



המדיניות הלאומית במדע ובטכנולוגיה של מדינת ישראל

פרופ' זאב תדמור

אוניברסיטאות מחקר ומערכת ההשכלה הגבוהה

10



אודות מוסד שמואל נאמן

מוסד שמואל נאמן שהוקם בטכניון בשנת 1978 ביוזמת מר שמואל (ס) נאמן הוא מכון למחקרי מדיניות לאומית במגוון רחב של נושאים בתחום הפיתוח הכלכלי, חברתי ומדעי-טכנולוגי של מדינת ישראל. פעילות המחקר בתחום המדיניות הלאומית מתרכזת בתשתיות הפיזיות, המדעיות-טכנולוגיות, תעשייתיות ותשתיות ההון האנושי הקובעות את חוסנה הלאומי של מדינת ישראל. במוסד מבוצעים מחקרי מדיניות וסקירות, שמסקנותיהם והמלצותיהם משמשים את מקבלי ההחלטות במשק על רבדיו השונים. מחקרי המדיניות נעשים בידי צוותים נבחרים מהאקדמיה, מהטכניון ומוסדות אחרים ומהתעשייה. לצוותים נבחרים האנשים המתאימים, בעלי כישורים והישגים מוכרים במקצועם. במקרים רבים העבודה נעשית תוך שיתוף פעולה עם משרדים ממשלתיים ובמקרים אחרים היוזמה באה ממוסד שמואל נאמן וללא שיתוף ישיר של משרד ממשלתי. בנושאי התוויית מדיניות לאומית שעניינה מדע, טכנולוגיה והשכלה גבוהה נחשב מוסד שמואל נאמן כמוסד למחקרי מדיניות המוביל בישראל.

עד כה ביצע מוסד שמואל נאמן מאות מחקרי מדיניות וסקירות המשמשים מקבלי החלטות ואנשי מקצוע במשק ובממשל. סקירת הפרויקטים השונים שבוצעו במוסד מוצגים באתר האינטרנט של המוסד. בנוסף מוסד שמואל נאמן מסייע בפרויקטים לאומיים דוגמת המאגדים של משרד התמ"ס - מגנ"ט בתחומים: ננוטכנולוגיות, תקשורת, אופטיקה ותקשורת, כימיה, אנרגיה, איכות סביבה ופרויקטים בעלי חשיבות חברתית לאומית. מוסד שמואל נאמן מארגן גם ימי עיון מקיפים בתחומי העניין אותם הוא מוביל.

יו"ר מוסד שמואל נאמן הוא פרופ' זאב תדמור וכמנכ"ל מכהן פרופ' משה משה. המוסד פועל במסגרת תקציב של הקרן שהותיר שמואל נאמן להטמעת החזון לקידומה המדעי-טכנולוגי, כלכלי וחברתי של מדינת ישראל.

כתובת המוסד: מוסד שמואל נאמן, קרית הטכניון, חיפה 32000

טלפון: 04-8232329, פקס: 04-8231889

כתובת דוא"ל: info@neaman.org.il, כתובת אתר האינטרנט: www.neaman.org.il

המדיניות הלאומית במדע ובטכנולוגיה של מדינת ישראל*

זאב תדמור

יו"ר מוסד שמואל נאמן למחקר מדיניות לאומית
הטכניון - מכון טכנולוגי לישראל
מרס 2011

* מבוסס על הרצאה בכנס "המחקר המדעי לאן?", במסגרת הכנס "ימי קציר", לזכרו של פרופסור אפרים קציר, שנערך במכון ויצמן בתאריך 8.6.2010. תודות לפרופסורים יהושע יורטנר, יעקוב זיו ואלכס קינן שקראו את הטייטה על הערותיהם הרבות והחשובות. תיאור מפורט על ההיסטוריה של המדע הישראלי ושל גיבוש המוסדות שמובילים אותה, ניתן למצוא בספר, Science and Israel's Future ע"י אלכס קינן, האקדמיה הישראלית הלאומית למדעים ומכון ירושלים לחקר ישראל 1988.

תקציר מנהלים

מדינת ישראל אמצה מדיניות מדע וטכנולוגיה מבוזרת המכילה מרכיבים רבים. היא איננה מבוססת על מסמך מדיניות כלשהו, או תוכנית אב מוכתבת מראש, אלא התפתחה בהדרגה, במהלך עשרות שנים, בזמנים שונים וע"י אנשים שונים, במסדרונות הממשל והכנסת, באוניברסיטאות ובתעשייה, שלבסוף התגבשה למערכת מורכבת, שבאמצעותה מתבצע המחקר המדעי, הטכנולוגי, המו"פ התעשייתי, וכן הכשרת כוח האדם ההנדסי ומדעי על סוגיו. בניית המרכיבים השונים של מדיניות המדע היא תהליך דינמי, אינטראקטיבי, כאשר היוזמה לפעמים באה מהשטח ולפעמים מלמעלה.

לצד אלה יש את החלטות השוטפות של הממשלה הקובעות את היקף המימון של הפעילות המדעית, הפעילות הטכנולוגית והמו"פ של מדינת ישראל. מדיניות זאת, שהובילה להישגי המחקר המדעי הבסיסי, היישומי והמו"פ יוצאי הדופן של ישראל, תרמה תרומה מכרעת לחברה, לכלכלה, ולביטחון של מדינת ישראל.

מאמר זה סוקר את מרכיבי מדיניות המדע וטכנולוגיה של ישראל, מידת הצלחתה, שיקולי מדיניות מימון, וחותרם במספר הערות לגבי העתיד.

מבוא

המטרות העיקריות של כל מדיניות לאומית במדע וטכנולוגיה הן¹: "קידום המדע והטכנולוגיה כמשאב לאומי; יישום המדע לקידום כלכלי וביטחוני; ושילוב השיטה המדעית והידע המדעי-טכנולוגי בתהליך עיצוב מדיניות ממשלתית".

מדינת ישראל אימצה מדיניות מדע וטכנולוגיה מבוזרת² המכילה מרכיבים רבים. היא איננה מבוססת על מסמך מדיניות כתוב כלשהו, או תוכנית אב מוכתבת מראש, אלא התפתחה בהדרגה, במהלך עשרות שנים, בזמנים שונים וע"י אנשים שונים, במסדרונות הממשל והכנסת, באוניברסיטאות ובתעשייה, שלבסוף התגבשה 'למערכת' אחת מורכבת, שבאמצעותה מתבצע המחקר המדעי, הטכנולוגי, המו"פ התעשייתי, וכן הכשרת כוח האדם ההנדסי ומדעי על סוגיו. בניית המרכיבים השונים של מדיניות המדע היא תהליך דינמי, אינטראקטיבי, כאשר היוזמה לפעמים באה מהשטח ולפעמים מלמעלה.

אפשר לדמות זאת לבניית 'מכונה' משוכללת מאוזנת וגמישה לביצוע המחקר והפיתוח של המדע והטכנולוגיה הישראלית והכשרת כוח אדם מדעי וטכנולוגי. בניית המרכיב הזה של מדיניות המדע

¹ אלכס קינן, "משמעות של מדיניות למדע וטכנולוגיה", דו"ח דו-שנתי תשכ"ג – ד (1963-64) עמוד 114, המועצה הלאומית למחקר ופיתוח, משרד ראש הממשלה.

² הדומה לזאת בארה"ב בניגוד לזאת שמקובלת באירופה שם המדיניות מכוונת באופן מרכזי ע"י גורמים ממשלתיים.

וטכנולוגיה הוא תהליך דינמי, ואינטראקטיבי, תהליך שמכיל בתוכו לעתים את כורח המציאות והשעה כמו במקרה של המחקר הביטחוני, ולעתים צרכים חברתיים וציבוריים.

לצד אלה יש את החלטות השוטפות של הממשלה הקובעות את היקף המימון של הפעילות המדעית, הפעילות הטכנולוגית והמו"פ של מדינת ישראל. בדימוי לעולם המחשבים, המרכיב הקודם הוא "החומרה" והאחרון "התוכנה". או אם את הקודם נדמה 'למכונה' הרי שהאחרון הוא האנרגיה שמניע אותה. ועל כן הוא כולל לרוב מאבק מול אינטרסים ציבוריים ופוליטיים לגיטימיים אחרים, וכמובן מלווה בפשרות מול הממשל³. מדיניות זאת, שהובילה להישגי המחקר המדעי הבסיסי, היישומי והמו"פ יוצאי הדופן של ישראל, תרמה תרומה מכרעת לחברה, לכלכלה, ולביטחון של מדינת ישראל.

בהמשך נסקור, ראשית, בצורה תמציתית את המרכיבים העיקריים של מדיניות המדע הישראלי, ואחר כך ננתח את מידת ההצלחה של המדיניות; נעסוק בשיקולי מדיניות מימון במישור הלאומי ונסיים בכמה סימני אזהרה לעתיד.

המרכיבים המרכזיים של מדיניות המדע הישראלי

אוניברסיטאות המחקר

האוניברסיטה העברית הוקמה ב-1925 באופן מודע כאוניברסיטת מחקר, שבה מעניקים תארי דוקטור ושבה, לצד ההוראה, מתקיים מחקר בסיסי. חיים ויצמן ואלברט איינשטיין מילאו תפקיד מרכזי במהלך זה: ויצמן בהחלטת הקונגרס הציוני להקים אוניברסיטה, ואיינשטיין כדי להבטיח שזאת תהיה אוניברסיטה מחקרית. הטכניון הוקם שנה לפני כן כבית ספר להכשרת מהנדסים ורק מאוחר יותר הפך לאוניברסיטה מחקרית-מדעית-טכנולוגית. מכון זיו (לאחר מכן מכון ויצמן) הוקם ב-1934 כמכון למחקר בסיסי ויישומי. האוניברסיטה העברית היוותה את הדגם המנחה לשאר אוניברסיטאות המחקר שהוקמו במשך השנים. לא הייתה תכנית אב להקמת מערכת מסועפת של אוניברסיטאות מחקר, אבל זה מה שקרה. כולן קמו בזמנים שונים וכתוצאה מיוזמות שונות, אך כל היוזמות הללו מתחברות למרכיב חשוב של מדיניות המדע של ישראל, המתבטאת בכך שלמעשה כמעט כל המחקר המדעי הבסיסי נעשה באוניברסיטאות המחקר, ולא כפי שמקובל במספר ארצות במכוני מחקר לאומיים כדוגמת CNRS בצרפת, מכוני Max Planck בגרמניה, והאקדמיות הלאומיות ברוסיה וסין וכו'.

