

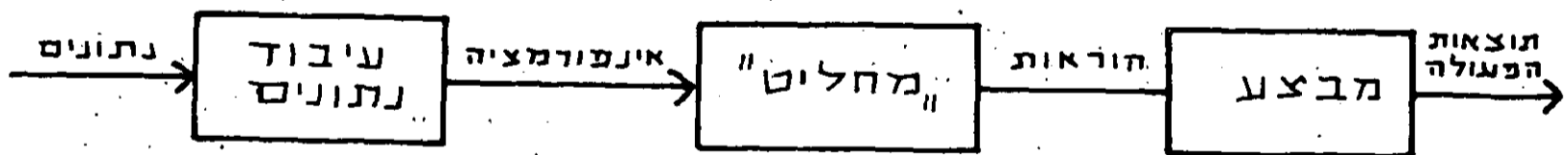
# תהליך ההחלטה במערכת

אל"ם א. נחשון

הקריטריונים, השולטים אותו זמן במערכת. כיסוד להחלטה משמשים, אם כן, הנתונים המעובדים — „האינפורמציה“; ועל יסוד האינפורמציה מבסס „המחליט“ את החלטותיו. מכאן, שטיב ההחלטה תלוי במידה רבה במהימנות האינפורמציה. ההחלטה באה לידי ביטוי בהוראה לבצע פעולה מסוימת. מן האמור ניתן לראות, שכדי להשיג מטרה מסוימת, מופעלת מערכת. המורכבת מהרכיבים הבאים:

- רכיב לאיסוף נתונים ועיבודם;
- רכיב „מחליט“;
- רכיב מבצע.

רכיבים אלה קשורים ביניהם ברשת של קשר, בה מועברת האינפורמציה ומשוגרות ההוראות. ניתן לתאר את המערכת בצורה סכמטית, בתרשים (ראה ציור 1).



ציור 1

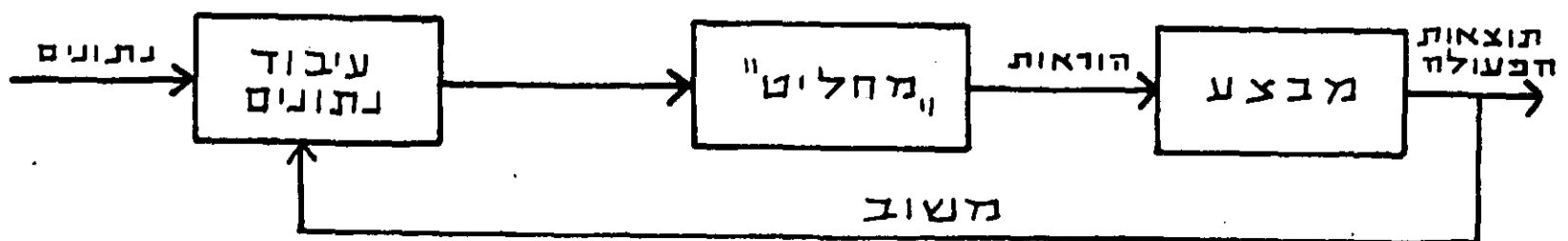
כדי שהוראות „המחליט“ יותאמו למידת ההתקרבות למטרה, יש להזין את המערכת ברציפות באינפורמציה שוטפת על תוצאות הפעולה. אינפורמציה זו מועברת בקו מיוחד, הנקרא קו „משוב“ (ראה ציור 2). מערכת הנוזנה במשוב נקראת „מערכת חוג-סגור“.

