעל לזמן ההכרחי.

ג) כאשר מתגלה שפיתוח יימשך זמן רב יותר מהדרוש, אפשר לזרז את התהליך על־ידי הגברת המאמץ — אלא שדבר זה ידרוש לרוב השקעה כספית נוספת. הקשר בין מחיר־פיתוח לזמן־פיתוח — ניתן לביטוי על־ידי העקומה הבאה:



הקו המרוסק מציין השקעת זמן או מחיר מעבר לתחום התכליתי.

העקומה מראה, שככל שיידרש זמן־פיתוח קצר יותר, תידרש השקעה כספית גדולה יותר — ולהיפך. הנסיון מראה, שטעויות בהערכת מחירי פיתוח גדולות יותר מאשר טעויות בהערכת זמני פיתוח.

ננסה עתה לסכם. השנאת מערכות־נשק צריכה להיעשות על סמך שלשה נתונים: איכות ביצועיהן, מועד הכנסתן לשמוש, ומחיר ההשקעות — תחילה בפיתוחן ואחר־כך בהצטיידות בהן⁴. כדי שיוכל "המחליט" לבחור במערכת הטובה ביותר, עליו לדעת הרבה ככל־האפשר על שלשה גורמים אלה; רצוי שידע גם את היחס שבין שלשה גורמים אלה, כלומר — היחס בין מחיר לביצועים⁵ (או כמה עולה שיפור הביצוע) והיחס בין מחיר לזמן (כמה תעלה השגתה של מערכת הנשק מוקדם יותר). הדבר ניתן לביצוע רק במקרים פשוטים יחסית, וגם זאת רק לאחר בניית דגמים מסובכים למדי, המדגימים את תכונות מערכת הנשק המשופרת בתנאים מסוימים.

הערכת ביצועים של מערכות נשק

מעריכים ביצועים של מערכות נשק על־ידי ניסויי סדרות־היצור הראשונות שלהן. בודקים בניסויים האם תכונות המערכת מתאימות לדרישות הצרכן, ובאיזו מידה קיימות סטיות, לחיוב או לשלילה. דברים אלה ברורים וידועים לכל, אך פחות ידועה העובדה, שלעולם אין אנו יודעים אחרי סדרת ניסויים את תכונות מערכת־הנשק בבטחון מלא, ותהיה סדרת ניסויים זו יסודית ומורכבת ככל שתהיה. כי ה"מול", או הטבע, משחקים בנו משחק שאיננו יודעים את חוקיו, ומשום כך קיים תמיד סיכוי, שמערכת טובה תיתן תוצאות גרועות — ולהיפך. במשחק זה של הטבע ידעים אנו חוק אחד: ככל שנרבה

4. משנכנסו לכללגים להתעסקות בסוגיה זו, קיבל החלק הקשור בשיעור ההשקעות את השם "Cost Effectiveness".
5. היחס בין מחיר לביצועים הינו "השורה התחתונה" שבכל ניתוח ממשפחת ניתוחי ה"Cost Effectiveness" ובו כרוך גם הקושי הגדול ביותר, עד כדי החלשת תוקפה, מי חכם ויגיד במה כדאי להשקיע \$1000 נוספים במחירו של טנק: האם בהגדלת סיכויי ההריגה של הטנק, הנאמד ב־10% (ולאיוזה מטרות?) — או בהגדלת הניידות הטקטית ב־20% (ואזי תשאל השאלה גיירות טקטית מה: מעבר מכשולים — או מהירות ממוצעת בשדה?).

די ניסויים בטיל „מיניטמן“, כדי שיוכלו לדעת בבטחון את מידת מהימנותו; זה היה הגורם לאותו ויכוח (ראה לעיל), אשר ניטש בשעתו בין מק-נמארה לגולדווטר.

בעיה קשה נוספת בעריכת ניסויים, הגורמת לייקורם, היא כיצד לבדוד מן הניסוי, או ל„הוציא מן המשחק“, גורמים סוביקטיביים, שאינן תלויים במערכת עצמה. הכננה היא לגורר מים כמו מזג-אוויר, קרקע, תנאי סביבה וכו'. אך מורכבים מכל הם הגורמים הנוגעים לאדם עצמו; ומאחר שאף במערכת הנשק המשוכללת ביותר מהוה האדם גורם מכריע, קשה לפעמים להבחין בין התופעות הנובעות מתכונות מערכת-הנשק כשלעצמה לבין אלו הנובעות מתכונותיו הסוביקטיביות של האדם: כושר-הבחנה, מהירות תגובה, סבילות פיסית ונפשית וכדומה.

