

כנס הרצליה

השנתי התשיעי

על מאזן החוסן והביטחון הלאומי

- מדיניות, מדינאות ומנהיגות לעיתות מבחן -

2-4.2.2009

נייר עבודה

המחקר והפיתוח בישראל: תמונת מצב על פי דוח המועצה הלאומית למחקר ולפיתוח לשנת 2007

- טיוטה להערות -

המרכז הבינתחומי הרצליה
בית ספר לאודר לממשל, דיפלומטיה ואסטרטגיה
המכון למדיניות ואסטרטגיה

המסמך משקף את דעתם של הכותבים בלבד

המחקר והפיתוח בישראל: תמונת מצב על פי דוח המועצה הלאומית למחקר ולפיתוח לשנת 2007

1. נתונים והישגים של המו"פ בישראל

למדינת ישראל הישגים ראויים לציון בתחומי המדע והטכנולוגיה. בכמה מן המדדים המשמשים להערכת עוצמתן המדעית והטכנולוגית של מדינות, ישראל הינה מהמובילות בעולם:

א. היחס בין ההוצאה הלאומית למחקר ולפיתוח אזרחי לבין התוצר המקומי הגולמי (תמ"ג – GDP) עמד בישראל בשנת 2006 על 4.5%. מדד זה ממקם את ישראל במקום הראשון בעולם, כאשר אחריה ממוקמות שוודיה (3.8%), פינלנד (3.5%) ויפן (3.3%). ביתר המדינות המפותחות המדד נע בין 1% ל-3%.

ב. מחקר מדעי: בבסיס הפירמידה של המחקר והפיתוח עומד המחקר הבסיסי שתכליתו הרחבת ההעמקת הידע המדעי, והוא אינו מונע על ידי שיקולים של תכלית מעשית. חשיבותו של מחקר זה נובעת משני עניינים עיקריים. ראשית, ההישגים הטכנולוגיים שאפשרו את הצמיחה הכלכלית המואצת במאתיים השנים האחרונות, לא היו יכולים להתממש ללא הידע המדעי הבסיסי בתחומי הפיזיקה, הכימיה, המתמטיקה, הביולוגיה ויתר המדעים. שנית, ההתנסות בעריכת מחקר מדעי בסיסי חיונית להכשרת החוקרים המובילים בכל מגזרי המשק ולהכשרת סגל ההוראה במוסדות להשכלה גבוהה.

המחקר הבסיסי בישראל, רובו ככולו, מתבצע במוסדות להשכלה גבוהה. במובן זה ישראל שונה מצרפת, מגרמניה, מבריטניה, מארצות-הברית וממדינות רבות אחרות, שבהן חלק לא מבוטל מהמחקר הבסיסי מתבצע במכוני מחקר שאינם עוסקים בהוראה אקדמית.

אף על פי שרוב המחקר המתבצע באוניברסיטאות הוא מחקר בסיסי שאינו מכוון לתכלית מעשית, לעיתים מתברר בפועל ובדיעבד כי הידע שהופק במחקר הוא בעל פוטנציאל יישומי וניתן להפיק ממנו רווח כלכלי. האוניברסיטאות בישראל פיתחו מנגנונים לזיהוי הידע השימושי וליישומו בעיקר על ידי התקשרויות עם התעשייה.

מקובל להעריך את תפוקת המחקר הבסיסי על פי מספר המאמרים שפורסמו בכתבי עת מדעיים נבחרים¹.

מספר המאמרים המדעיים שפורסמו מדענים ישראלים בשנים 2000–2005 ביחס לגודל האוכלוסייה הגיע לכ-800 מאמרים למיליון נפש, מקום שלישי בעולם אחרי שוודיה ושווייץ. כאשר מפלגים את המאמרים לפי תחומים מתברר כי בתחום המתמטיקה ובתחומי הפסיכולוגיה והפסיכיאטריה נמצאת ישראל במקום הראשון בעולם, ובתחום מדעי המחשב – במקום השני. נתונים אלה מצביעים על פוריות והישגיות מדעית גבוהה של החוקרים במגזר האקדמי בישראל.

ג. שיעור בעלי השכלה על-תיכונית ומעלה מבין גילאי 25-64 הגיע בישראל בשנת 2003 ל-45%, מקום ראשון בעולם יחד עם קנדה². ביחס למדינות המתקדמות, ישראל נמצאת במקום גבוה ביותר במספר החוקרים ביחס למספר התושבים. בסקר שנערך לגבי שנת 1984 נמצא כי ישראל עמדה במקום הראשון בעולם במדד זה.