³ באשר להיקף המימון שהמדינה מעמידה לרשות המערכת, יש לזכור שאנחנו חיים (ולא רק בארץ) בתקופה שבה עלות המחקר והמו"פ המדעי והטכנולוגי גדלה והולכת. לעתים מדובר במתקני תשתית, שהיקפם ועלותם מחייבים שיתוף בינלאומי בהקמתם ובתפעולם, ודרישה למחויבויות ארוכות טווח. השקעות אלה מגיעות לממדים כאלה, עד שעליהן להתחרות בצרכים לאומיים לגיטימיים אחרים, זוהי כבר התמודדות פוליטית. למעט תקופת בן גוריון, המדענים מצאו עצמם די מנותקים ממקבלי החלטות, וקולם לא נשמע במידה הראויה. כך יוצא שלמרות חשיבותו המכרעת לכלכלת ישראל לביטחונה, הוא לרוב נמצא בעמדת חולשה במשחק הפוליטי.

משמעות החלטה זאת היא שהמחקר הבסיסי נעשה ע"י סטודנטים צעירים ומוכשרים לתארים גבוהים, הנמצאים בשיא כוחם האינטלקטואלי. סטודנטים אלה השוהים באוניברסיטה פרקי זמן קצובים כשאחריהם באים בעקבותיהם, מונחים ע"י סגל אקדמי העוסק גם בהוראה, וכך נשמרת החדשנות והרעננות של המערכת ולא נוצרים קיבעון ועייפות.

החלטה נוספת שהתקבלה באוניברסיטאות היא לבנות אותן על פי דגם אוניברסיטת המחקר האמריקנית⁴ (ולא האירופאית), בו כל חברי הסגל האקדמי יכולים להתקדם על פי יכולתם עד דרגת פרופסור מן המניין, מובטח להם חופש אקדמי על פי חוק המועצה להשכלה גבוהה (ראה להלן), הם אינם עושי דברם של ראשי "קתדרות" וכך הם יכולים לבנות תכניות מחקר עצמאיות על פי רצונם. כמו כן, קידום וקביעות הסגל מותנים בהמלצות של עמיתים מובילים בשטח מחוץ למוסד (בעיקר בחו"ל). דגם זה מבדל ומייחד את האוניברסיטאות מן המערכת הציבורית הישראלית, שהקידום בה נעשה לאו דווקא על פי הישגים, אלא על פי ותק ושיקולים אחרים.

בנוסף הונהג באוניברסיטאות בארץ מוסד השבתון המחייב כל חבר סגל לעזוב בכל שנה שביעית את האוניברסיטה ולנסוע לאוניברסיטה אחרת (לרוב בארה"ב); וכמו כן, מעניקה האוניברסיטה לחברי הסגל קרן השתלמות להשתתפות בכנסים בינלאומיים. שני דברים אלה מנעו זה עשרות שנים, עד היום הזה, את הפרובינציאליזציה של המדע הישראלי.

כל אלה הם גורמים מדרבנים לחדשנות, למקוריות ולעבודה קשה.

המועצה המדעית (בהמשך מולמו"פ)

שמואל סמבורסקי, שהיה מזכיר המועצה למחקר מדעי ותעשייתי של ממשלת המנדט הבריטי בשנים 1945-1948, פנה עם הקמת המדינה לראש הממשלה דאז, דוד בן גוריון, והציע לו להקים "מועצה מדעית" דומה לזו של תקופת המנדט. בינואר 1949 הורה דוד בן גוריון להקים את "המועצה המדעית לישראל" וביקש מסמבורסקי לעמוד בראשה. בשנת 1959 הפכה המועצה, בראשות ישראל דוסטרובסקי, למועצה הלאומית למחקר ופיתוח (מולמו"פ) הראשון. הוא ביחד עם טדי קולק החליטו שהמועצה תתרכז בייעוץ לממשלה.

המועצה נועדה להיות "גוף מייעץ לממשלה בענייני המחקר המדעי לפיתוח אוצרות הארץ, לקידום החקלאות והתעשייה ולשיפור בריאות העם". למועצה התמנו אנשי מדע ונציגים של מוסדות מדע בארץ, והחלטותיה היו טעונות אישור של משרד ראש הממשלה. בן גוריון עמד על כך שיו"ר המועצה יהיה ראש הממשלה, וששר החינוך והתרבות יכהן כסגנו. הייתה זו דוגמה מוחשית לחשיבות הרבה

⁴ האוניברסיטה העברית וגם הטכניון החלו דרכם במודל האירופי אך עברו למודל האמריקני

שייחסה הממשלה כולה, באותו זמן, לפעילות המדעית, ובייחוד לאמונתו של בן גוריון בכוחו של המדע לסייע בפיתוחה של המדינה הצעירה ובביסוסה.

בסופו של דבר, המועצה, בראשות פרופסור אלכס קינן, השפיעה עמוקות על מדיניות המדע בשני אופנים: הראשון, על ידי הקמת שורה ארוכה של מכוני מחקר ייעודיים ומעבדות לאומיות, שהביאו ל"מידוע" - כלומר החדרת מדע לתעשייה ולמערכת המחקר הממשלתית; והשני, על ידי הקמת "ועדת קצ'לסקי" בראשות פרופסור אפרים קצ'לסקי (קציר), שהמליצה על מינוי מדענים ראשיים במשרדי הממשלה, שהיו לה השלכות ארוכות טווח כפי שיוסבר להלן.

מחקר ביטחוני

במהלך השנים הוקמו מספר מכוני מחקר ביטחוניים, ביניהם הראשות לפיתוח אמצעי לחימה (רפא"ל). אין זה המקום לפרט את מדיניות המחקר הביטחוני, כי מסמך זה עוסק רק במדיניות מדע אזרחי, אבל חשוב לציין שני דברים: ראשית, הקמת מערך מו"פ ביטחוני היה הכרח המציאות, כי לא ניתן היה לרכוש את הטכנולוגיות הצבאיות שהיו חיוניות לביטחון ישראל מחו"ל; שנית, מכונים אלה הצליחו למשוך אליהם כוח אדם מדעי מעולה, שעבד בקשר סימביוטי פורה עם המדענים באוניברסיטאות, ובכך קידמו גם את המחקר הביטחוני וגם את האזרחי. לאורך השנים היה מעבר של מדענים ממערכת הביטחון לאוניברסיטאות, ובסוף שנות ה-80 וה-90, כאשר החל צמצום של המחקר הביטחוני, ותעשייה עתירת ידע החלה לפרוח, החל מעבר של חוקרים לשוק הפרטי - דבר שקידם מאוד את תעשיית ההיי טק.

המועצה להשכלה גבוהה

חוק המועצה להשכלה גבוהה שאומץ (אחרי דיונים ממושכים של מספר שנים) ע"י הכנסת בשנת 1958, העניק אוטונומיה נרחבת לאוניברסיטאות⁵. מרתק לקרוא את הדיונים דאז, שהיו ברמה גבוהה, כאשר נציגי מפלגות הפרוגרסיבים והציונים הכלליים (שושנה פרסיץ ופרץ ברנשטיין) עמדו על החשיבות של חופש אקדמי⁶ לקידום מחקר מדעי ברמה גבוהה, ושעל מנת להבטיח אותו חייבים

⁵ על פי סעיף 15 האוניברסיטאות רשאיות לנהל את ענייניהן האקדמיים ואדמיניסטרטיביים כראות עיניהן במסגרת התקציב המאושר.

⁶ על פי העקרונות שגובשו ע"י ארגון הפרופסורים בארה"ב ב-7.1.1940, משמעות חופש אקדמי אישי היא העניקה של חופש מלא לחברי הסגל במחקר ובפרסום תוצאות מחקריהם, זאת, בכפוף למילוי שאר תפקידיהם באוניברסיטה; יש להם חופש לדון בכיתה בנושא הלימוד, אבל הם צריכים להיזהר שלא להכניס לתוך זה נושאים קונטרברסליים שאינם שייכים לחומר הנלמד. מרצים באוניברסיטאות ובמכללות הם אזרחים חופשיים, אבל כאשר הם מבטאים את דעותיהם הם צריכים לקחת בחשבון שהם שייכים למקצוע האקדמי ויש להם השתייכות למוסד שלהם, ועל כן הם חייבים לקחת בחשבון שדעותיהם משליכות גם על המוסד שלהם ועל הפרופסיונאליות שלהם. על כן הם חייבים לנהוג במשנה זהירות, להיות מדויקים, להציג גם דעות אחרות ולהדגיש שאינם מדברים בשם המוסד שאליו הם שייכים.

להעניק אוטונומיה⁷ מוסדית לאוניברסיטאות. נציגי מפלגת השלטון דאז, מפא"י, התנגדו לרעיונות אלה. לדידם היה זה מובן מאליו שהאוניברסיטאות צריכות לעמוד לרשות הממשלה ולבצע את אשר היא תטיל עליהן למען קידום בניית המדינה. אבל המתנגדים ניצחו. בן ציון דינור, שר החינוך, קיבל לבסוף את עמדת האופוזיציה, ומל"ג הוקמה במבנה הנוכחי. במקור היא הייתה אמורה להיות מורכבת מפרופסורים בעלי מעמד רם בקהילה האקדמית העולמית, ומנציגי צבור. הכוונה הייתה שמל"ג תהיה סמכות אקדמית ללא עוררין. אבל בכוונה הזאת הייתה שחיקה לאורך השנים, בעיקר בעשרים השנה האחרונות, ובעיקר מאז הקמת המכללות. מל"ג הפכה להיות גוף יותר פוליטי, כאשר חברי המל"ג מיצגים לפעמים אינטרסים סקטוריאליים.

מל"ג במהלך השנים מילאה תפקיד מרכזי בעיצוב מערכת ההשכלה הגבוהה בישראל שכוללת אוניברסיטאות, ומוסדות אחרים להשכלה גבוהה.