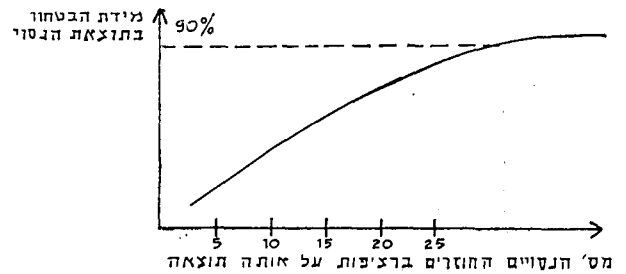
סיכום

חקר-ביצועים וניתוח של מערכות-נשק עוזרים בהכנת תחזיות, בהגדרת דרישות, בהשגת ביצועים והערכתם. ניתוח מערכות-נשק איננו מדע בפני עצמו. אולם השיטות הנהוגות עתה בתחום זה נשענות על המדעים המדויקים. הגישה היא מדעית, והשפה היא שפה כמותית — שפת מספרים.

בגלל הפרובלמטיקה המאפיינת את התחומים בהם עוסק הניתוח, אין הניתוח מסתכם בתשובה אופטימלית ואף לא בתשרי בה חד-משמעית.

הניתוח והחקר אינם מסכמים. הם משמשים להצגת נתונים ויחסים בצורה חד-משמעית, ועל-ידי כך הם משמשים עזר לקבלת החלטה.

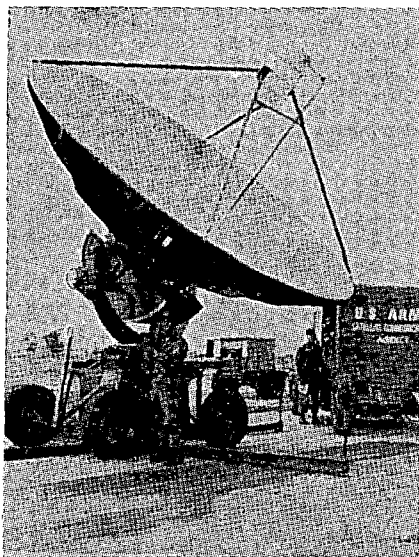
בניסויים כן גדלים סיכויינו לדעת את תכונות המערכת לאשורן, וכן גדל הסיכוי שתכונות אלה תמומשנה. משפט אחרון זה — ניתן להציגו על-ידי העקומה הבאה:



מעקומה זו נראה, שדרוש מספר רב של ניסויים מוצלחים (בניה — 30), כדי שיושג בתוצאה לפחות בטחון של 90%. אולם, אם בשלב כלשהו של אותם 30 הניסויים נתקבלה תוצאה גרועה מזה — יהיה צורך להכפיל את מספר הניסויים או אף לשלש (תלוי אחרי כמה ניסויים נתגלתה התקלה), אם רצוננו להגיע שוב לבטחון של 90%.

בהערכת מהימנותו של רובה, או אפילו של תותח, ניתן להגיע לבטחון של 90% אך כל ביצוע, אפילו בסיוני, של מערכת-נשק, יקר מאוד — ובשל כך יורדת מידת הבטחון שניתן להשיגה כתוצאה מהניסויים, שהרי אין יכולים להגיע למספר ניסויים מספיק. האמריקאים, למשל, לא ביצעו עדיין

6. סיכוי של 90% מוגדר כבטחון, ובדרך כלל נחשב למספק.



הדיון

תקשורת „לוינית“

בתמונה — אחת מתחנות-המסר ללוין „סינקום-ו“ בבסיס-האוויר בסייגון. בניגוד לתחנות-התקשורת הקבועות — הפזורות במקומות שונים בעולם — זוהי תחנה ניידת, יבילת-אוויר. באמצעות „סינקום-ו“ היא מקבלת תשדורות מארה״ב ומעבירה אל „סינקום-ו“, „סינקום-ו“ מעביר את התשדורות למתקני התקשורת הקבועים באסמרה (אתיופיה). התחנות הניידות הללו מאוישות על-ידי יחידת קשר מיוחדת, המוכנה לנוע בכל עת לכל מקום בעולם.