מערכות המשתמשות במשוב של אינפורמציה קיימות בכל שטחי-הפעולה של האדם, ממערכות ביולוגיות ועד למערכות

תהליך ההחלטה הוא תהליך שקלא וטריא, בו נתון מקבל ההחלטה, שעה שעליו להחליט כיצד להשיג מטרה מסוימת. כדי להגיע להחלטה, בודקת המערכת את כל הגורמים המשפיעים על יכולתה להשיג את המטרה ואת יחסי-הגומלין שבין גורמים אלו. בצורה זו היא עומדת על דרכי-הפעולה האפשריות. על-ידי ניתוח היתרונות והחסרונות של כל דרך, ודרך, לאור אבני-בוחן שנקבעו מראש, בוררת המערכת את דרך הפעולה הרצויה. אם הפעולה מתמשכת והגורמים משתנים עם הזמן (כאשר משתנים גם הקריטריונים) — הרי בהתאם להשתנות הנסיבות ישתנה גם משקלם היחסי של הגורמים; וכתוצאה, ישתנו גם דרכי-הפעולה האפשריות — וממילא גם דרך הפעולה הנבחרת. מכאן, שתהליך ההחלטה הוא תהליך דינמי.

תפקידו של „המחליט“ במערכת לתת מזמן לזמן את ההחלטה הנכונה, כדי שהמערכת תבצע את הפעולה התכליתית ביותר ותשיג את המטרה הרצויה במספר מינימלי של זעזועים.

כדי שהמערכת תוכל לקבוע את הגורמים המשפיעים על השגת המטרה, עליה להבהיר לעצמה תחילה מהי המטרה. על-ידי לימוד יסודי של המטרה, כלומר, על-ידי לימוד הבעיה במלואה, אפשר ללמוד מהם הגורמים המשפיעים על השגתה. משקלו של כל גורם בהערכה זו של „המחליט“ נקבע על פי נתונים, אותם משיגים באמצעות תצפיות רצופות על גורמים אלה; ומשקלו היחסי של הגורם נקבע לאור הקריטריון, או



ציור 2

כך, על "המחליט" לשקול ולקבוע את המטרות שבכל תחום ותחום — ולחלק את משאבי המערכת בין התחומים באופן כזה, שהמערכת בשלמותה, בפעולתה לאורך-זמן, תשיג הישגים אופטימליים. ברור, שהמערכת צריכה לשאוף בכל תחום להצלחה מכסימלית אפשרית — בלי לפגוע בתחומים אחרים ("תנאי האופטימליות" של פרטו)\*.

מערכת צבאית החייבת להשיג מטרות מוצגת בציור 4. לנוכח ההישגים והשינויים שחלו בינתיים בסביבה, בכוחות האויב ובכוחותינו שלנו, יכול המפקד להעתיק כוחות ואמצעי-עים מתחום לתחום, כדי לודא, שאמנם תשיג המערכת הישגים אופטימליים לאורך זמן.

\*

עד כאן הנחנו, שהמפקד מקבל החלטות על יסוד אינפורמציה מספקת; למעשה אין הדבר כך. מסיבות מעשיות, לעולם לא תימצא בידי המפקדה כל האינפורמציה הדרושה; ותכופות מצויה בידה אינפורמציה המוטלת בספק. המפקד יקבל לכן את האינפורמציה הטובה ביותר שיש ביכולת מפקדתו לספק לו — והחלטתו תיקבע בהתאם לאינפורמציה זו. לעתים האינפורמציה ודאית כשלעצמה, אך בכל זאת אינה מספקת. ולכן צריך ש"המחליט" — כדבריו של פילדמרשל ויול — "תהיה בו שמינית שבשמינית של קוביוסטוס"; עליו להסתכן סיכון מחושב (ויול, 1952).

\*

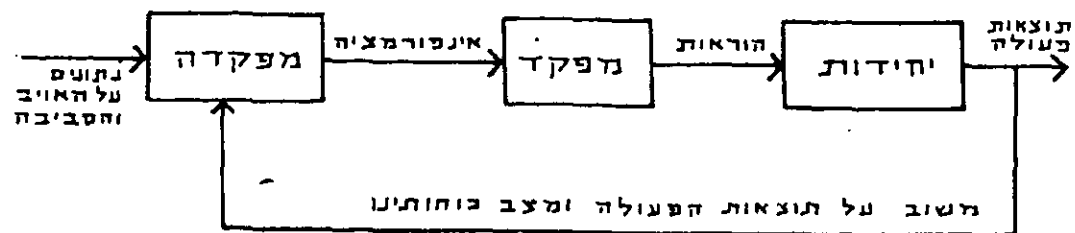
כבר אמרנו, שתהליך ההחלטה הוא דינמי, דבר הנובע מהדינמיקה של המערכת עצמה. התנהגותה של המערכת תלויה בשלושה גורמים אופייניים:

● מבנה; ● השהיות בזמן הפעולה; ● הגברה. המבנה מתאר, כיצד קשורים חלקי המערכת זה בזה. למערכת שלנו תכונת-אינרציה, אשר עומדת ביחס ישר לגודלה. עקב תכונת-האינרציה, שואפת המערכת להתמיד בפעולתה. בשעת

\* פרטו התעניין לדעת, מהו העיקרון אשר צריך להנחות את פעולת החברה האנושית, בשים לב לכך, שכל פרט בחברה מחשיב באופן שונה מחברו דברים כגון חפצים, שירותים וערכים. כל עוד חסר מכנה משותף בין הדברים האלה, שיאפשר לקבוע את ערכם היחסי, אין החברה יכולה לערוך את עצמה בתכליתיות שלמה להפקת התועלת המכסימלית. פרטו מציע לכן, שהחברה תנסה לפחות להשיג תועלת אופטימלית-מותנית; דהיינו — תשאף למצב, שבו כל פרט שואף להשיג את התועלת המכסימלית שלו, תוך השתדלות שלא לגרוע מהתועלת, בה רוצה לזכות חברו.

מכניות. את המערכת הצבאית ניתן לתאר כמערכת בעלת משווא פשוט (ראה ציור 3).

תיאור פשוטני זה מקל על ההבנה של פעולת המערכת. מנקודת-הראות של רכיביה העיקריים והכוללים. אך הסתכלות מפורטת יותר תגלה מערכת מורכבת, הבנויה ממערכות-משנה אחדות (אף הן מערכות "תוג'סגור"), כשבכל אחת מהן רכיב האוסף נתונים ומעבדם, רכיב "מחליט" ורכיב מבצע. הרכיב ה"מחליט" הוא המנסה את פעולת המערכות. את הויסות מנסה ה"מחליט" להשיג על-ידי ההוראות שהוא מעביר לרכיב



ציור 3

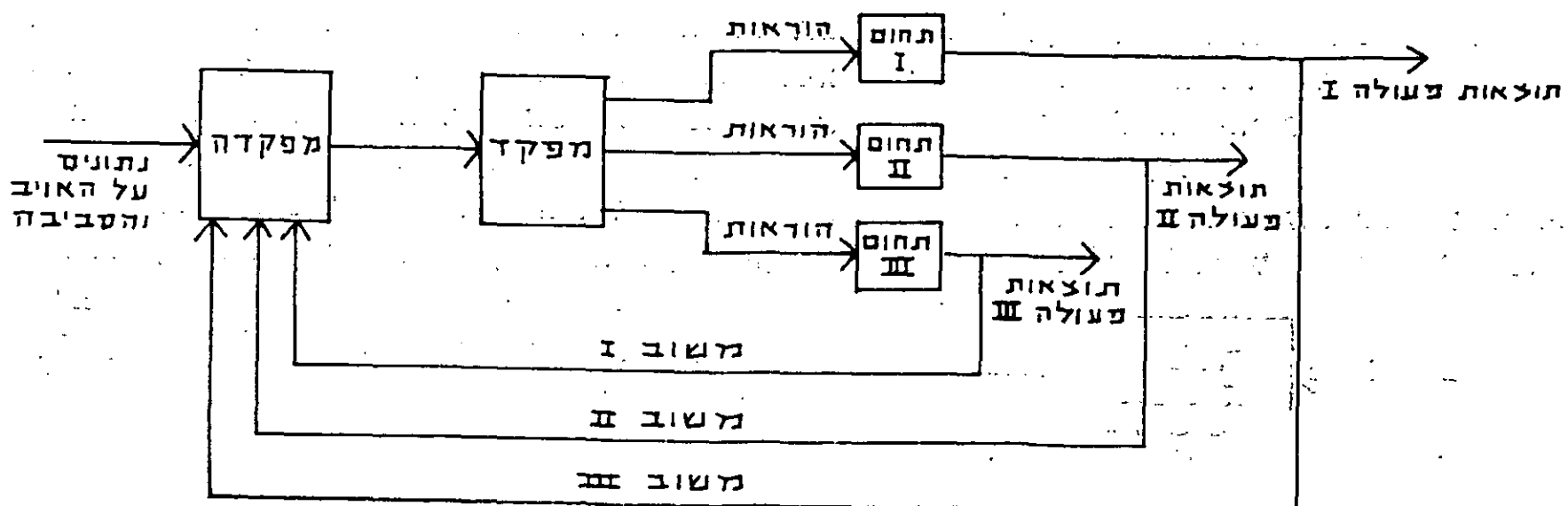
המבצע, כלומר — לאלה מן הגורמים המשפיעים על השגת המטרה, אשר עליהם יש לו שליטה (כמו למשל: הכוחות והאמצעים שלרשותו). ומה בדבר אותם גורמים-משפיעים, אשר עליהם אין ל"מחליט" שליטה; כלומר — גורמי הסביבה (קרע, מזג-אוויר) וכוחות האויב?