האקדמיה הלאומית הישראלית למדעים

האקדמיה קמה ביוזמתו של דוד בן גוריון, שכינס את המדענים הבכירים לדון בנושא. כמעט כולם הביעו הסתייגות מהרעיון, בטענה שהקמת אקדמיה למדעים במדינה מוקדמת מדי, למעט פרופסור אהרון קצ'לסקי שתמך ברעיון. בן גוריון סיכם את הדיון בהחלטה להקים את האקדמיה והוא גם נהג להשתתף בישיבותיה.

חוק האקדמיה חוקק ע"י הכנסת בתשכ"א-1961 וכך הוא מפרט את מטרותיה ותפקידיה: (א) לרכז בתוכה כחברים את הטובים שבאישי המדע תושבי ישראל; (ב) לטפח ולקדם פעילות מדעית; (ג) לייעץ לממשלה בפעולות הנוגעות למחקר ולתכנון מדעי, בעלי חשיבות לאומית; (ד) לקיים מגע עם גופים מקבילים בחוץ לארץ; (ה) לפעול בייצוג המדע הישראלי במוסדות ובכינוסים בינלאומיים, מתוך תיאום עם מוסדות המדינה; (ו) לפרסם כתבים שיש בהם כדי לקדם את המדע; (ז) לעסוק בכל פעילות שיש בה כדי לשמש את המטרות האמורות.

מינוי מדענים ראשיים למשרדי ממשלה (1969)

בהמלצת "ועדת קצ'לסקי" בשנת 1969 (שהוזכרה לעיל ושרוכזה ע"י פרופסור אלכס קינן), מונו מדענים ראשיים למשרדי הממשלה וכך "חדר" המדע לכל משרדי הממשלה. אבל, מה שנתן לזה משמעות אופרטיבית נרחבת הוא תקצובם של סכומים נכבדים למדען הראשי של משרד התמ"ת, על

⁷ לעתים קרובות מושג אוטונומיה מוסדית נקראת גם "חופש אקדמי מוסדי". בית המשפט העליון של ארה"ב הגדיר זאת כזכות האוניברסיטה להחליט: מי ילמד; מה ילמד; איך ילמדו, ומי יתקבל ללמוד.

ידי האוצר, לקידום המו"פ התעשייתי (למשל באמצעות תכנית מגנ"ט, ראה להלן). עד היום כאשר מדברים על "המדען הראשי" הכוונה למדען הראשי של תמ"ת.

הגדרת תפקיד וסמכויות המדען הראשי של משרד התמ"ת

בתקופת כהונתו של פרופסור אפרים קציר כנשיא המדינה (1973-1978) הוקם בבית הנשיא "פורום למדיניות מדע" בריכוזו של פרופסור אלכס קינן. בפורום השתתפו 12 אנשי מדע, תעשייה ומו"פ בטחוני, אשר, בין סוגיות אחרות, הגדירה תפקידים, סמכויות ומסגרות פעולה של המדען הראשי של משרד התעשייה, וכן שינויים במסגרת מו"פ בטחוני ויזמה את הקמת מפא"ת.

הוועדה לתכנון ותקצוב

על מנת להסדיר את מימון האוניברסיטאות על ידי הממשלה, הקים המל"ג את "ועדת רחל שלון" (1971-2), שמונתה ע"י שר החינוך דאז יגאל אלון, ושייבה על המדוכה כשנה ובדקה לעומק את נושא מימון האוניברסיטאות. המודל של ה- Grants Committee באנגליה (שאלון התרשם ממנו מאוד) היה המודל המנחה, והוועדה המליצה ברוח דומה להקים את "הוועדה לתכנון ותקצוב" (ות"ת) כתת וועדה של המל"ג. תפקיד ות"ת היה לנהל משא ומתן עם האוצר על כלל המימון לאוניברסיטאות ולחלק אותו על פי קריטריונים שהיא קבעה. הוועדה הוקמה ב 1974 ועוגנה בהחלטת ממשלה 666 משנת 1977. לקח זמן ניכר בין ההקמה והחלטת הממשלה, כי הייתה רתיעה להעביר סמכויות מימון כה נרחבות לגוף חוץ ממשלתי.

לות"ת משנה חשיבות במערכת הפוליטית הישראלית, כי היא מהווה עד היום גוף חוצץ בין האוניברסיטאות והממשלה, ומונעת על כן, פוליטיזציה של המערכת. יחד עם זה חשוב לזכור שתפקודה תלוי באיכות הנהגתה, במידת עצמאותה ובבניית יחסי אמון עם משרד האוצר.

קרנות מחקר

לא הייתה החלטה ממשלתית מודעת שיש לבזר את מקורות המימון למחקר מדעי (אם כי מדענים בולטים תמכו עקרונית ברעיון הזה), אבל החלטות אוטונומיות של המערכת והסכמים בינלאומיים לשיתוף פעולה הביאו לכך. מערכת המימון של מחקר בסיסי כוללת את הקרן הלאומית למדע; הקרן

הדו-לאומית ארה"ב-ישראל⁸ (BSF); הקרן הדו-לאומית גרמניה-ישראל (GIF); BARD; BIRD; משרד המדע, תכניות מחקר כלל אירופיות ועוד מקורות נוספים. הקרן הלאומית למדע, שהיום מהווה את המקור העיקרי למימון מחקר בסיסי תחרותי, החלה עם גיוס משאבים בארה"ב מקרן רבסון וקרן דורות ע"י פרופסור אלכס קינן. ביוזמת נשיא האקדמיה (פרופסור יהושע יורטנר), בתיאום עם ראש ות"ת (פרופסור יעקב זיו), הפכה לקרן המרכזית לקידום מחקר בסיסי בישראל. הרוב המכריע של משאבי הקרן נלקחים מהקצבות הממשלה למערכת ההשכלה הגבוהה באמצעות ות"ת, וזאת על דעתם של ראשי המערכת. יש כאן דוגמה יפה של התנהלות אוטונומית ואחראית של המערכת האוניברסיטאית בתיאום ובהסכמה.

גוף בינלאומי נוסף שהוקם לקידום שיתוף פעולה במחקר ופיתוח מדעי וטכנולוגי בין ארה"ב וישראל הוא "נציבות ארה"ב-ישראל למדע וטכנולוגיה". הנציבות הוקמה בשנת 1993 ע"י הנשיא קלינטון ורוה"ם רבין.

משרד המדע

אחרי דיונים לאורך 10 שנים הוקם משרד המדע ב-1982. הקמתו לא נבעה מהצורך להוסיף מרכיב למדיניות המדעית, אלא מצרכים פוליטיים קואליציוניים. אמנם, ועדת יפתח (1984), אשר סקרה את מצב המדע בארץ, הצביעה על חשיבות המחקר הבסיסי והציעה להעביר את האחריות על המחקר הבסיסי לידי שר המדע, תוך הגדלת היקף מימון המחקר, אבל המלצות אלה לא בוצעו לבסוף.

משרד המדע היה שנים רבות לצנינים בעיני האוצר, שראה בו גוף מיותר וצינור צדדי נוסף למימון מחקר, בנוסף לצינור העיקרי, ות"ת. ההתייחסות של הממשלה למשרד המדע משתקף בהיסטוריה שלו: תחילה זה נקרא "משרד המדע", בהמשך "משרד המדע והספורט", אחר כך "משרד המדע, הספורט והתרבות"; בשנת 2009 הוחלט על פיצול המשרד לשני משרדים נפרדים – "משרד המדע והטכנולוגיה" ו"משרד התרבות והספורט": תחומי האחריות של משרד המדע והטכנולוגיה הם: קידום תשתיות המדע והטכנולוגיה בישראל, קשרי מדע וקהילה, מו"פ בפריפריה, קשרי מדע בינלאומיים, תיאום המו"פ הממשלתי באמצעות פורום מדענים ראשיים של משרדי הממשלה והאחריות על סוכנות החלל הישראלית; אחריות על המולמו"פ החדשה, ולאחרונה גם אחריות על השירות האזרחי.

מכללות

מל"ג הקימה בשנת 1971 את ועדת שניאור ליפסון, אשר המליצה שלוש המלצות: הקמה הדרגתית של מכללות ע"י הכרה במוסדות פוסט תיכוניים; הקמת אוניברסיטה פתוחה; והקמת מרכז ללימודים פוסט תיכוניים ליד מל"ג. האוניברסיטה הפתוחה הוקמה ופתחה שעריה בשנת 1976, והסמינרים

⁸ הקמת ה BSF היא פרי יוזמת דר' אברהם (Abe) הרמן שהציע לארה"ב להשקיע את חובותיה של ממשלת ישראל לארה"ב, ביחד עם matching ישראלי, בקרן למימון שיתוף פעולה מדעי בין מדענים ישראלים ואמריקאיים.

למורים עברו אקדמיזציה והפכו למכללות. מכללות ללימודי משפטים ואחרים הוקמו בזמנו של פרופסור אמנון רובינשטיין כשר חינוך, אבל, מערך הגדול של המכללות הוקם רק בשנות התשעים, שנות העלייה הגדולה מארצות חבר העמים, ביוזמת יו"ר ות"ת דאז, פרופסור אמנון פזי. בהקשר למדיניות מדע, המכללות עוסקות בהכשרת כוח אדם הנדסי, וכן במחקר מדעי-טכנולוגי, שהוא יישומי לרוב. בנוסף למכללות הציבוריות השונות, הוקמו גם מכללות פרטיות חוץ תקציביות שמתפתחות בתנופה רבה. אולם, למעט מדעי המחשב, הן עוסקות בעיקר במדעי החברה, הרוח, ומנהל עסקים.

מבחינת מדיניות מדע, כשני עשורים היו נחוצים לגבש את מערך האוניברסיטאות ומערכות הבקרה שלהן (מל"ג, ות"ת), ואכן, כאמור למעלה, הן מהוות נדבך מרכזי למערך המחקר המדעי. המערכת הנוכחית, המורכבת הרבה יותר, כוללת אוניברסיטאות ומכללות – ציבוריות ופרטיות – וכמו כן מוסדות אחרים להשכלה גבוהה, שלא מעניקים תואר אקדמי. כל אלה טרם גובשו למערך מסודר, והמכלול הזה נמצא בהתהוות. זה אלמנט חשוב של מדיניות מדע שטרם הושלם, שנמצא בדיון ובמחלוקת.