ד. מו"פ במגזר העסקי: בישראל, כמו במרבית המדינות המפותחות, רוב פעילות המו"פ מתבצעת במגזר העסקי. פעילות זו היא בעיקרה פיתוח טכנולוגי, בעוד שהמחקר הבסיסי והשימושי מבוצע ברובו הגדול במוסדות השכלה הגבוהה ובמכוני המחקר הממשלתיים והציבוריים.

הנתונים הקיימים כיום על המו"פ במגזר העסקי בישראל מכסים את ענפי התעשייה, ענף שירותי המחשב וענף המו"פ, הכולל שירותים עסקיים בתחום המו"פ, חממות תעשייתיות וחברות הזנק שעוסקות במו"פ ועדיין לא הגיעו לשלב הייצור המסחרי.

ההוצאה למו"פ שבוצע במגזר העסקי צמחה בקצב מהיר מסכום שווה ערך ל-90 מיליון ש"ח (במחירי 2005) בשנת 1966³ עד לסכום של כ-20 מיליארד ש"ח בשנת 2005 (גידול ריאלי פי 220). חלקו של המגזר העסקי בהוצאה הלאומית למו"פ אזרחי עלה מ-11% בשנת 1966 עד ל-77% בשנת 2005.

ההוצאה למו"פ במגזר העסקי משתווה ב-2005 ל-3.4% מהתוצר הלאומי הגולמי (0.16% בשנת 1966) ומבחינה זו היא מעמידה את ישראל במקום הראשון בין המדינות המפותחות. אחריה באות שוודיה (2.88%) ופינלנד (2.47%).

אינטנסיביות העיסוק במו"פ במגזר העסקי בישראל באה לידי ביטוי בשיעור התעסוקה במו"פ במגזר. 2.1% מהעובדים במגזר העסקי מועסקים באופן ישיר במו"פ כחוקרים, כטכנאים וכאנשי מנהלה. שיעור דומה קיים בפינלנד, אך ביתר הארצות המפותחות שיעור העובדים במו"פ מכלל העובדים במגזר העסקי נמוך במידה ניכרת מזה שבישראל.

היחס בין מספר החוקרים במגזר העסקי לבין סך כל המועסקים במשק בישראל בשנת 2004 עומד על 1.2%. גם מדד זה מעמיד את ישראל במקום הראשון בעולם. אחריה ממוקמות פינלנד (1.0%), ארצות-הברית ושוודיה (0.8%). ביתר המדינות המפותחות המדד נע בין 0.1% ל-0.5%⁴.

מקובל לייחס את הצמיחה המהירה של המו"פ העסקי בישראל לגורמים הבאים:

- הגורם הראשון, שהיה דומיננטי בשנות ה-60 וה-70, הינו מעבר של אנשי מחקר והעברת ידע ממערכת הביטחון למערכת האזרחית.
- הגורם השני, שהיה דומיננטי משנות ה-70 ואילך, הינו מדיניות ממשלתית עקבית לעידוד ולתמיכה במו"פ העסקי.

¹ מדובר בכתבי עת מדעיים בעלי מוניטין בין-לאומי, המאשרים מאמרים לפרסום לאחר שעברו תהליך הערכה קפדני על ידי מדענים בכירים מהתחום המדעי הרלוונטי.

² הנתונים לקוחים מתוך "מדדים למדע, לטכנולוגיה ולחדשנות בישראל", מוסד שמואל נאמן והלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, אוקטובר, 2007.

³ הנתונים ל-1966 על פי "מדע וטכנולוגיה בישראל 1975/76", המועצה הלאומית למחקר ולפיתוח, מרץ 1977; המקור לנתונים לשנת 2005 – הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה.

⁴ הנתונים דלעיל לקוחים מתוך "מדדים למדע, לטכנולוגיה ולחדשנות בישראל", מוסד שמואל נאמן והלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, אוקטובר, 2007.

- הגורם השלישי הינו הגברת הזמינות של מדענים ומהנדסים, בוגרי המערכת האקדמית בישראל ועולים חדשים, במיוחד מגל העלייה הגדול שהגיע בשנות ה-90 מהגוש הסובייטי לשעבר, ואשר כלל שיעור גבוה במיוחד של מדענים ומהנדסים.
- הגורם הרביעי הוא ההתמקדות של יזמים ישראלים בענפי הטכנולוגיה העילית, שבהם משקל המו"פ בתשומות הייצור גבוה יחסית.