מהעובדה, שמספר רב של נתונים משתנים אינם נמצאים בשליטתו של "המחליט" הצבאי, אין להסיק כלל וכלל, שה"מחליט" יכול להתעלם מהם בעת קבלת החלטותיו. במקרים רבים ניתן לחזות את דרך הפעולה של היריב בנדאות רבה למדי מתוך לימוד יסודי של השיטות בהן הוא פועל. לשם השגת הצלחה ניתן גם לנצל את גורמי-הסביבה.

הוראות המחליט מנסות את פעולת המערכת — הן הקובעות את חלוקת הכוחות ואת המקום בו יופעל כל אחד מהם.

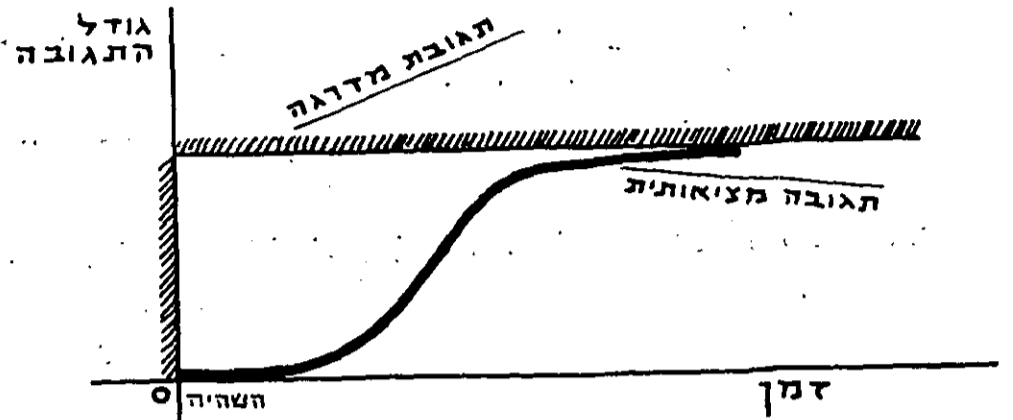
\*

בדרך כלל תצטרך מערכת מורכבת להשיג מטרות אחדות בעת-זו בעונה-אחת, כשכל אחת ממטרות אלו נמצאת בתחום שונה. התעלמות מאחד מתחומים אלה תסכן בהכרח את ההישגים האפשריים באותו תחום, אם מתעלם ה"מחליט" מתוך קוצר-ראיה, מאותו תחום, בו יקבעו ההישגים העתידיים את הצלחת המערכת. עלולה להתעלמות להביא לכשלון המערכת כולה. מכאן, שאת פעולת המערכת יש לבחון לאור המטרות שנקבעו בתחומים שונים. קרוב לודאי שבחינה זו תלמדנו, כי אי-אפשר להשיג את כל המטרות במידה הרצויה. משום



ציור 4

הפעולה מתעוררים במערכת כוחות נגדיים לאלה המפעילים אותה; כוחות אלה מרסנים את פעולתה. כשניתנת פקודה פתאומית — פקודת "מדרגה", למשל — לא תתקבל תגובה "מדרגה"; גם במצב כזה תלויה תגובת המערכת, ככל שאר תגובותיה, במבנה ובכושר הפעולה שלה. אלא שבמצב זה, של פקודה פתאומית לאחר השהיה מסוימת, תתחיל המערכת להתקרב, בהדרגה, למצב הפעולה הרצוי (ראה ציור 5).