קֶרֶן הוֹן סִיכּוֹן "יוֹזְמָה"

בסוף שנות השמונים ותחילת שנות התשעים החלה הצמיחה המהירה של תעשיית ההיי טק הישראלית. אחד הגורמים המזרזים להתפתחות זאת היה הקמת קרן הון סיכון "יוזמה" ב-1992 ע"י הממשלה. בעקבות זה התפתחה במהירות "תעשיית" קרנות הון סיכון עם מימון, בעיקר מארה"ב, ואף "יוזמה" עצמה הופרטה. הקמת "יוזמה" היא דוגמה טובה ליוזמה ממשלתית ברוכה, שאיתרה בעיה בקידום טכנולוגיה באמצעות תעשיית ההיי טק, והביאה לפתרונה.

מו"פ גנרי טכנולוגי (מגנ"ט)

כאמור לעיל, כאשר מונו מדענים ראשיים למשרדי הממשלה, זכה המדען הראשי של התמ"ת למשאבים ניכרים לקידום המו"פ התעשייתי. אחד הכלים החשובים שפותחו להשגת המטרה הוא תכנית מגנ"ט שהוקמה ב-1994. זאת תכנית לקידום מו"פ גנרי טרום-תחרותי, באמצעות תאגיד (קונסורציום) של מספר חברות בתעשייה בעלות עניין בנושא, וסגל אקדמי מהאוניברסיטאות והמכללות, כאשר מירב המימון בא מהמדען הראשי. זהו שיתוף פורה מאוד בין תעשייה ואקדמיה. המודל פותח בלשכת המדען הראשי, בשותפות עם מוסד ש. נאמן הטכניון, שניהל תחילה את התאגידים, ובהמשך ועד היום הזה מנהל מאגרי מידע של תכניות מגנ"ט. בשנת 2000 הורחבה הפעילות למסלול נוסף, ה"מגנטון", שנועד לעידוד ולסיוע בהעברת טכנולוגיה מהאקדמיה לתעשייה; ו"נופר", שנועד למיצוי הפוטנציאל היישומי של המחקר האקדמי בשלבים המוקדמים שלו.

תל"ם

בשנת 1997 הוקמה וועדה לאיגום משאבים לאומיים למדע תל"ם (תשתיות לאומיות למדע). תל"ם הוא כגוף וולונטרי שהוקם ביוזמת נשיא האקדמיה הלאומית למדעים, פרופסור יעקב זיו. בפורום שותפים: נשיא האקדמיה, יו"ר ות"ת, המדען הראשי במשרד התמ"ת, מנכ"ל משרד המדע, ראש מפא"ת, וסגן ראש אגף התקציבים במשרד האוצר. מטרת הפורום הן לתאם בין הגופים המרכיבים אותו בנושאי מחקר ופיתוח "כבדים", הדורשים משאבים רבים ושלהם חשיבות לאומית, לקיים התייעצויות, לאגם משאבים מתקציבי הגופים האלה ולקבוע אחריות ביצוע של אחד מגופי הפורום בנוגע לפיתוח תשתיות מחקר לאומיות.

הפרויקטים שתל"ם יזמה וביצעה כוללים: (א) השתתפות ישראל במתקן הסינכרוטרון; (ב) פרויקט אינטרנט 2; (ג) מאיץ חלקיקים במרכז למחקר גרעיני שורק; (ד) הקמת תשתית מחקר ייעודי (mission oriented research) באוניברסיטאות בשיתוף עם התעשייה בנו מדע וטכנולוגיה; (ה) הקמת מרכזי ציוד לשירות המו"פ הביוטכנולוגי בתעשייה ובאוניברסיטאות; (ו) הקמת תשתית לרשת "גריד" לאומית (למינוף משאבי המחשוב); (ז) רכישת ציוד להקמת מרכזי מו"פ לתאי גזע;

פרויקט חדש הנמצא בימים אלה בבחינה הוא הקמת בנק רקמות לאומי ובדיקת הצורך במאמץ לאומי בחקר המוח.

הצלחת תל"ם ועוצמתו נעוצים בעובדה שהוא גוף וולונטרי, שההחלטות בו נעשות בתיאום ובהסכמה, מתוך דאגה לטובת המדינה, ושמשותפים בו האישים והגופים שמסוגלים להביא למימוש ההחלטות.

המועצה הלאומית למחקר ופיתוח (מולמו"פ)

היוזמה להקמתה מחדש של מועצה לאומית למחקר ופיתוח (מולמו"פ) הייתה של נשיא האקדמיה הלאומית למדעים, פרופסור יעקב זיו. המטרה הייתה להקים אותה כגוף סטטוטורי ע"י חקיקה בכנסת. המולמו"פ לא היה אמור להיות גוף שמממן מו"פ; אלא, בוחן את התמונה הכללית ומגבש מדיניות מו"פ לאומית (לא אקדמית). מולמו"פ, על פי ההצעה המקורית, אמורה הייתה להיות ממוקמת במשרד ראש הממשלה. אולם, אחרי דיונים רבים בכנסת הוכנסו שינויים רבים להצעת החוק הראשונית, ואחרי תהפוכות רבות הוא הוקם בשנת 2002 במשרד המדע והטכנולוגיה. הדו"ח השנתי 2008-2009, בראשות פרופסור עודד אברמסקי, מגדיר את המטרות שהוצבו למועצה: (א) פיתוח ושדרוג תשתיות לאומיות למו"פ; (ב) החזרת מדענים מחו"ל; (ג) תמיכה ממוקדת בתחומים תעשייתיים נבחרים (ע"י מדען הראשי תמ"ת); (ד) קידום מו"פ באוניברסיטאות (על פי ועדת בייגה שוחט); (ה) קידום מחקר מו"פ מכוון במכללות; (ו) חינוך למצינות K-12; (ז) הגדלה תקצוב מו"פ, מדע, טכנולוגיה וחדשנות;

קשרים בינלאומיים

אלמנט חשוב נוסף במדיניות המדע הישראלית לכל אורך הדרך הייה דאגה לפתיחות וקידום קשרים עם מרכזי המדע והטכנולוגיה בארצות המתקדמות, הן על בסיס אישי והן המוסדי והלאומי. כך נמנע מישראל ומדעניה בידוד והסתגרות, כי קשרים אלה מאפשרים להם לראות מיד ראשונה היכן נמצאת החזית המדעית טכנולוגית ומאפשר להם להימצא שם. במישור האישי, רוב חברי הסגל באוניברסיטאות למדו לתואר דוקטור או עשו פוסט-דוקטורט באוניברסיטאות מובילות בחו"ל בעיקר בארה"ב; באמצעות השבתון והקרן לקשרי מדע והקרנות הדו-לאומיות המדענים הישראליים מקיימים מגע ישיר שוטף ושיתוף פעולה מדעי עם עמיתיהם בחו"ל. במישור המוסדי יש מספר רב מאוד של הסכמי שיתוף פעולה בינלאומיים, והשתתפות ישראל במתקני מחקר מרכזיים כמו CERN, EMBO ואחרים. לבסוף, במישור הלאומי החלטת הממשלה לצרף את ישראל לתכניות המחקר האירופיות הגדולות הווה צעד חשוב לקידום המדע והטכנולוגיה הישראלית במישור הבינלאומי.

כל 16 האלמנטים הללו שתוארו לעיל, מהווים יחד את המרכיבים המרכזיים של מדיניות המדע של מדינת ישראל. על כן, כאשר מקימים דברים חדשים חשוב לוודא שהם משתלבים בקודמים ומקדמים את המטרה ולא מעכבים אותה.

לפעמים קורה שמדענים בודדים עם חזון ותעוזה שרואים את הנולד פועלים בשטח ובמעשיהם מביאים לשינויים משמעותיים בכל מערך המחקר המדעי טכנולוגי. נספח א' מתאר שלוש יוזמות כאלה ששחקן תפקיד חשוב בהקמת תעשיית ההי טק הישראלית.

במהלך השנים מונו מספר וועדות אד הוק, שבדקו סוגיות שונות של מדיניות המדע. נספח ב' סוקר אחדות.