2. בעיות וסיכונים במצב המו"פ בישראל

ניתוח המבנה של מערכת המו"פ והמגמות השוררות בהכשרת כוח אדם מחקרי מעלה ספקות חמורים לגבי יכולתה של ישראל לשמור על מעמדה בצמרת המדינות הפעילות במו"פ לאורך זמן:

א. אוכלוסיית המהנדסים והמדענים מזדקנת וקיים פער בין הביקוש הצפוי למהנדסים ולמדענים, הנובע מצמיחת המשק ומפרישה של כוח אדם קיים, לבין ההיצע הצפוי של בוגרים חדשים. בישראל רק 25% ממקבלי התואר הראשון הם בתחומי מדעי הטבע והטכנולוגיה. לשם השוואה, בדרום-קוריאה 40% מהבוגרים באים מתחומי מדעי הטבע והטכנולוגיה, וברוב מדינות המערב שיעור זה הוא כ-30%. המשך המגמה הנוכחית עלול לגרום לסגירת הפער הטכנולוגי החיובי הקיים בין ישראל למתחרותיה, ואף להביא להיפוכו.

ב. חלק נכבד מן המחקר הבסיסי באוניברסיטאות מבוצע על ידי תלמידים לתואר שלישי (דוקטורנטים) בהנחיית מדריכים מהסגל האקדמי הבכיר. בשנת 1990 למדו באוניברסיטאות כ-3,900 דוקטורנטים, ומספרם עלה עד לכ-9,800 בשנת 2005 – גידול ב-150%. באותה תקופה גדל מספר אנשי הסגל האקדמי הבכיר ב-14%, וההוצאה למחקר אקדמי במחירים ריאליים עלתה ב-13% בלבד. מכאן שהתקציב הממוצע הזמין למימון המחקר של הדוקטורנט הצטמצם מאוד, ובה במידה הצטמצם הזמן הממוצע שחבר סגל בכיר יכול להקדיש לכל אחד מהדוקטורנטים שבהנחייתו.

ג. רוב משאבי המו"פ במגזר העסקי בישראל מרוכזים בענפי התוכנה, האלקטרוניקה והתקשורת (ענפי ההיי-טק) ובחברות ההזנק (Start-ups) שרובן שייכות להיי-טק. קרוב ל-28,000 אקדמאים העוסקים במחקר ופיתוח והמהווים 92% מכלל החוקרים במגזר העסקי, מרוכזים בענפים שמשקלם מבחינת התעסוקה הוא 28%, בעוד שרק 8% מהחוקרים – כ-2400 – מועסקים ביתר ענפי התעשייה המעסיקים 72% מהעובדים במגזר, ומייצאים 52% מכלל הייצוא של המגזר.

אף שההוצאה הכוללת על מו"פ במגזר העסקי גבוהה למדי, הרי שרובה מתרכז בענפי ההיי-טק.

בישראל 88% מההוצאות למו"פ במגזר העסקי מתבצעות בענפי ההיי-טק שבהם ההוצאה הממוצעת על מו"פ למועסק ב-2004 הגיעה ל-125 אלף ש"ח. ביתר ענפי התעשייה ההוצאה הממוצעת על מו"פ למועסק הייתה כ-9,000 ש"ח. ריכוזיות ההוצאה למו"פ בישראל גבוהה בהרבה מזו של ארצות-הברית ובריטניה ואף עולה על זו של פינלנד, הנחשבת ליוצאת דופן מבחינת משקלו של ענף הטלקומוניקציה במשק הלאומי.

ריכוזיות זו של המו"פ העסקי מצביעה מצד אחד על רמת סיכון גבוהה של המשק הישראלי ("כל הביצים בסל אחד"), ומצד שני על פוטנציאל בלתי מנוצל של פיתוח המשק באמצעות השקעה במו"פ בענפי התעשייה האחרים, כאשר ידוע שהשקעה במו"פ מניבה תשואה גבוהה במיוחד ברמת המשק הלאומי.