ציור 5

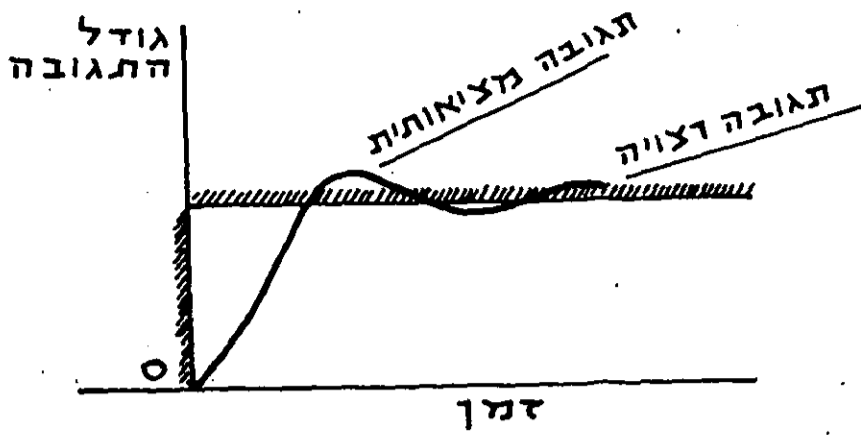
הזמן הנדרש להשגת המטרה תלוי בכך, עד כמה מורכבת היא הבעיה העומדת בפנינו ובכושר הפעולה של כל אחד מרכיבי המערכת. בעיה מוכרת, או בעיה פשוטה, תדרוש פחות זמן לפתרון מאשר בעיה בלתי-מוכרת או מורכבת. לרכיבי המערכת הצבאית הכושר ללמוד מנסיונה ומנסיון אחרים — ועל-ידי-כך (אם אמנם הם משתמשים בכושרם זה) לקצר את הזמן הדרוש כדי לפתור את הבעיה. קיצורו של הזמן הנדרש לאיסוף ולעיבוד נתונים, להעברת אינפורמציה, לקבלת החלטות ולהוצאה לפועל, יקטין את משך ההשהיה בין החלטה להחלטה; ועל-ידי-כך יוקטנו ממילא סטיות המערכת מהמצב הרצוי.

בעיה מורכבת, התלויה בגורמים רבים, תדרוש גיוס "כוחות שכליים" נוספים לעזרתו של "המחליט". כוחות אלה ינסו לנצל בצורה מפסימלית את הכלים המדעיים והטכניים כדי להגיע לפתרון הבעיה.

ההגברה נוצרת, כאשר עוצמתה של פעולה מסוימת גדולה מהעוצמה, אשר ניתן לחזותה מתוך הנתונים המוזנים למערכת. חוסר הודאות אשר באינפורמציה הצבאית, והסכנה האופפת את המערכת בתנאים של פעולות-מלחמה, מגבירים את משקלם של הנתונים הזורמים לתוך המערכת. משקל זה רב במיוחד במוחו של המפקד הנושא באחריות גדולה — האחריות להחלטות הקובעות את גורל המערכת.

