



היקף הפעילות בתחומי המחקר והפיתוח עתיד לגדול בעולם בכלל, ובישראל בפרט; מספר האנשים המעורבים בו ילך ויגדל. הצורך לעסוק במחקר ובפיתוח, אופי הפעילות והשכבה החברתית שתעסוק בה — השפעתם של כל אלה תהיה ניכרת במדינת ישראל ככל שתפתח ותלך.

## מהן התכונות המאפיינות את המחקר והפיתוח בישראל?

### חלקו של המאמץ הביטחוני

טבעי הוא שבישראל, עקב המצב הביטחוני, יכללו המחקר והפיתוח לצורכי ביטחון את חלק הארי של הפעילות כולה; אולם תופעה זו איננה אופיינית לישראל בלבד, וניתן למצאה במרבית המדינות. יתרה מזו, אין היא שלילית כפי שעשויה היתה להיראות, ויש בה חיוב לא מעט. לצורך הסברה נתבונן ברשימת פיתוחים טכנולוגיים חשובים (להבדיל מגילויים מדעיים) בתקופות שונות (המסומנים בנקודה — פיתוחים צבאיים):

1845—845

- פלדת-שריון
- טלסקופ
- אניית-קיסור
- רובה
- אבק-שריפה
- תותח
- טלגרף
- מסילת-ברזל (רכבת)
- מחרטה
- מצלמה

1845—1945

- ניטרו-צלוילוד
- מכונת-יריה
- טורפדו
- שפופרת-ואקום
- מכונת
- רדיו
- מטוס
- מכ"מ
- טנק
- טלוויזיה
- מנוע-סילון
- טילים

המגשר כבר כיום בין החינוך המדעי לתהליכים הכלכליים, ואשר תפקידו ילך ויגבר בעתיד. תהליך זה נושא אמנם אופי תעשייתי או הנדסי, אך בעיקר אופיו חברתי: הגדרת תביעותיו של האדם בעתיד מן המדע והטכנולוגיה, ורתימת עשרות אנשים בעלי כשרונות רבגוניים, מדענים ומהנדסים, לסיפוק תביעות אלו. ולמרות שציבור זה עוסק בעיקר במדעים המדויקים, עצם פעילותו במחקר ובפיתוח היא מן התהליכים המורכבים הנחקרים במדעי החברה.

ההתקדמות הטכנולוגית כיום אינה מותנית בכושר המצאה של קבוצת מדענים וחוקרים במעבדה מסויימת, כי אם במה שמקורו בל כיום לכנות כ"מיסוד" (institutionalization) של המחקר והפיתוח, דהיינו — שילובם של עשרות ומאות מדענים, מהנדסים וטכנאים, הפועלים במוסדות שונים, לעבודה בנושא ("פרוייקט") אחד; פיתוח מטוס, דרך משל, עשוי להעסיק בעת ובעונה אחת מאות טכנולוגים בעשרות תחומי-התמחות שונים. שילוב זה, הכרוך באלפי "אירועים" ופעולות והנמשך שנים, מעורר בעיות תקשורת ומינהל, שרק עתה הוחל במציאת פתרונות להן.

העבודות ברשות-החלל האמריקנית NASA הן דוגמה טובה למיסוד זה, ואחד מראשיה אמר בהקשר דגן: "מאמץ מוצלח של מחקר ופיתוח הוא מאמץ ארגוני במידה לא פחותה מאשר מאמץ הנדסי ומדעי".

כשם שאין לתאר הישגים כלכליים וחברתיים ללא חינוך אקדמי בעל בסיס רחב, ולפיכך ירכוש אורח-העתיד בתהליך החינוך המכוון ידע שלכאורה אינו משתייך באורח ישיר לתרומתו לחברה, אך משפיע על יכולתו להשתלב בה — כך גם אין הכרח כי פעילות מכוונת בתחומי המחקר והפיתוח תתרום באורח ישיר לפתרון בעיה מסויימת דווקא, ודי בתרומתה לביטחון התשתית הכלכלית ולחיוזקה. סקר בעניין זה בארה"ב הראה, כי בפיתוח אמר-צעי-הלהימה נעשה במרבית המקרים שימוש בטכנולוגיות שפותחו לצורך נושאים אחרים, ולא תמיד באו לידי מימוש בהם. אין תחליף לפעילותו של האדם במחקר ובפיתוח. בעתיד תחקור האוטומציה תהליכים תעשייתיים וכלכליים ואולי תוכל אף לחקותם, אך ספק אם תוכל לחקות תהליכים חברתיים, וביניהם היכולת לחקור ולפתח מכשירים ומכונות.