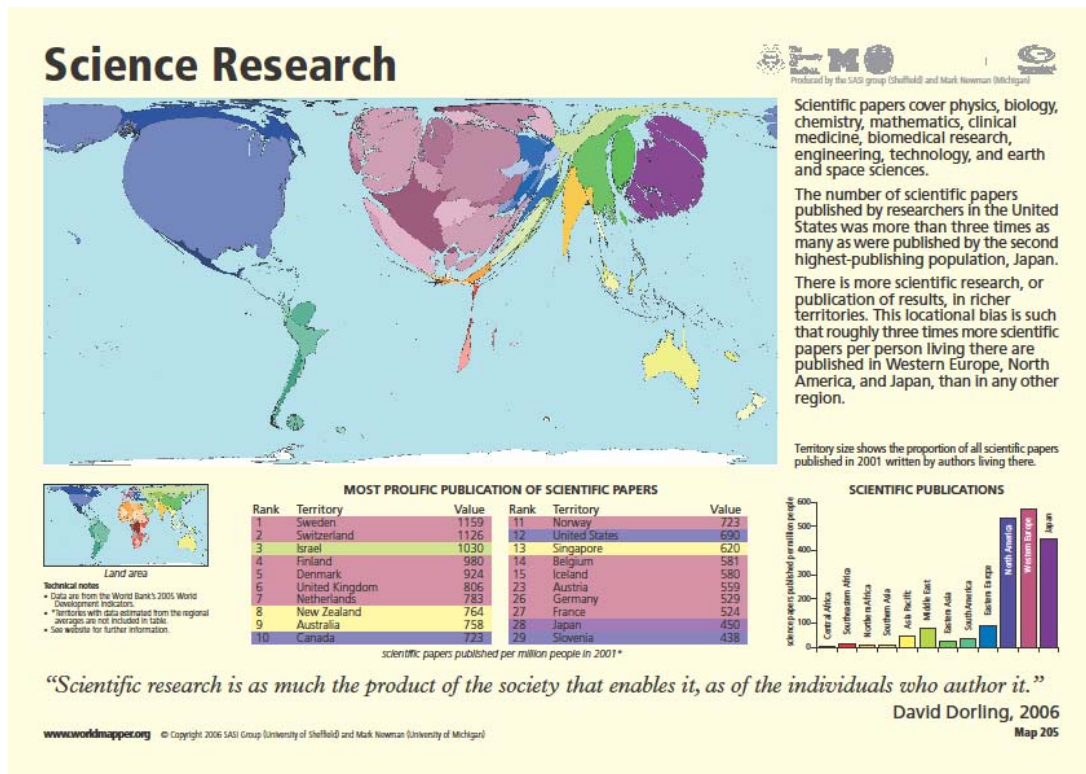
תוצאות מדיניות המדע וטכנולוגיה

מחקר מדעי

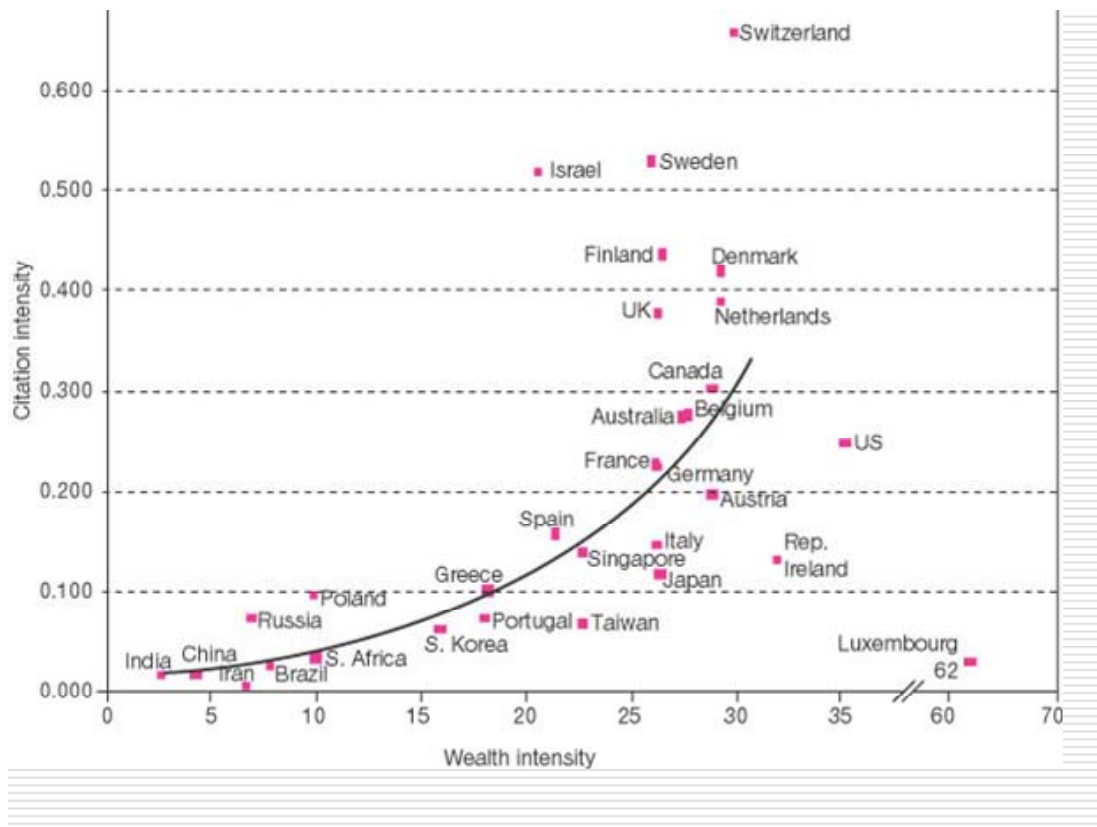
תוצאות מדיניות המדע והטכנולוגיה הישראלית הן בהחלט מרשימות מאוד. הן מצדיקות, במבט לאחור, תהליך צמיחה דינמי אינטראקטיבי וחופשי של מדיניות לאומית בנושאי מדע וטכנולוגיה, ולא מדיניות מוכתבת מלמעלה.

ישראל תורמת 1.1% מהפרסומים המדעיים בעולם. בפרק הזמן 2004-2008 היא מסווגת כמדינה מספר 22 במספר כולל של הפרסומים המדעיים; מספר 5 בפרסומים לנפש, ומספר 13 נמצאת במספר הציטטות למאמר; ועד עתה היא זכתה ב-4 פרסי נובל במדע.

המפה למטה מדגימה בצורה ויזואלית את התפוקה המדעית של ישראל. זוהי מפה גיאוגרפית של העולם, כאשר שטחי המדינות מעוותים (מורחבים או מכווצים) על פי היקף התפוקה המדעית. במפה אנחנו רואים שישראל, במדדי תפוקה מדעית, היא גדולה בסדרי גודל מהממדים הגיאוגרפיים הטבעיים שלה (כתם ירקרק "מרוח" על המפה). אפריקה מצטמקת לגודל זניח וכן דרום אמריקה, וארצות ערב כמעט לא נראות. (מקור: www.worldmapper.org 2006)



האיור הבא שפורסם במאמר בעיתון היוקרתי NATURE, נותן השוואה מעניינת בין מדינות על פי עוצמת הציטוטים (מספר ציטוטים לתמ"ג) לעוצמת העושר (תמ"ג לנפש). ישראל חורגת לטובה ויש לה הישגים מרשימים ביחס לעושרה.



Citation intensity=citation/GDP; wealth intensity= GDP/population. From: Science, technology and Innovation Indicators in a Changing World OECD 2007. David A. King "The Scientific Impact of Nations" Nature 430: 311-16, 2004.

חדשנות טכנולוגית

תעשיית ההיי-טק הישראלית, המבוססת על אלקטרוניקה, מחשבים ותקשורת (אמ"ת) או ICT (information and communication technologies) הגיעה להישגים מרשימים בקנה מידה עולמי. היא מהווה דגם לחיקוי בחדשנות טכנולוגית והיא מקור מרכזי של היצוא הישראלי שהגיעה בשנת 2008 ל 40% מהיצוא התעשייתי, ומהווה את ה"קטר" של המשק.

ההיי-טק, שהחל לנסוק בארץ בשנות התשעים של המאה ה-20, הוא תולדה של מכלול המרכיבים של מדיניות המדע של ישראל, וזאת על רקע מצרף נדיר של תהליכים ארוכי טווח שהגיעו לפרקם ואחרים שהתרחשו בזמנית. בין הגורמים הללו נמצא: (א) השקעות עתק במשך עשרות שנים במחקר ביטחוני מתקדם, שתוך שיתוף פעולה עם האוניברסיטאות, הביאו את רמת הפיתוח במערכת הביטחון לחזית העולמית, ואלה הגיעו לפרקם בשנות התשעים; (ב) בעקבות הקשר הסימביוטי בין

האוניברסיטאות למערכת הביטחון היה מעבר הדדי של חוקרים מהאחת לשנייה, וזה הביא את המחקר האוניברסיטאי באלקטרוניקה, מחשבים ותקשורת לרמה של החזית העולמית; (ג) כניסת מדענים למדעי המחשב לאוניברסיטאות בשלבים מוקדמים להתפתחות הדיסציפלינה הזאת. ישראל הייתה למעשה חלוץ בשטח זה ועד היום היא נחשבת כמובילה; (ד) עקב כל הנ"ל הוכשרו באוניברסיטאות עשרות אלפי מהנדסים ומדענים ברמה גבוהה מאוד (כולל אלה המשרתים ביחידות המיוחדות של צה"ל והמאפשרים את ההישגים המרשימים שלהם), וביחד עם חוקרים ממערכת הביטחון, שהחלו לזרום לשוק הפרטי-היזמי, הניחו את היסודות לתעשיית ההיי-טק; (ה) הקמת תעשיית הון סיכון בשנות התשעים - תחילה ביוזמת הממשלה ולאחר מכן ביוזמה פרטית; (ו) חתימת הסכמי אוסלו שפתחו לרווחה את שווקי העולם בפני ישראל; (ז) עלייה גדולה, עשירה במדענים ובמהנדסים, מארצות חבר העמים שהגיעה בדיוק בזמן הנכון. ולבסוף יש להוסיף לזה את תכונות התעוזה והיזמות של ישראלים.

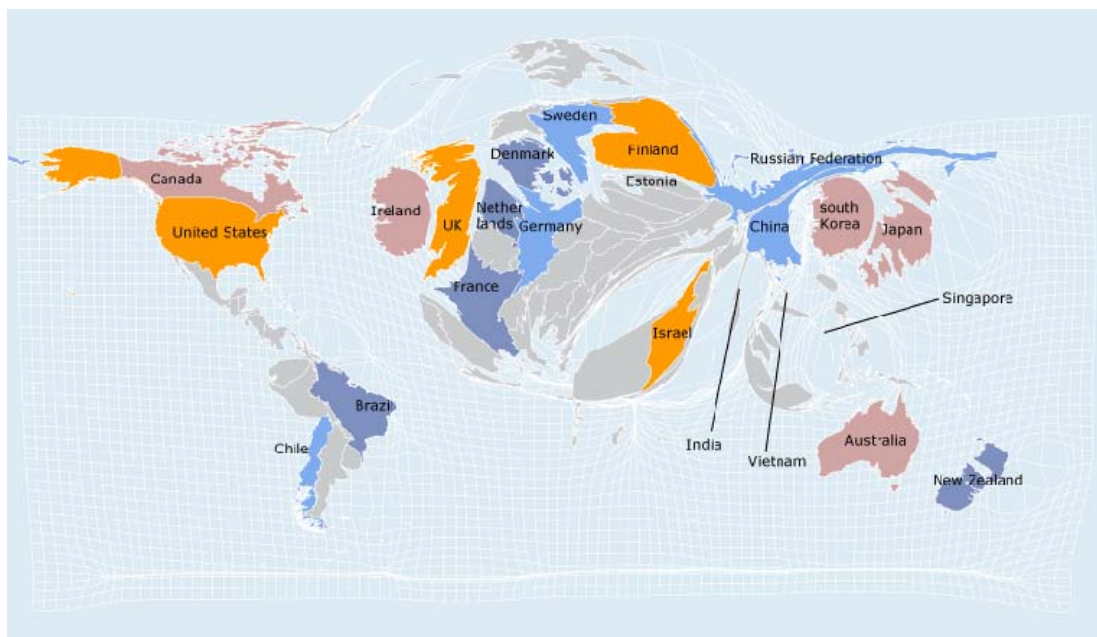
זהו צירוף ייחודי של אירועים, תהליכים ותכונות שאפשרו את הקמת תעשיית ההיי-טק הישראלית, מוטת היצוא ששמה יצא למרחוק, ושביחד עם היצוא הביטחוני, מתייגת את ישראל כמדינה טכנולוגית מתקדמת. כל זה לא היה יכול להתרחש ללא תרומתן של אוניברסיטאות המחקר.