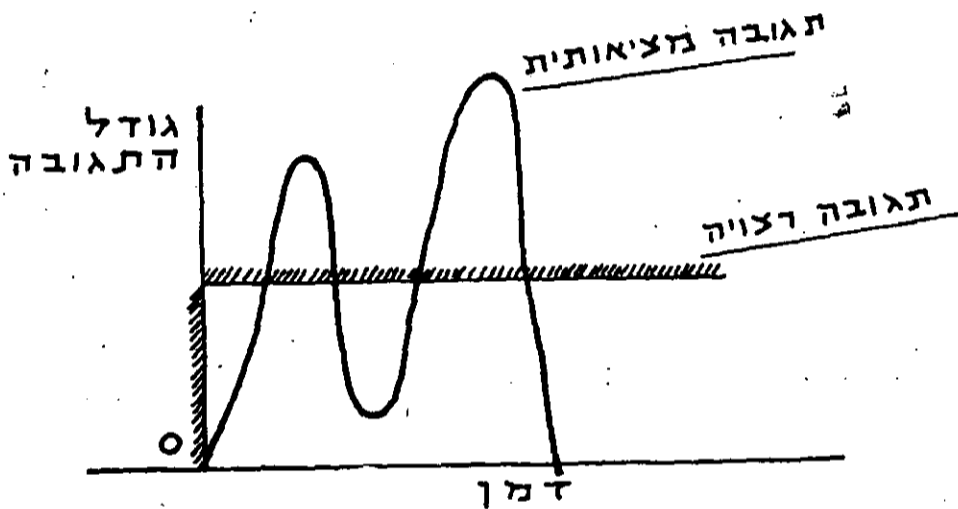
תגובת המערכת משתנה בהתאם לרמות-ההגברה (הגברים) השונות. כשההגברה קטנה, תהיה התגובה אטית — וההתקרבות אל המצב הרצוי תימשך זמן רב יחסית (ראה ציור 5). בהגברים גדולים תגיב המערכת במהירות, והתגובה

\* במערכת צירים ניצבת ניתן לתאר את השתנות הפקודה —  $y$  כפונקציה של זמן —  $t$ . כאשר בזמן  $t_1$  ישתנה ערך הפקודה באופן פתאומי מאפס ל- $y_1$ , נראה אזי על פי הגרף קפיצה (לא הדרגתית) מאפס ל- $y_1$  — קפיצה, אשר צורתה החזותית תדמה ל"מדרגה".

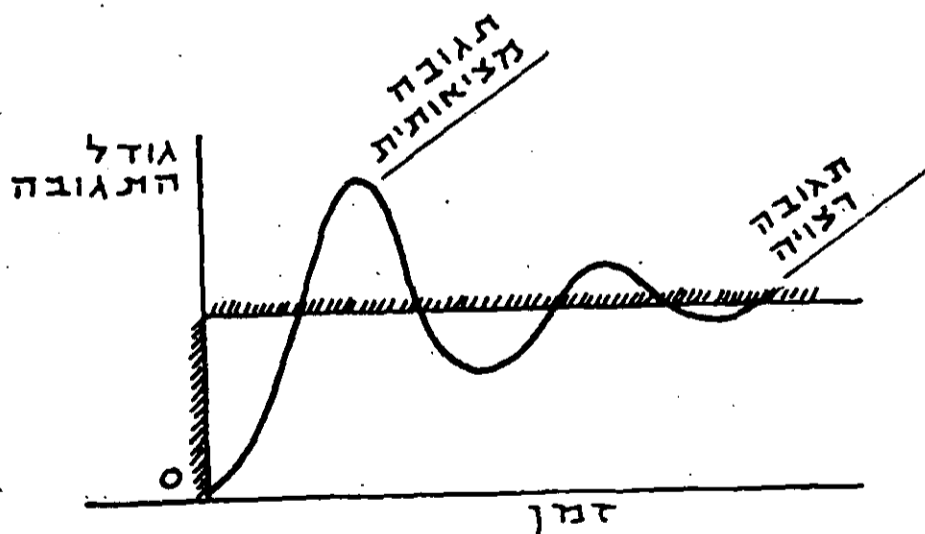


ציור 6

תעבור על עוצמת התגובה הרצויה בתנודות מתרסנות והולכות סביב המצב הרצוי (ראה ציור 6). בהגברים גדולים מאוד גדלות התנודות והולכות, והמערכת הופכת בלתי-יציבה (ציור 7). לכן מחייבת טובת המערכת שההגברה לא תהיה גדולה-מדי — כדי שהמערכת לא תתמוטט, אך גם לא קטנה מדי — כדי שהתגובה תהיה מהירה ומדויקת (ראה ציור 8). כשבונים יחידות המיועדות להפעלה