ד. הצורך במימון ממשלתי למו"פ נובע משלוש סיבות עיקריות: (1) רוב התשואה מההשקעה במו"פ מתבטאת במשק הלאומי בכללותו, ולגורמים פרטיים לא משתלם להשקיע בשלבים הבסיסיים של המחקר; (2) לא קיים מנגנון שוק שיכול להסדיר את ההשקעות במו"פ הנוגע למוצרים ושירותים שעיקר הפעילות בהם כיום היא במשק הציבורי, כגון שירותי בריאות, חינוך, מים וכדומה; (3) ההשקעה במו"פ היא בחלקה הגדול השקעה לטווח ארוך והכדאיות שלה למשק הלאומי תלויה בתכנון אסטרטגי של ההשקעה, ובמיוחד של בניית התשתית האנושית, הפיסית והארגונית למו"פ.

ניתן לעמוד על גודל הפער הקיים בישראל בהיקף המימון הממשלתי למו"פ על ידי השוואה למדינות מפותחות אחרות. במדינות החברות בארגון OECD מממנות הממשלות במוצע 30% מההוצאה הלאומית למו"פ, ואילו בישראל הממשלה מממנת רק 14% מההוצאה הלאומית למו"פ.

חלקה של הממשלה במימון ההוצאה הלאומית למו"פ ירד בהדרגה מכ-30% באמצע שנות ה-90 עד ל-14% בשנת 2006. בשנים האחרונות הירידה מתבטאת גם במונחים מוחלטים: בשנת 2001 הסתכם המימון הממשלתי למו"פ ב-4.6 מיליארדי שקלים, והוא ירד ל-4.0 מיליארדי שקלים בשנת 2006.

שיעור המימון הממשלתי למו"פ במגזר האקדמי ירד בעשור האחרון מ-70% ל-50%, בהשוואה ל-80% - החציון במדינות OECD. שיעור המימון הממשלתי למו"פ העסקי ירד בתקופה האמורה מ-11% ל-5%.

3. מדיניות המו"פ הממשלתית בישראל

א. המעורבות הממשלתית במערכת המו"פ הלאומית כוללת בעיקר את הפעילויות הבאות:

- מימון מחקר בסיסי בלתי מכוון המתבטא בעיקר במימון רוב התקציב השוטף של האוניברסיטאות שחלקו מיועד למחקר, ובמימון רוב התקציב של הקרן הלאומית למדע.
- הקמה והפעלה של קרנות מחקר תחרותיות המיועדות לעודד מו"פ במגזרים ובתחומי פעולה נבחרים.
- הקמה והפעלה של מכוני מחקר בתחומים נבחרים (חקלאות, בריאות, תשתיות לאומיות, פיתוח אזורי, ועוד).
- סיוע לבניית תשתיות דרושות למו"פ (מתקנים וציוד מתקדמים).
- טיפוח כוח אדם מדעי וטכנולוגי בהתאם לצרכים נוכחיים וחזויים של המשק הלאומי.
- טיפוח קשרי מו"פ בין ישראל לבין מדינות אחרות והשתתפות בתוכניות מו"פ ובמתקני מחקר רב-לאומיים.
- תחיקה ותקינה בנושאים הקשורים למו"פ כגון פטנטים וזכויות הנוגעות לקניין רוחני, כללים לעריכת ניסויים בבני אדם ובבעלי חיים, ועוד.

ב. מערכת המו"פ הממשלתית מבוזרת ומספר רב של גופים מעורבים בקביעת מדיניות המו"פ. להלן הגופים העיקריים הקשורים למו"פ הממשלתי:

- כל משרד ממשלתי מטפל במו"פ שבתחום פעולתו. במשרדים שיש להם זיקה למו"פ, קיימת בדרך כלל הפונקציה של מדען ראשי, שתפקידו לייצג לשר וליחידות המשרד בנושאים הקשורים למדע, טכנולוגיה ומו"פ, לסייע בקביעת מדיניות המו"פ של המשרד ולנהל או להנחות את יחידות המשרד העוסקות בביצוע מו"פ, או בהזמנת מו"פ או בעידוד מו"פ המתבצע ע"י גורמים חיצוניים בתחומים שהמשרד מעוניין לקדם. המדען הראשי של משרד התמ"ת פועל במסגרת החוק לעידוד המו"פ בתעשייה ועומד לרשותו רוב התקציב הממשלתי הייעודי לעידוד מו"פ. שר המדע מרכז את פורום המדענים הראשיים של משרדי הממשלה. בכמה ממשרדי הממשלה קיים מינהל מחקר ומכוני מחקר הפועלים במסגרתו. מכוני מחקר ממשלתיים פועלים בתחומים שונים (חקלאות, תשתיות, בריאות, מו"פ אזורי ועוד).
- הוועדה לתכנון ולתקצוב שליד המועצה להשכלה גבוהה ממונה על הקצאת התקציב הממשלתי למוסדות להשכלה גבוהה. ההקצבה המיועדת לתקציב השוטף של האוניברסיטאות כוללת מרכיב מחקר שמשקלו בהקצבה זו מגיע עד כ-45%. בנוסף לכך מממנת ות"ת חלק גדול מתקציב הקרן הלאומית למדע – תקציב שברובו הגדול חוזר לאוניברסיטאות כמענקי מחקר. הקצבות נוספות של ות"ת מיועדות למימון ציוד מחקרי והשתתפויות של ישראל בפרויקטים מחקריים בינלאומיים.
- קרנות מחקר לאומיות ודו-לאומיות: הקרן הלאומית למדע, קרן ישראל-גרמניה (GIF), הקרן הדו-לאומית ישראל ארה"ב (BSF), הקרן הדו-לאומית ישראל-ארה"ב למחקר תעשייתי (BIRD), הקרן הדו-לאומית ישראל-ארה"ב למחקר חקלאי (BARD) ועוד.
- תל"מ – (תשתיות לאומיות למדע) הינו גוף וולונטרי שבו משתתפים מספר משרדי ממשלה, העוסק באיגום משאבים מתוך התקציבים של אותם משרדים לצורך מימון הקמת תשתיות למחקר בתחומים חדשניים (כגון ננו-טכנולוגיה) לרבות השתתפות בתשתיות מחקר בינלאומיות (כגון מתקן הסינכרוטרון האירופי - ESRF).
- האקדמיה הלאומית הישראלית למדעים מרכזת בתוכה חברים מטובי אישי המדע בישראל. מבין תפקידיה, לטפח ולקדם פעילות מדעית ולייעץ לממשלה בפעולות הנוגעות למחקר ולתכנון מדעי בעלי חשיבות לאומית. האקדמיה עורכת בדיקות של שטחי מדע ומקיימת כנסים ימי עיון בנושאים הקשורים למחקר ולהשכלה גבוהה בישראל. האקדמיה הקימה את הקרן הלאומית למדע והפעילה אותה במשך תקופה ארוכה. כמו כן יזמה את הקמת תל"מ והשתתפה בגיבוש הצעת חוק המועצה הלאומית למחקר ולפיתוח.

- המועצה הלאומית למחקר ולפיתוח אזרחי הוקמה לפי חוק שנחקק בשנת 2002, "כדי לייעץ לממשלה בגיבוש מדיניות לשם ניצול המאגר המדעי והטכנולוגי האזרחי של מדינת ישראל ולפיתוחו" (כלשון החוק). נושאי הייעוץ כוללים, בין היתר תכנון, ארגון והסדרה של המו"פ האזרחי, עיצוב ותיאום מדיניות לאומית כוללת בתחום המו"פ, תקצוב המו"פ וקביעת עדיפויות בנדון. המועצה נדרשת לייעץ לממשלה, לוועדת השרים לענייני מדע וטכנולוגיה, למדענים הראשיים במשרדי הממשלה ולגופים אחרים. המועצה נמצאת בתהליך של הקמת מערך נתונים לאומי למו"פ, ומטפלת בסוגיות של מדיניות מו"פ לאומית, טיפוח כוח אדם מחקרי, עידוד החזרת מדענים ישראלים מחו"ל, בדיקת מערכת המחקר הממשלתית ומערכת המחקר הרפואי, תיאום קשרי החוץ המדעיים של ממשלת ישראל וכיו"ב. המועצה הקימה וועדות לאומיות בתחומי המו"פ השונים לצורך גיבוש מדיניות מו"פ כוללת לטווח הארוך. בוועדות אלה משתפת המועצה אנשי מחקר, מנהלים וקובעי מדיניות בתחום המו"פ מהממשלה, מהאקדמיה ומהמגזר העסקי. המלצות המועצה אמורות לסייע לממשלה בגיבוש אסטרטגיה כוללת להשקעה במו"פ אזרחי לרבות תשתיות מחקר, מחקר בסיסי ומחקר יישומי.