בשנות השמונים למאה זו ייהנה תור שב ארה"ב ממוצרים ושירותים מגורמים, שיעלו פי שלושה באיכותם ובכמותם על אלה העומדים לרשותו כיום. גם האזרח האירופי ייהנה בדאי משפע דומה, והישראלי, אפילו בתנאי התפתחות כלכלית בצל מצב ביטחוני כזה שבו נתונה ישראל כיום, ילך בעקבותיהם. הוא ייהנה בעשור הבא מרמת-חיים דומה לרמת-החיים הנוכחית של אזרח ארה"ב, ולשימוש היומיומי יעמדו לרשותו מוצרי העתיד המשוכללים, פרי המחקר והפיתוח המתנהלים כבר עתה. כן יוכל ליהנות מהישגי הטכנולוגיה המתפתחת: תנועה ותובלה זולות ומהירות לכל מקום בעולם, תחנות טלביזיה ורשתות טלפון כלל-עולמיות, אוטומציה של עבודה ידנית ושל פעילות אינטלקטואלית (עיבוד נתונים, הוראה, פיקוח) כאחד, שליטה על תנאי-הסביבה ועל מזג-האוויר, ועוד כהנה וכהנה. הוא יעמוד, עם זאת, נוכח בעיות שתציב בפניו התפתחות הטכנולוגיה: הפער בין מדינות עניות ועשירות, אשר ילך ויגדל, הזמן הפנוי הרב, בעיות זיהום הסביבה והאוויר בפסולת תעשייתית — כל אלה ושכמותן הן בעיות העתידות להחרף, ושעדיין לא נמצא להן פתרון.

על מנת להגיע להישגים בעתיד יהיה עלינו לאמץ לנו את כל החידושים הטכנולוגיים שיבואו עם ההתפתחות הכלכלית; זו תהא תלויה ביכולתנו הטכנולוגית וההנדסית, שעל מנת לקיימה עלינו לקיים בתת-התמדה ובשקידה מחקר ופיתוח בתחומי המדע והטכנולוגיה.

מחקר ופיתוח מעין אלה הם הכרח לאומה הרוצה להגיע לידי שגשוג ולא להימנות על המדינות העניות; והריהם נדבך חשוב בפעילות משקית המביאה לידי קידמה, ונחלת שכבה גדולה וחשובה באוכלוסיה, ההופכת חלק בלתי-נפרד מן הפוטנציאל הכלכלי של מדינה מתפתחת.

### הערות אחדות על מחקר ופיתוח

פעילות מחקר ופיתוח אינה תהליך תעשייתי ואף לא תהליך כלכלי. זהו התהליך

- פצצת-אטום
- גזים מרעילים

1945 עד עתה

- מטוס-תובלה (מפציץ) בין-יבשתי
- מטוס על-קולי טרנזיסטור
- טיל מונחה בין-יבשתי
- תחנות-כוח גרעיניות
- לויניים
- קרני-לייזר
- מיקרואלקטרוניקה
- גזים פסיכומטיים

תעשיות לא-צבאיות מבססות רבים ממוצריהן על הטכנולוגיות שפותחו לצרכים צבאיים. ובתקופה שלאחר מלחמת-העולם השנייה קשה למצוא מוצר כלשהו שהתרומה הטכנולוגית העיקרית להתפתחותו אינה נובעת מפיתוח צבאי כלשהו. כך, למשל, מוצרי הקרמיקה החדשים למטבח מבוססים על פיתוח חומר קרמי העומד בטמפרטורות גבוהות, שיוצר לצורך שימוש בטילים בליסטיים. מעניין להתבונן ברשימה דלהלן, המצינת בסדר כרונולוגי את משך-הזמן שחלף בין גיבוש הרעיון לפיתוח מוצרים שונים — לבין מימושו במוצר ראשון:

בולטת לעין העובדה, כי חלקם של הפיתוחים הצבאיים ברשימות הולך ועולה, וכי מאז מלחמת-העולם השנייה משמשות הדרישות הצבאיות מניע עיקרי למחקר ולפיתוח. קיומו של צורך צבאי, שהוא חיוני למדינה וראוי להשקיע מאמצים רבים בסיפוקו, מאיץ מוסדות רבים לעסוק במחקר בסיסי ושימושי, ובפיתוח טכנולוגיות ואמצעים חדישים כדי להגיעם לצבאות שונים. מחקר שערך הצבא האמריקני קבע, כי ב-90% מן המקרים היה המניע העיקרי ליוזמת מחקר ופיתוח — הצורך המבצעי, ולא דווקא עובדת קיומה של האפשרות הטכנולוגית.

| מצלמה             | 1839—1727 | 112 שנים |
|-------------------|-----------|----------|
| טלפון             | 1876—1820 | 56 שנים  |
| רדיו              | 1902—1867 | 35 שנים  |
| מכ"ם              | 1940—1925 | 15 שנים  |
| טלוויזיה          | 1934—1922 | 12 שנים  |
| פצצה אטומית       | 1945—1939 | 6 שנים   |
| טרנזיסטור         | 1953—1948 | 5 שנים   |
| מעגלים אינטגרליים | 1961—1958 | 3 שנים   |

לצורכי ביטחון. ספק אם צורך ממלכתי אחר היה מצליח לתרום באותה מידה לפיתוח המערך התעשייתי החדש והטכנולוגיות להשגת מטרותיו הכלכליות. היקף המאמץ המושקע במחקר ובפיתוח ביטחוני וכללי עומד ביחס ישר ל"עושרה" של מדינה. אם נתיחס לעושר כתפוקה לאומית לגולגולת, נקבל את המספרים הבאים (מעוגלים לסוף שנות ה-60):

של מוציא אחד, או במלאכת דורות של מוציאים, הפועלים בהיקף מצומצם. הצורך הצבאי תרם לא מעט לתנופת המחקר והפיתוח ולמיסוד התהליך בהיקף גדול סביב נושא אחד, ושני אלה הם מאבני היסוד של ההתפתחות התעשייתית והכלכלית בימינו. אין, על כן, כל רע בכך שנתח גדול ממאמץ המחקר והפיתוח בארץ מופנה

רשימה זו מגלה, כי מראשית שנות ה-40 למאה העשרים מצטמצם הזמן הדרוש לפיתוח מוצר מורכב. תקופה זו חופפת את השנים בהן החלו צבאות שונים בעולם להגביר את מאמציהם לניצול גילויים של מעבדות-מחקר לפיתוח אמצעים למלחמה. הצורך הצבאי, שמטבעו הוא דחוק בזמן, תובע את זירויו של תהליך המחקר והפיתוח, ואינו מסתפק במאמץ ממושך

| מדיניות תעשייתית מתקדמת        | מספר תושבים (מיליונים) | תפוקה לאומית (מיליארדי דולר) | לגולגולת (דולר) | הוצאות למחקר ופיתוח (מיליארדי דולר) | מחקר ופיתוח מן התפוקה הלאומית (אחוזים) |
|--------------------------------|------------------------|------------------------------|-----------------|-------------------------------------|--|
| ארה"ב                          | 200                    | 800                          | 4,000           | 25                                  | 3.2                                    |
| בריטניה                        | 55                     | 100                          | 1,700           | 2.5                                 | 2.5                                    |
| גרמניה                         |                        |                              |                 | 2.5                                 | 2.1                                    |
| שוודיה                         | 8                      | 25                           | 3,000           | 0.4                                 | 1.7                                    |
| הולנד                          | 13                     | 20                           | 1,600           | 0.3                                 | 1.7                                    |
| ממוצע למדינות מערב-אירופה כולן |                        |                              |                 |                                     | 1.5                                    |
| ברה"מ                          | 235                    | 400                          | 1,600           |                                     | 2—3                                    |
| מדינות תעשייתיות               |                        |                              |                 |                                     |  |
| יפן                            | 100                    | 120                          | 1,200           | 1.5                                 | 1.3                                    |
| איטליה                         | 53                     | 60                           | 1,100           | 0.3                                 | 0.5                                    |
| ישראל                          | 2.7                    | 4                            | 1,400           | 0.08                                | 2.0                                    |