ציור 7



ציור 8

במלחמה, שואפים למערכת בעלת תכונות-מבנה המבטיחות יציבות. רצויה מערכת בעלת אינרציה קטנה — כלומר, יחידות הניתנות להפעלה מהירה בכיוונים משתנים, ללא השהיה ממושכת בשעת מעבר מכיוון פעולה אחד למשנהו. הגורם המרסן ימצא אז בנסיבותיו של מרחב-הפעולה בלבד (קרצע, אויב). כדי להקטין את ההשהיות עד למינימום, מתרגלים את המערכת לפעול במהירות ולזוז בדיוק. כדי להשיג מטרות אלו נשאף לבחור ולחנך מפקדים כ"מחליטי-סיים" איתנים ברוחם, אשר אינם רואים "צל הרים כהרים".

האדם אינו מסוגל לחשב בדיוק את פעולתו הדינמית של מערכות מורכבות — גם כאשר מספר הגורמים המשתנים אינו עולה על חמישה או ששה. עובדה זו נכונה אף לגבי מערכת, שהמבנה ושיעוריה השתנות של הגורמים המשתנים בה ובסביבתה מוכרים היטב.

דומה, שאם נבין כראוי את המכניזם הקובע את פעולתן של מערכות חברתיות — נוכל לבנות מודלים דינמיים יעילים ושימושיים, שידגימו את פעולתן של מערכות אלה; ועל יסוד המודלים אפשר יהיה לתכנן מערכות צבאיות.

על מבנה ועל התנהגותה של מערכת קיימת, שהספיקה כבר לפעול במשך תקופה מתקבלת-על-הדעת, ניתן לעמוד בעזרת הנתונים הסטטיסטיים שכבר נצטברו לגביה. ייתכן שנוכל אף לעמוד על הסיבות להתנהגות זו. על-ידי שינוי במבנה, על-ידי הקטנת ההשהיות, ועל-ידי שינוי באופן קביעת ההחלטות של המחליט, נוכל להיטיב את מצב המערכת.

כיצד ניתן לקבוע באיזה שיעור הצליחה המערכת להשיג את מטרתה? לדעתי, אפשר להגדיר את שיעור הצליחה של מערכת כדלהלן:

מערכת שהשיגה את מטרתה תוך השקעה מינימלית של משאבים וזמן — שיעור הצליחה מכסימלי (המושג „משאבים“ כולל כאן גם את המשאבים החומריים וגם את האנושיים).

דרך פעולה, המביאה להצלחה מכסימלית, היא דרך-פעולה אופטימלית.

הבה נסמן בסימנים מתמטיים את הגורמים הקובעים את מידת הצליחה ואת הקשר שביניהם:  $S$  — שיעור הצליחה;  $M$  — משאבים חומריים;  $\psi$  — משאבים אנושיים;  $T$  — זמן הפעולה.

בשפה מתמטית נוכל לרשום:  $S = f(M, \psi, T)$

כלומר: הצליחה היא פונקציה של המשאבים החומריים, המשאבים האנושיים וזמן הפעולה. ברם, מהו היחס בין גורמים אלה הקובעים את הצליחה?

בספרו „אנשים מול אש“ אומר ס.ל.א. מרשל:

„... רק אם יושם הדגש על הצד האנושי של הפעולה, יותר מאשר על צדה החומרי, יינצרו התנאים, בהם יוכלו גופים טקטיים לנצל עדינותם את אחדותם הפוטנציאלית.“

... אין כל ספק, כי הכשלונות החמורים והתכופים ביותר בשדה-הקרב נגרמו עקב אבדן השליטה על הטבע האנושי.