אבל חשוב מאוד להבין שהופעת תעשיות ההיי-טק על במת העולם ברבע האחרון של המאה ה-20 איננה מקרית. למעשה אנחנו מצויים בתקופה היסטורית מיוחדת, שהיא אולי החשובה ביותר בעולם המודרני, בה מדע וטכנולוגיה התמזגו זה בזה. זה קרה לאחר מאות שנים של מגע רופף בין המהפכה המדעית, שהוצתה לפני כ-400 שנה, ולבין המהפכה הטכנולוגית המודרנית (המהפכה התעשייתית), שהחלה לפני כ-200 שנה. אבל, במהלך המאה ה-20 חלה התקרבות הדרגתית בין שתי המהפכות האדירות הללו, כאשר מלחמת העולם השנייה, זרזה מאוד את התהליך⁹, עד שברבע האחרון של המאה ה-20 הן התמזגו לישות אחת בלתי נפרדת והציתו מהפכה חדשה, מדעית-טכנולוגית, שגדולה משתייהן ותימשך ככל הנראה לאורך המאה ה-21 והלאה. מיזוג זה הוא אבי אבות כל ההיי-טק בעולם, כולל ICT והאינטרנט, אשר מאפשר את הגלובליזציה, ואשר נראה שמשנה הגמוניות לאומיות ומביאות לסדר עולמי חדש.

מפת החדשנות המופיעה מטה על פי John Kao¹⁰ מראה (כפי שזה היה עם הפוריות המדעית) שגם בחדשנות טכנולוגית ישראל חורגת הרבה מעבר לגודלה הטבעי, גם בהשוואה למדינות מפותחות.

⁹ במלחמת העולם השנייה המדע נרתם למאמץ המלחמתי בפרויקטים כמו פיתוח פצצת האטום, פיתוח הרדאר והגומי הסינטטי, וזה שכנע את מקבלי ההחלטות שהמדע הוא 'כוח' ולאחר המלחמה גדלו מאוד ההשקעות במחקר מדעי, אשר הביאו בעקבותיהם מהפכות טכנולוגיות (מחשבים, לייזר, ביולוגיה מולקולארית וכו'). ציון דרך הייה הדו"ח שהוזמן בתום מלחמת העולם השנייה ע"י נשיא ארה"ב " Science the Endless Frontier " Vannevar Bush, שבהשפעתו הוקם, בין השאר, ה-NSF.

¹⁰ Founder of the Institute for Large Scale Innovation, San Francisco



שיקולי תקצוב ומימון

המימון בא משלושה מקורות: מהמדינה, התעשייה (שממנת מו"פ תעשייתי יישומי), ולבסוף תרומות פילנתרופיות שמגיעות לאוניברסיטאות ושממלאות תפקיד חשוב במחקר בסיסי ובהקמת תשתיות מחקר באוניברסיטאות.

בשנת 2009 השקיעה ישראל 30 מיליארד ש"ח במו"פ אזרחי, שזה מהווה 4.427% מהתמ"ג, וזה מעמיד אותה בראש המדינות המפותחות מבחינת השקעה לאומית במו"פ אזרחי. אולם, את המספר הזה יש לקחת בעירבון מוגבל כי כפי שזוועדת אלחנן הלפמן קבעה, לישראל יש תעשיית תוכנה גדולה בהשוואה לארצות אחרות וכל הפיתוח של בתי התוכנה נכנס לחשבון המו"פ, וזה מעוות את החשבון כלפי מעלה. למעשה כ-80% מההשקעות במו"פ האזרחי נעשה בסקטור התעשייתי. יתרה מזאת, הרציונל לחישוב המדד הזה הוא שהמו"פ מוביל למוצרים ולתהליכים חדשים ובכך ממנפים אותו להגדלת התמ"ג. אבל אצלנו, חלק מהמו"פ של בתי התוכנה מיוצא ישר ללא מינוף. לכן, נכון היה לכלול זאת פשוט ביצוא ולא כחלק מהמו"פ הלאומי.

מצד שני, ההשקעות הלאומיות במחקר בסיסי¹¹ מהוות בשנת 2008 רק 13% מכלל ההשקעה במו"פ שזה 0.58% מהתמ"ג - והוא נמוך בהשוואה בינלאומית. למשל מדינות ה-OECD משקיעות כ-22%

¹¹ הגדרת ה-OECD למחקר בסיסי היא: מחקר בסיסי הוא עבודה ניסויית או תיאורטית הנעשית בעיקר ליצירת ידע חדש לקידום ההבנה של תופעות ותהליכים ועובדות הניתנות לצפייה, בלי כל צפייה ליישום.

מכלל מימון המו"פ האזרחי למחקר אקדמי. ללא התרומות הפילנתרופיות המחקר הבסיסי בארץ היה במצב חמור עוד יותר.

ברמת הלאומית הממשלה, באמצעות תקציב המדינה, ולאחר דין ודברים עם הנוגעים בדבר, מחליטה על פי העדיפויות הלאומיות (א) על גודל התקציב שהיא מעניקה למו"פ באמצעות המדען הראשי של תמ"ת ושאר המשרדים הממשלתיים; (ב) על גודל התקציב שהיא מעניקה למכוני המחקר השונים המסונפים בדרך כלל למשרדי הממשלה ו (ג) על גודל התקציב שהיא מעניקה למערכת ההשכלה הגבוהה, הכוללת את המחקר המדעי במישור הלאומי והבינלאומי (כמו למשל אנרגיות גבוהות ב CERN ו קרינת סיכרוטרון Grenoble)

החלטות אלה של הממשלה קובעות "בגדול" עבור השנה השוטפת את הפעילות המדעית, הטכנולוגית והמו"פ של מדינת ישראל.

החלוקה של ההקצבות הכוללניות של הממשלה, ובחירת העדיפויות הלאומיות, הם באחריות הגופים שמקבלים את ההקצבות. הבולטים ביניהם הם המדען הראשי של משרד התמ"ת הממונה על קידום המו"פ התעשייתי, ויו"ר ות"ת הממונה על הקצבות לאוניברסיטאות ומכללות ועל המחקר הבסיסי.

המדען הראשי – מו"פ יישומי

המדען הראשי¹² מפנה את התקציב שהועמד לרשותו למגוון תכניות מו"פ, תוך העדפות וקדימויות שהוא קובע. בפניו עומדות שאלות רבות לא פשוטות כמו: האם לנקוט במדיניות ניטרלית או בהעדפות של שטחים מסוימים, ואם כן, אלו הם שטחי הפיתוח המועדפים? איך לחלק את המשאבים בין התכניות השונות כמו מגנט, מגנטון, נופ"ר וכדומה; האם לתת העדפה לחברות קטנות על פני גדולות? או לתעשיות מתוחכמות על פני תעשיות מסורתיות? האם להנהיג העדפה מגזרית (החרדי והערבי) על מנת לקדם אותם? מה צריכה להיות השתתפות המדינה בכל תכנית מו"פ? האם לדרוש החזר מהחברות הנהנות מתוצאות הפיתוח? איך לנהוג בבקשות של חברות זרות הפועלות בארץ? איזה חלק להקציב לבניית תשתיות מו"פ לאומיות (כמו תכניות תל"ם)? איך לנהל את המדיניות בצורה שקופה ושקולה? ועוד שאלות רבות אחרות.

בין כל השאלות הללו, המרכזית נוגעת בבחירת כיווני המו"פ הלאומי. שני הקריטריונים צריכים להנחות את הבחירה הזאת: ראשית הפוטנציאל הכלכלי, ושנית היתרון היחסי לישראל בנושא.

במבט לאחור הייה זה רק טבעי להתמקד במו"פ האזרחי בנושאי אלקטרוניקה, מחשבים ותקשורת, לאור היתרון היחסי לישראל ביכולות הללו במערכת הביטחון; עקב התמקדות והצטיינות,

¹² המונח 'מדען ראשי' מתייחס לתפקיד ולא למגדר.

האוניברסיטאות בשטחים אלה שהכשירו רבבות מהנדסים ומדענים; וכמו כן משך הזמן הקצר יחסית מהמחקר לפיתוח ולייצור.

במבט לעתיד, בקווים כלליים, קל יחסית לזהות את הכיוונים המבטיחים ביותר מבחינה טכנולוגית וכלכלית. הם מופיעים ברשימת העדיפויות של רוב המדינות המפותחות בעולם: טכנולוגיות מבטיחות הנובעות ממדעי החיים על כל מרכיביו; טכנולוגיות חומרים (nano) על מגוון האפשרויות שהן פותחות; טכנולוגיות סביבה; טכנולוגיות של אנרגיות חילופיות; טכנולוגיות מים; טכנולוגיות חקלאיות מודרניות; טכנולוגיות חלל; טכנולוגיות ביטחון לאומי; תעשייה פרמצבטית וכימית, וטכנולוגיות על בסיס משאבים לאומיים¹³ ועוד;

בכל אחד מהשטחים הללו יש לישראל יתרונות מובהקים. במקביל, יש שטחים שלישראל, מראש, אין שום יתרון יחסי, כמו למשל פיתוח רכבות מהירות, בניית אוניות, ייצור מכוניות, כרייה¹⁴, תעשיית טקסטיל, ייצור מוצרי צריכה וכדומה.