| ממוצע ליוון, ספרד<br>פורטוגל, תורכיה,<br>יוגוסלביה |         |     |       |
|--|---------|-----|-------|
| 0.3—0.2  | 500—800 |     |       |
|  | 100     | 80  | 800   |
|  | 160     | 5.1 | 32    |
|  |         |     | סין   |
|  |         |     | מצרים |

ומייגעת. 14 שנים חלפו מן היום שבו הוכר ערכו של הטייטניום לייצור מטוסים. עד היום בו הוחל בשימוש המעשי. החומרים הפסיכומטיים נתגלו במעבדה לפני שנים רבות, ועל שימוש בהם לצרכים צבאיים מדובר בעולם מזה זמן רב, ואף נודע כי מנסים לפתח מערכות-נשק המבוססות עליהם — אך למרות המאמץ הרב המושקע בכך, עדיין לא נודע על הצלחה כלשהי. חלק זה בפעילות המחקר והפיתוח — שאינו דווקא מחקר בסיסי או שימושי כי אם כשמו כן הוא: פיתוח ממש — הוא החלק החסר. ומן הראוי היה, כי חלק נכבד יותר מאותם 2% מן התפוקה לגולגולת המושקעים בארץ במחקר ובפיתוח, היה מושקע ב„פיתוח“, ופחות במקצת — במחקר (בסיסי או שימושי).

### מדינה קטנה משקיעה מעט

#### במחקר ובפיתוח

מעובדת היותנו אחת מעשר המדינות הראשונות בעולם בהשקעתן במחקר ובפיתוח יחסית לתפוקה הלאומית לגולגולת, אין להסיק כי אנו משקיעים במחקר ובפיתוח ממון רב. להלן מספרים אחדים להשוואה עם ארה"ב.

של ניצול המדע והישגיו לצורכי התעשייה, ספק אם יש מקום לחלוקה בין שני סוגים, כביכול, של מדע. התעשייה מסוגלת, במקרים רבים, לאמץ ביעילות את הישגי המחקר המדעי הבסיסי, כפי שאכן עשתה בניצול הישגי המחקר בתחום הפיזיקה לצורכי התעשייה האלקטרונית: הישגיהן של מעבדות המחקר הפיזיקלי נוצלו במהירות וביעילות בתעשיות ה"מיקרו-אלקטרוניקה, וכן פותחו, הודות ליישום מהיר של הישגי המחקר הפיזיקלי, המעגלים האינטגרליים, המקטינים את גודל המערכות האלקטרוניות בסדר-גודל אחד לפחות לעומת המקובל לפני שנים מעטות.

ואולם, בישראל חסרים אנו את היכולת לקשר בין הישגי מעבדות המחקר לבין פיתוח תעשייתי, שאותה מבטא המרכיב „פיתוח“ במונח הכפול „מחקר ופיתוח“. פיתוח הישגי המדע — בסיסי כשימושי — לייצור מוצרים ואמצעים כלשהם, טעון פעילות ארוכה ומורכבת. המדענים והמהנדסים העוסקים במחקר ובפיתוח יודעים, כי הדרך בין הגילוי המדעי לבין היכולת ליישמו במוצר כלשהו — ארוכה

מספרים אלה מצביעים על קיום קשר בין התפוקה הלאומית לגולגולת לבין המאמץ המושקע במחקר ובפיתוח. המדינות העשירות יותר והמתקדמות בתעשייתן משקיעות מעל 1.5% מן התפוקה הלאומית לגולגולת במחקר ופיתוח; מדינות עניות משקיעות בכך פחות מ-0.5% מתפוקתן הלאומית לגולגולת, ואילו מדינות בעלות ערך בינוני של תפוקה לאומית לגולגולת, משקיעות במחקר ובפיתוח בין 0.5% ל-1.5%.