אנו רואים איפוא את החשיבות שמיחס הכותב לצד האנושי; שהרי האדם הוא אבי האמצעים — הוא הורה אותם, הוא יוצר אותם והוא הנושא באחריות להפעלתם. רוחו של האדם ותכונותיו הן הקובעות את טיב האמצעים החומריים ואת הכושר להפעילם במלחמה. מאידך גיסא, אסור לזלזל באמצעים החומריים, החיוניים לניהולה של מלחמה. יתר-על-כן, ככל שכלי-המלחמה יתאימו יותר לתפקידם, כן תגבר רוח-הקרב של הלוחם. הפעילות במלחמה אינה מופנית רק נגד הוויכוח, כי אם גם נגד הרוח המפיתה חיים בחומר; ולכן אין להפריד בין השניים. אנו רואים, שקיימת השפעה הדדית

בין הגורם החומרי והגורם האנושי — האחד תומך בשני ומאדירו.

למדים אנו מתוך הנסיון, כי לשם הצלחה יש צורך בשלושת הגורמים גם יחד, כלומר — בכוח חומרי, בכוח רוחני ובזמן. מכאן, שהקשר האלגברי בין הגורמים הוא קשר של מכפלה — ויכולים אנו לרשום:  $S = M \cdot \psi \cdot T$ .

ההצלחה היא אופטימלית —  $Sop'$  — כאשר המטרה מושגת במינימום של משאבים וזמן  $Min(M, \psi, t)$ . דהיינו —  $Sop'(min)(M, \psi, t)$ .

מתוך נוסחה זו אנו יכולים ללמוד, ש„סוד“ הצלחתה של מערכת תלוי בערכו של הגורם האנושי. ככל שגדל ערך הגורם האנושי — כן תזדקק המערכת לפחות לאמצעים חומריים ( $M$ ), ולפחות זמן ( $T$ ) לשם השגת המטרה. מאידך גיסא, כשערך הגורם האנושי קטן — תזדקק המערכת ליותר אמצעים חומריים, וליותר זמן, להשגת אותה מטרה באותה רמה של הצלחה.

בספר Defeat into Victory („מתבוסה לנצחון“) ממחיש פילדמרשל סלים את ערך הדברים שהובאו לעיל, באומרו: „בשבילנו, הצורך היה אבי-ההצלחה. כדי לקיים את יכולת ההתקפה היינו מוכרחים לאלתר אמצעי-לחימה וציוד, או „להסתדר“ בלעדיהם. למדנו שאם הנפש חפצה — יכול הגוף לותר על הרבה דברים; שמוח חריף וידיים זרזות יכולים להביא לתוצאות מדהימות גם כשהמשאבים מצומצמים. הקרב עם היפנים לימד אותנו לראשונה, בצורה מוחשית ובמחיר כבד, כי בזירה קשה אין להחשיב ביותר מספרים וציוד משוכלל כמו שיש להחשיב אימון ו„מורל“... בבורמה למדנו להבין את הכוחות המניעים את האדם.

...בבורמה פיתחנו צורת-לחימה, המושתתת על הגורם האנושי יותר מאשר על ציוד משוכלל.“

מנסינונו של סלים מתברר איפוא, שבתנאי זירה קשים מכריע ערכו של הגורם האנושי; את החסר ביכולת זו של הגורם האנושי אי-אפשר לאזן על-ידי אמצעי-לחימה רבים ומשוכללים.

#### הבה ונסכם:

בבחנו את הדרכים האפשריות, שוקל „מחליט“ את שיעור-ההצלחה הצפוי בכל דרך אפשרית לעומת חברי-תיה. בעזרת שיקולים אלה יכול המפקד לקבוע את ערך המשאבים החומריים — ביחידות-מזון ואת הזמן — ביחידות של זמן (או של מזון); אך באילו „יחידות“ יקבע את ערך המשאבים האנושיים?

שאלה זו אינה קלה, והיא מצריכה דיון נפרד. כאן נפתק במלים מפפר, ונאמר, כי ערכו של הגורם האנושי איננו קבוע ועומד, אלא ניתן לשינוי. חינוך והכשרה מגבירים את יכולתו; זילזול והזנחה מחסלים כל רצון עשייה. מכיון שבגורם האנושי טמון סוד הצלחה, על המפקד לטפח את אנשיו — ולהכיר את יכולתם. הכרת יכולת אנשיו היא אשר תאפשר למפקד לקבוע את הצירוף הנכון בין יכולת לבין האמצעים והזמן, הדרושים כדי להשיג הצלחה אופטימלית.