בחירת עדיפויות טכנולוגיות לאומיות ברמה פרטנית היא המשימה המרכזית של המולמו"פ. זאת הייתה כוונת היוזמים להקמתה. בהקשר לכך יש לזכור שני דברים: (א) הנטייה היא לאתר כיווני פיתוח מבטיחים באמצעות ועדות מומחים, אבל חשוב לזכור, שוועדות המומחים, מעולים ככל שהיו, אינם יכולים תמיד לחזות את הכיוונים המבטיחים ביותר. לכן, בגיבוש המדיניות ובבחירת השטחים חשוב לקבל מידע רב ככל הניתן מהשטח, מההצעות/בקשות שזורמות מלמטה, מהתעשייה. כי הרי אין תחליף למידע שאלפי מהנדסים, מדענים ומנהלים מהתעשייה, הנמצאים בקשר בלתי אמצעי עם השוק, מסוגלים לאתר. (ב) לעתים קרובות, מעבר לוועדות מומחים ולכיווני הפיתוח מהתעשייה עצמה נחוצה עבודת מחקר עמוקה ויסודית יותר.

ות"ת

ות"ת צריכה להתמודד בחלוקת התקציב העומד לרשותה בכמה מישורים: ראשית, היא צריכה לקבוע מהי החלוקה הנכונה בין אוניברסיטאות ומכללות, ומה החלוקה בין הוראה למחקר בתקציב הרגיל של אוניברסיטאות המחקר. אלה נקבעים במידה רבה ע"י "מודל התקצוב" העובר שינויים על פי הצרכים. בנוסף, ות"ת צריכה לקבל החלטה על היקף ההקצבה לקרן הלאומית למדע, המממנת מחקר בסיסי מונע-סקרנות על בסיס מצוינות ללא זיקה מוסדית. בנוסף להקצבה לחוקרים הקרן תומכת ברכישת ציוד מדעי, עידוד קליטת מדענים חוזרים; ותכנית "ביכורה" המהווה הקצאת מעין "הון סיכון" למחקר מדעי חדשני שעלותו יחסית גבוהה.

¹³ בהקשר לאחרון, גילוי גז בכמויות גדולות מול חופי ישראל מעורר את השאלה האם לייצא אותו, או להיעזר במשאב זה לצורך פיתוח תעשייה פטרוכימית רחבה באמצעותו, תוך השקעות במו"פ, או לשמר אותו לניצול הדרגתי לצרכי האנרגיה של ישראל בלבד.

¹⁴ בהקשר לכרייה הייה מקום לבדוק האם המשך ניצול אוצרות ים המלח מביא בטווח הארוך יתרון כלכלי או נזק כלכלי למדינת ישראל. אחרי הכול, אם מפתחים את ים המלח רק לתיירות, הוא הופך למשאב טבע בלתי נכלה.

חשוב כאן לציין שעל פי ניסיון מצטבר, בארץ ובחול, המחקר הבסיסי הלא מכוון המונע-סקרנות מביא את הפירות המפתיעים והמועילים ביותר. דוגמאות ספורות מובהקות בארץ הן המחקר הבסיסי החלוצי בקנה מידה עולמי במדעי מחשב, שהיה אינסטרומנטלי בהובלת ישראל לפריצה לחזית עולם ההיי-טק; המחקרים הבסיסיים של הפרופסורים אברהם הרשקו, אהרון צ'חנובר ועדה יונת, שהביאו לא רק לפרסי נובל, אלא גם פותחים את השער למגוון תרופות חדשניות; והמחקר שמדענים בטכניון החלו בנומדע וטכנולוגיה זמן רב לפני שננו הפך לשגור בפי כל. סביר להניח שוועדות מומחים לא הייתה מאתרת מראש שטחים אלה.

יחד עם זאת, אין פסול אם המדינה, באמצעות ות"ת, רוצה לקדם בצורה מועדפת שטח מדעי רחב, כפי שהיא עשתה בנוטכנולוגיה, ובמספר פרויקטים גדולים של תל"ם. למשל, אם מעוניינים לקדם את המחקר הבסיסי במדעי החיים, אפשר לעשות זאת ע"י הקצבות נוספות של המדינה להקמת קרן תחרותית חדשה של מדעי החיים (זה אכן הוצע ע"י האקדמיה הלאומית). הקמת קרן כזאת מוסיפה למעשה נדבך נוסף לגופים השונים שהוזכרו לעיל, המהווים יחד את מערך מדיניות המדע של ישראל. למשל, מדיניות העדפה כזאת שנעשית 'במברשת רחבה' הפעלה לאחרונה בנומדע וטכנולוגיה.

כמו במו"פ, בגדול, הכיוונים המרכזיים במחקר המדעי ידועים. כל הארצות המפותחות קבעו אותם כיעדים. צפוי שמעיינות החדשנות המדעית והטכנולוגית תבוא בעיקר ממדעי החיים וממדעי החומרים, בסינרגיה עם ICT המכונה לפעמים בקוד : nano-info-bio-cogno. אולם, חשוב לזכור, שבמדע במיוחד, איש לא יכול לצפות מהיכן בדיוק תבוא החדשנות. על כן, למעט חלוקת ההקצבות הגלובליות הללו (כלומר בחירת שטחים רחבים 'במברשת רחבה'), עיקר המחקר צריך להיות מונע-סקרנות, והענקת המשאבים צריך להיעשות רק על פי מצוינות ע"י הערכת עמיתים.

לבסוף חשוב לזכור שהדעה הרווחת בפרוזדורי הממשל והתעשייה, שמאחר שהמדינה מממנת את עיקר המחקר המדעי הבסיסי בארץ, על המדענים באוניברסיטאות לנטוש את המחקר המונע ע"י סקרנות מדעית ולהתמקד במחקר מכוון לעדיפויות לאומיות ספציפיות, כפי שהן נקבעות על ידי המדינה, היא דעה מוטעית. לא רק מפני שמחקר מכוון מלמעלה, שאינו פרי סקרנות המדענים, עלולה להוביל למחקר בינוני; אלא, מעוד סיבה נוספת: היקף המחקר המדעי בארץ מהווה בסה"כ 1% מכלל המחקר המדעי בעולם. זה בלתי סביר לחלוטין לחשוב ולצפות שהמחקר הבסיסי בארץ הוא אשר יהיה המקור והמרכיב המרכזי לחדשנות הטכנולוגית לתעשייה המקומית. אמנם מדי פעם יהיו מחקרים חשובים ומעניינים שיעברו במה שנקרא "העברת טכנולוגיה" לתעשייה. אבל המסה של העשייה התעשייתית מקורה במחקר בשאר העולם, שמספק 99% מהיצירה המדעית. מה אם כן תורם המחקר המדעי בארץ ומדוע לנסות לכוון אותו לשטחים רחבים מאוד ומועדפים? התשובה לכך היא שרק אם המחקר המדעי בכלל, ובשטחים הרחבים המועדפים בפרט, יהיו בחזית הידע, ניתן יהיה לבנות את היכולות הטכנולוגיות ולהכשיר את כוח האדם המיומן במדינה, על מנת לאפשר

קליטה מהירה של החדשנות המדעית-טכנולוגית בעולם ולהעבירה ליישום תעשייתי התואם את יכולותינו.

אין זה אומר חלילה שאין מקום לקדם העברת טכנולוגיה. ההפך הוא הנכון. יש לעשות זאת במרץ ככל הניתן. ואכן כל האוניברסיטאות הקימו יחידות מיוחדות למימוש תוצרי המחקר המדעי למטרה זאת. יתרה מזאת, יש אפילו מקום שכל אוניברסיטה תמנה סגן נשיא המופקד בלבדית לנושא הזה. אבל הציפיות בתוך האקדמיה ומחוצה לה צריכות להיות מציאותיות.

סימני אזהרה

אבל, מה שהיה הוא לא בהכרח אשר יהיה. מה שהישגנו הוא תוצאה ברוכה של עשרות רבות של שנות השקעה, יזע, יוזמה, כישרון, ומסירות. העשייה המדעית מתייקרת והולכת, וההשקעות במחקר המדעי בארץ ירדו אפילו במונחים נומינליים ובוודאי במונחים ריאליים ב"עשור האבוד" של שנות האלפיים. רק לאחרונה נעשה ניסיון ראשוני לתקן את הנזק העצום של קיצוצי תקציב מתמשכים של האוניברסיטאות, שפגעו באיכות ההוראה והמחקר, מנעו כניסת סגל צעיר למערכת, ובכך העלו את הגיל הממוצע של הסגל האקדמי. קיצוצי התקציב היו מלווים בשינויי ממשל כפויים, שתועלתם מצומצמת ונזקם גדול. בנוסף, יש לקחת בחשבון שהתרומות הפילנתרופיות האדירות שזרמו מיהדות ארה"ב במשך מחצית מאה, מתייבשות בהדרגה, וזה ישאיר חלל גדול במימון המחקר המדעי בארץ. לכך יש להוסיף את בריחת המוחות (הן של מדענים שעוזבים והן של אלה שלא חוזרים).

מגמות אלה הן חמורות במיוחד נוכח העובדה שתעשיות העלית העתידיות לא יבואו מהשקעות במערכת הביטחון שהיא עשירת ICT, אלא מתחומים אחרית המבוססים, כאמור למעלה, בעיקר על ביולוגיה וחומרים בסינרגיה עם מדעי ה-ICT (bio-nano-info-cogno converging technologies) אשר צומחות בעיקר במעבדות של אוניברסיטאות המחקר. ועל כך יש לתת את הדעת ויש למצוא פתרונות.

אוניברסיטאות מחקר איכותיות, שבהן נעשה המחקר הבסיסי והן שמכשירות את המנהיגות העתידית בכל הדיסציפלינות שמדינה מודרנית זקוקה להן, ובכל הרמות - מתואר ראשון עד הדוקטורט, הן נדבך מרכזי בכל מדינות מדע וטכנולוגיה במאה ה-21. עדות לכך היא השקעות העתק בקידום האוניברסיטאות, בארצות אחרות מתפתחות ומתקדמות. על כן המגמות שנזכרו מסכנות את מעמדה העתידי של ישראל בעולם המדעי-טכנולוגי.