מדינת ישראל נראית ברשימה זו כיוצאת דופן, שכן היא משקיעה במחקר ובפיתוח יחסית יותר ממדינות אחרות. גם קצב גידול ההשקעה במחקר ובפיתוח רב בישראל יחסית, וגדל ב-10% לשנה, לעומת 7% במדינות מערב-אירופה (בריטניה, גרמניה, הולנד), ו-5% בארה"ב. מצב זה אינו שלילי; אדרבה, הוא תואם במידה מסוימת את קו ההתפתחות הרצוי לנו.

הטענות הנשמעות כיום כלפי השקעות במחקר ובפיתוח אינן מכוונות להיקפן, כי אם לחלוקה הפנימית בין המאמץ המושקע במחקר בסיסי למאמץ המושקע במחקר שימושי. ואולם, במצב המתקדם

### ישראל

פחות מהחלק ה-300.

פחות מהחלק ה-20.

פחות מן החלק ה-100.

### ארה"ב

תקציב מחקר ופיתוח — 25 מיליארד דולר.

מספר הנושאים בצבא היבשה 2,000

מספר המהנדסים והמדענים העוסקים

במחקר ובפיתוח יותר מ-500,000

מפרי הישגיהם של אחרים; אולם „מקצת“ מחקר ופיתוח הכרחי הוא ואין מנוס ממנו.

### מהו „מקצת“ זה, ומדוע הוא דרוש?

א. מסיבות הכרוכות במדיניות-ביטחון ובכלכלה של המדינות השונות, חלות הגבלות על רכישת מידע ממקורות-חוץ לגבי

זה מן הראוי לנסח כך: „להשקיע פחות מכל האפשר במחקר ובפיתוח, ולנצל הישגי מדינות אחרות בתחום זה“.

המחקר והפיתוח הם פעילות „בזבזנית“ מטבעה, שכן ממון רב מושקע במחקרים שלא את כולם ניתן לנצל ולא תמיד ידוע אילו פירות יניבו. אולי טוב היה, על כן, אילו יכולנו לוותר עליה בכלל, וליהנות

מובן מאליו כי ביחס למדינה כארה"ב, משקיעים אנו מעט מאוד במחקר ובפיתוח, למרות שגיוון הצרכים שלנו אינו נופל מזה של ארה"ב, ומובן כי הדבר חייב לתת את אותותיו במדיניות שאנו נוקטים. את מדיניות ארה"ב ניתן לנסח במשפט אחד: „לבחון ולחקור כל רעיון וכל אפשרות מדעית וטכנולוגית“. את מדיניותנו בתחום

דות החינוך שבארץ לא יהיה די, ויהא עלינו להשקיע מאמצים מיוחדים בקליטת עולים שישתלבו בפעילות החינוך, המחקר והפיתוח. למרות שמערכת הביטחון קלטה בשנה שעברה אקדמאים מחו"ל, ותכניו- תיה לעתיד מקיפות ונרחבות, אין די בכך — ויידרש מאמץ ממלכתי נרחב ומכוון יותר.

## השתלבות התעשייה

### הלא-ביטחונית

#### במחקר ובפיתוח ביטחוני

כדי לתכנן את השתלבותה של התעשייה הלא-ביטחונית במחקר ובפיתוח ביטחוני, יש צורך בתמונה ברורה של תכניות ארו- כות-טווח, וכאן טמון אחד הקשיים הגדו- לים בהם אנו נתקלים, והמאפיינים את פעולתנו: הדינמיות שבה משתנים ביש- ראל נתוני-היסוד בתחום המדיני-הצבאי, המשפיע על הצרכים והדרישות, עומדת בניגוד גמור לאטיותו של תהליך המחקר והפיתוח. תהליך מלא של מחקר ופיתוח בנושא "כבד", כולל יצירת התשתית הטכנולוגית ותשתית כוח-האדם, עשוי להימשך מעל עשר שנים, ולפי ניסיוננו זהו משך-הזמן החולף בין מלחמה למלחמה בישראל. לא אחת באים המלחמה ולקחיה ומשנים את התכניות שבשלבי ביצוע.

בתנאים כאלה נדרש מערך המחקר וה- פיתוח לגלות נשימה ארוכה וסבלנות, ועם זאת — לעשות מאמץ לצמצום משך הפי- תוח. אין אפשרות לקצר את העבודה המ- דעית והטכנית, ולכן יש מקרים בהם נאל- צים לוותר בשאלת האיכות; אך ישנן דר- כים לקיצור התהליכים המינהליים, וכאן הגענו לאחד מהישגינו הגדולים: הקשר הישיר, הבלתי-אמצעי, בין החוקר המפתח לחייל המפעיל בשדה-הקרב. נוהלינו מאפ- שרים זאת, הדינמיות של החידוש שבעבו- דתנו ממריצה אותנו, האופי היהודי שאינו נרתע ממגבלות נוהליות, ממדיה הקטנים של המדינה, שבה כל העם צבא וכל אזרח חייל — כל אלה מעניקים לנו גמישות רבה להתאמה לדרישות חדשות.

מאידך גיסא, עובדות אלה מכבידות על הוצאת עבודות מחקר ופיתוח אל מוסדות שמחוץ למערכת הביטחון. קיים גם פער טכנולוגי בין תעשיות מערכת הביטחון לאחרות, דרך משל — 10% מכוח-האדם האקדמאי של מערכת הביטחון הם בעלי תואר "דוקטור למדעים", ואילו מספרם של

רים המבוססים על סיב-י-פחם. ברור כי אין אנו היחידים העושים כן. מדינות העולם כולו נוהגות כך, בידיעה כי קרוב היום בו תתממשנה טכנולוגיות אלה לכדי אמצעי- לחימה מעולים מאלה המצויים בידינו כיום. חשוב שתימצא עמנו קבוצה פעילה מעין זו בכל טכנולוגיה חדישה, ותבטיח כי לא תיעלם מאתנו תמונת הנעשה בעו- לם הרחב, ונדע מתי להתחיל לרכז מאמ- צים ולעסוק בפיתוחו של מוצר מוגמר.

ד. לבסוף נציין שנית, כי אין לראות את תהליך המחקר והפיתוח כנדבך בבניין התעשייה בלבד, אלא יתרה מזו — יש לר- אותו כנדבך בחינוך המדעי וההנדסי המת- קדם, המכשיר לנו פוטנציאל, שבלעדיו לא תיתכן כל התפתחות תעשייתית. אף אילו לא היו קיימים נימוקים אחרים, היה צורך לקיים בישראל מחקר ופיתוח, ולו לצורך חינוך והקניית ידע למדענינו ומ- הנדסינו, על-מנת שידעו להקים, להפעיל ולטפח תעשיות המבוססות על טכנולוגיות מתקדמות.

## מהו היקף הפעילות הדרוש

### על-מנת לשמור על יכולת

#### קטנה מעין זו?

אפילו ננקוט במדיניות של "השקעה קט- נה ככל האפשר וניצול הישגי מדינות אחרות", יגיע היקף הפעולות הצפוי בש- נים הקרובות עד קצה גבול יכולתנו. התכנית הרב-שנתית של מערכת הביטחון מצביעה על העובדות דלהלן:

א. תקציב המחקר והפיתוח של מערכת הביטחון יוכפל, ובמסגרת מדיניות מוע- רית זו נשקיע בשנים הבאות מאות מיל- יוני דולרים במחקר ובפיתוח לצורכי ביטחון.

ב. בעשר השנים הקרובות ייוקפו המחקר והפיתוח בארץ ליותר מ-50% מבוגרי ההנדסה ומדעי הטבע במכללות בישראל, אך ורק על-מנת לענות על צרכי הביטחון. משתי עובדות אלה חמורה ביותר השניה. המחסור בכוח-אדם מקצועי מעולה — מד- ענים, מהנדסים וטכנאים — מאיים לא רק להגביל את תכניותיה של מערכת ה- ביטחון, אלא אף את קצב התפתחותו הכללי. עלינו להגדיל במידה ניכרת את תפוקת כוח-האדם מסוגים אלה במוסדות החינוך שלנו, אך קיים חשש כי אף בתכניות המקסימליות לגבי תפוקת מוס-