לבסוף, אם נוסיף לכך את מערכת החינוך המדרדרת, שבוגריה חסרים את הבסיס המדעי הנחוץ ללימודי מדע; את הצמיחה המהירה מאוד של הסקטור החרדי¹⁵, הנטייה של מיטב הנוער לנהור למקצועות לא מדעיים, קלים יחסית, והמבטיחים לכאורה הכנסה טובה, ואת חוסר ההצלחה של

¹⁵ היום, 18% מכלל הילדים הלומדים בבית הספר היסודי, 27% מהילדים שלומדים בבית הספר היסודי העברי, ושליש התינוקות היהודים הנוולדים, הם חרדים. ילדים אלה לא מקבלים את מקצועות הליבה (מתמטיקה, מדעים, אנגלית) כך שברור שלא יוכלו לתרום ליכולות המדעיות של ישראל דבר וחצי דבר. אבל, אפילו אם כל ילד חרדי הנכנס היום לכיתה א' יתחיל ללמוד מקצועות אלה, ייקח כ-20 שנה ויותר עד שתרומתם תורגש!

ישראל למזג את הסקטור הערבי בעשיית מדע וטכנולוגיה במספרים משמעותיים, הרי שעתיד המדע הישראלי ורמת התעשייה מאוים.

סכנות אלה ראויות לתשומת לב מיוחדת של מקבלי ההחלטות.

נספח א: שורשי תעשיית ההיי טק הישראלית

בתחילת שנות ה-60 שלוש מדענים יעקב זיו, משה זכאי, וישראל בר-דוד, עברו מרפא"ל לטכניון, לפקולטה להנדסת חשמל, ושם הצטרפו לישראל צדבאום, וביחד שינו מהיסוד את הפקולטה מהנדסת חשמל קלאסית, להנדסת אלקטרוניקה מודרנית ומתקדמת. פקולטה זאת הוציאה, בנוסף לתרומות חשובות לדיסציפלינה, אלפים רבים של בוגרים, שמהווים עד היום את ליבת כוח העבודה של ההיי-טק הישראלי.

כמה שנים לפני כן, ב-1955, בתמיכת בן גוריון, סידי גולדשטיין יזם את הקמת הפקולטה להנדסת אווירונאוטיקה בטכניון. כאשר הפקולטה הוקמה, אחד העיתונים "מרחיקי הראות", כתב בערך כך: "מה הם חושבים להם שם בטכניון במרומי הכרמל, מה הם הולכים להעיף? טיירות?" אבל זה הלך מ"טיירות" לטילים וללוויינים. אין ספק שבוגרי הפקולטה הזאת תרמו תרומה מרכזית ליסודות ההיי-טק הישראלי.

לבסוף, באותו זמן, פרופ' פקריס במכון ויצמן, יזם ובנה את המחשב הראשון WEIZAC "הגולם". ישראל אמנם לא הפכה ליצרנית מחשבים, אבל בעקבות התעוזה החלוצית הזאת, העניין במחקר במדעי מחשב פשט בכל האוניברסיטאות ובגופי המחקר הביטחוני כמו אש בשדה קוצים, וישראל הייתה למובילה בעולם במדעי המחשב עד היום.

שלוש היוזמות הללו יצרו את התשתית האנושית שאפשרה את ה"נס" של ההמראה המסחררת של ההיי-טק הישראלי לבמת העולם; ל"קטר הצמיחה" של הכלכלה הישראלית.

נספח 2 : ועדות בדיקה והערכה

היו מספר ועדות שבדקו את מדיניות המדע בישראל, בהן ועדת קצ'לסקי, שכאמור לעיל הביאה למינוי מדענים ראשיים במשרדי ממשלה; ועדת יפתח (1984), שעשתה עבודה מקיפה מאוד, אבל המלצותיה לא מומשו. במהלך השנים היו ועדות בדיקה של צרכי כוח אדם אקדמי כמו מהנדסים ורופאים, ועדות בדיקה מטעם ות"ת ומל"ג על תחומי מדע ועוד.

לאחרונה, ועדת השרים לענייני מדע וטכנולוגיה, בהחלטת ממשלה מאפריל 2004, מינתה ועדה לבדיקה ולחיזוק מעמדם של מכוני המחקר הממשלתיים, בראשות פרופסור מינה טייכר, שהמלצותיה היו: (א) ארגון מחדש של מערך המחקר הממשלתי על בסיס יעדים ונושאים, ולא על בסיס מבנה משרדי הממשלה הייעודיים: מערך המחקר החקלאי; מערך המחקר במדעי האדמה ואיכות הסביבה; מערך המחקר הרפואי, מערך המחקר בנושאי רווחה וקהילה. (ב) יש לבחון את הצורך במחקרים בנושא תקשורת ותחבורה; (ג) נושאים הקשורים למדיניות המדע ותשתיות המדע יטופלו במשרד המדע. אולם, המלצות אלה טרם מומשו.

אין עדיין לישראל מנגנוני בדיקה ובקרה ראויים לנושא המחקר והפיתוח, אבל יש מספר התחלות. כך למשל הקימה המל"ג וועדה להערכת והבטחת איכות שבדקת דיסיפלינות שונות במערכת ההשכלה הגבוהה אבל עם הדגש על הוראה.

האקדמיה הקימה ועדות הערכה בינלאומיות לבדיקת דיסיפלינות מדעיות, ושתי אוניברסיטאות (הטכניון ומכון וויצמן) מקיימות בדיקה והערכה חיצונית שיטתית במשך שנים רבות. בשנת 2010 תוקן חוק האקדמיה שהתבקשה להגיש דוחות דו-שנתיים לוועדת המדע והטכנולוגיה של הכנסת ולממשלת ישראל על מצב המדע.

S. Neaman Institute publications on issues of higher education and science in Israel

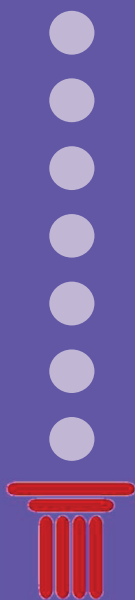
Z. Tadmor, Z. Kohavi, A. Libai, P. Singer and D. Kohn, <i>Engineering Education 2001</i> , The Neaman Press, 1987
M. Kranzberg, Y. Elkana and Z. Tadmor, Eds. " <i>Innovation at the Crossroads between Science & Technology</i> ", Proceedings of the S. Neaman International Workshop, 1988, S. Neaman Press
R. Shinnar, R. Karni, Z. Tadmor and D. Kohn, Eds. <i>Reintroducing Design into the Engineering Curriculum</i> ", The S. Neaman Press, Haifa, 1989. Proceedings of the S. Neaman International Workshop, Haifa, June 1989.
Z. Tadmor, " <i>The Golden Age of the Scientific Technological University</i> " 1998.
Z. Tadmor, " <i>The Higher Education System in Israel from a Historic Perspective</i> ", Academia – The Journal of the University Heads Committee, 5, 8-11, 1999. (Hebrew)
Z. Tadmor, " <i>The Mission of Research Universities in Israel</i> ", Letter no. 22, May 2002, The Israel National Science Academy. (Hebrew)
N. Ben Zvi, E. Kochva and Z. Tzahor," <i>Rethinking Higher Education in Israel – the Colleges, University Education and Human Resources</i> ", 2002 (Hebrew)
M. Trow, " <i>On Mass Higher Education and Institutional Diversity</i> " 2005
S. Rothblatt, " <i>Preliminary Reflections on Knotty Issues</i> " 2005
A. Pazi, " <i>A Master Plan for Higher Education in Israel – Planning vs. Execution</i> ," 2005.
Z. Tadmor, E. Avraham, S. Guri-Rosenblit, H. Gutfreund, A. Keynan, N. Liron, M. Shechter and N. Sherman, " <i>Proceedings of the International Conference on, Transition to Mass Higher Education Systems – International Comparisons & Perspectives</i> " S. Neaman Press, 2006
Z. Tadmor, " <i>The Triad Research University Model: A Post 20th Century Research University Model</i> ", <i>Higher Education Policy</i> 19, 287–298, 2006
Z. Tadmor, " <i>Should Engineering Disciplines be Redefined in the Twenty-first Century? “The Bridge”</i> " US National Academy of Engineering, 36, (2), 33-37 (2006).
G. Zilka, " <i>Tuition Policy in Higher Education Institutions in Israel</i> ", 2006. (Hebrew)
N. Liron, E.S. Brezis, A. Ronen, M. Shechter, N. Sherman and M. Zadok, <i>Proceedings of the International Conference on Privatization in Higher Education</i> , S. Neaman Press, 2008, (Hebrew)
Z. Buchnik, B. Zalmanowitz and D. Getz, " <i>Human Resources in Science and Technology in Israel</i> ", Part 1, 2008 and Part 2 2009 (Hebrew)
A. Kirsh, " <i>Higher Education Policy in Israel – Accessibility, Quality and Excellence in Limited Resources</i> ," 2010. (Hebrew)
D. Getz et al. " <i>Science, Technology and Innovation Indices</i> " 2010 (Hebrew)

S. Neaman Institute International Conferences

December 1986	" <i>Engineering Education Meeting the 21st Century</i> " Proceedings published by Neaman Press
November 1988	" <i>Innovation at the Crossroads between Science & Technology</i> ", Proceedings published by Neaman Press
June 1989	" <i>Reintroducing Design into the Engineering Curriculum</i> " Proceedings published by Neaman Press
December 2004	" <i>Transition to Mass Higher Education Systems: International Comparison and Perspectives</i> " Proceedings published by Neaman Press & Recording on S. Neaman Institute Website
January 2008	" <i>Privatization of Higher Education</i> " Proceedings published by Neaman Press & Recording on S. Neaman Institute Website

כנסים בינלאומיים

December 29-31, 1986	"Engineering Education Meeting the 21st Century" Proceedings published by Neaman Press
November 1988	"Innovation at the Crossroads between Science & Technology" , Proceedings published by Neaman Press
June 1989	"Reintroducing Design into the Engineering Curriculum" Proceedings published by Neaman Press
December 5-6, 2004	"Transition to Mass Higher Education Systems: International Comparison and Perspectives" Proceedings published by Neaman Press, & Recording on S. Neaman Institute Website
January 7-8, 2008	"Privatization of Higher Education" Proceedings published by Neaman Press, & Recording on S. Neaman Institute Website



מוסד שמואל נאמן למחקר מדיניות לאומית
הטכניון - מכון טכנולוגי לישראל
טל. 04-8292329, פקס 04-8231889
קרית הטכניון, חיפה 32000
www.neaman.org.il