ההישגים העיקריים של המחקר והפיתוח. לא נוכל לקבל מארה"ב, למשל, את כל הידע שנרצה, אף אם נבקשנו. כלים חשו- בים נמנעים מעמנו, וקבלת מידע לייצורם עשויה להיות מלווה לחצים מדיניים. מפעל ישראלי לא יקבל את הידע לשימוש בחומרים מרוכבים סינתטיים בארה"ב, לא רק מטעמים ביטחוניים — אלא אף מחשש תחרות כלכלית. בתחומים חיוניים לנו עלינו לחקור ולהגיע לחידושים טכנולו- גיים, ולפתחם לכלל מוצרים שיוכלו להתחרות בטובים שבסוגם במדינות ירי- בות. עלינו לקבוע ולהגדיר נושאים חיו- ניים כאלה, ולהיות ניהנים ביכולת לפתחם, אם נצטרך, שכן בנפשנו הדבר.

ב. אם נקיים את יכולת המחקר והפיתוח, נוכל לפתח גם מוצרים שיהיו פרי רעיונות מקוריים, אשר יענו על דרישות אופייניות לנו ויעלו על אלה שברשות האחרים. תת- המקלע "עוזי" הוא דוגמה טובה לכך. תת- מושת למרגמות ולתותחים מיוצרת בעולם זה מאות בשנים, אך לתחמושת שלנו יתרונות אחדים שבגללם עדיפה היא על התחמושת שנוכל לרכוש. במלחמתנו במ- חבלים הערבים, דרך משל, משתמשים אנו באמצעים ובחימוש פרי רעיונות מקוריים משלנו, המייעלים את פעילותנו במידה ניכרת.

במוסדות המחקר נמצאים בפיתוח נושאים שונים, קטנים כגדולים, שאפיונם מבוסס על ניסיון-המלחמה שלנו, ואשר אין דומה להם במוסדות-פיתוח זרים. השימוש באלה יסייע לנו לנצח במלחמה הבאה, אם תפרוץ.

ג. טעות היא לחשוב, כי ניתן להגיע לרכישת מידע טכנולוגי חדיש בלא תש- תית אשר תוכל לקלוט מידע כזה. אלה מבין תעשיינינו שנתנסו בכך ודאי נוכחו לדעת, והדבר ידוע היטב במערכת הביט- חון, כי רכישת ידע בצורת שרטוטים ומומחים זרים איננה מספקת לתיעוש מוצר מסויים. חשוב, על כן, כי יימצא גוף כלשהו שיהא מסוגל לקלוט את המידע והמומחים ולהפכם לחלק ממסד המחקר והפיתוח, שהוא אופייני לנו בלבד, והש- תלבות של ידע זר בתוכו אינה קלה כלל ועיקר, בלא שמתכוננים לכך היטב.

ואכן, אנו עושים זאת. השנה משקיעים אנו למעלה ממיליון ל"י בלימוד טכנו- לוגיות של "לייזרים", ולמעלה ממחצית- המיליון ל"י בלימוד טכנולוגיות של חומ-

- הגדלה פי ארבעה של היקף המחקר והפיתוח במוסדות להשכלה גבוהה;
- הכפלת היקף המחקר והפיתוח בתעשיות שמחוץ למערכת הביטחון.

אנו מקוים, כי נצליח להגיע בשנה זו לידי כך שאחוז גדול יותר מתקציב המחקר והפיתוח יוקצב למוסדות שמחוץ למערכת הביטחון, וכן כי בעתיד יגדל חלקם של מוסדות אלה עוד יותר.

### סיכום

למחקר ולפיתוח הביטחוניים השפעה מכרעת על התפתחותה הכלכלית של מדינת ישראל. יש ביכולתנו להביא לידי כך, שגם בתנאי המעמד סה הכלכלית הנובעת ממאמציו הביטחוניים — יצא מתוק מעז; המחקר והפיתוח לצורכי מערכת הביטחון יתרמו תרומה רבה להתפתחותה הכלכלית של המדינה, אם נשכיל לכוונם כיאות.

טנציאל מדעי נוסף, שספק אם ניתן לייצרו במערכת הביטחון.

ג. משרד הביטחון מכיר באחריותו ובחובתו להעביר טכנולוגיות רבות ככל האפשר לתעשייה הלא-ביטחונית, על מנת להעשירה בידע שיוכל לתרום להתפתחותנו הכלכלית בשאר התחומים. העברת ידע כזה, המכונה "spin off", כרוכה, לדאבונו, בקשיים עצומים, שעדיין לא נמצאה דרך להתגבר עליהם. כבר ציינו כי לצורך העברת ידע אין די בהעברת שרטוטים, דוחות או אף מומחים אחדים. יש להעביר את התשתית כולה, ולמעשה — קבוצות-עבודה שלמות. דבר העלול לפגוע קשות בפוטנציאל הקיים במערכת הביטחון. הדרך היעילה ביותר להעברת ידע תהיה, אם כן, רתימת מוסדות שמחוץ למערכת הביטחון לתהליכי המחקר והפיתוח שלה.

תכניותינו לשנת-העבודה הנוכחית, בהשגחה לשנה החולפת, כוללות:

בעלי תואר זה בתעשיות האחרות נמוך בהרבה.

עם זאת, מדיניותו של משרד הביטחון היא להגדיל ככל האפשר את חלקם של תעשיות ומוסדות-חוץ במאמץ המחקר והפיתוח, מן הטעמים דלהלן:

א. לא נוכל לעמוד בתכניותינו ארוכות-הטווח בלא שנגדיל במידה רבה מאוד את היקף עבודות המחקר והפיתוח הנעשות במוסדות-החוץ.

ב. אנו יודעים כיום, כי ללא קליטת אקדמאים עולים, בעיקר מארה"ב, לא נוכל לעמוד בתכניותינו. המוסדות הממשלתיים אינם קרקע מתאימה לקליטת אנשים הרגילים לעסוק במחקר ובפיתוח בארה"ב, למשל. התעשייה האזרחית ומוסדות ההשכלה הגבוהה אינם מוגבלים כל כך ביציאת תנאי-עבודה מתאימים לעובדים כאלה; נראה, על כך, כי אם נעביר נושאים רבים יותר למוסדות אלה, והללו ישכילו לקלוט את כוח-האדם המתאים מחו"ל, ניצור פור-

## תותח מתנייע 155 מ"מ "M-109"

תותח מתנייע זה, מתוצרת ארה"ב, נחשב למשוכלל מסוגו בעולם. הוא משלב בתוכו תכונות של ניידות גבוהה מזה, ויכולת רבה להנחתת-אש מזה. צורתו של התותח המתנייע החדש היא כשל טנק, כלומר — תותחו קבוע על גבי צריח, וסב עמו. תכונה זו מאפשרת לו צידוד של 360 מעלות, מעלה שמרבית תותחי ימינו אינם ניחנים בה. נגיחת הפגזים לתותח היא אוטומטית למחצה, עובדה המגדילה את קצב-האש של התותח. בנוסף על פגזים בני 155 מ"מ מכל הסוגים שניתן לירות בו, יורה התותח המתנייע גם תחמושת גרעינית. ל"M-109" מנוע-דיזל בן 8 צילינדרים, המפתח 425 כוחות-סוס. בעזרת תוספת התקנים מסויימים ניתן להפכו לאמפיבי, דבר המגדיל, כמובן, את ניידותו.

### תכונות התותח המתנייע "M-109"

- טווח — 18 ק"מ.
- הגבהה מ<sup>3</sup> עד 75 מעלות.
- מהירות הגבהה — 10 אלפיות לכל סיבוב ידית.
- צידוד — 360 מעלות.
- מהירות הצידוד — 10 אלפיות לכל סיבוב.
- קצב-אש — 3 פגזים לדקה.
- תחמושת-בטן — 28 פגזים.
- אנשי צוות — 6.
- טיפוס וירידת מדרון — עד 60%.
- גובה מכשול מקסימלי — 53 ס"מ.
- מהירות במים — 5 קמ"ש.
- טווח נסיעה — 354 ק"מ.
- משקל — 24 טונות.
- רוחב — 3.6 מטרים.
- גובה — 3.2 מטרים.
- רדיוס סיבוב — כאורך הגוף.

