

מוסד שמואל נאמן
למחקר מתקדם במדע וטכנולוגיה



הערכת האיכות של מחקר הנדסי / מדעי
והשפעתו על התעשייה, הכלכלה והחברה:
סקירת ספרות

ורד סגל • אורלי נתן-שץ • אורית ברל • הנחייה: ד"ר דפנה גץ

הטכניון - מכון טכנולוגי לישראל



מוסד שמואל נאמן למחקר מתקדם במדע וטכנולוגיה

1 מבוא

מוסד נאמן הוקם בשנת 1978 ביוזמת מר שמואל נאמן. מטרת המוסד ודרך פעולתו פורטו במסמכי ההקמה: "מוסד נאמן מוקם לסייע בחיפוש פתרונות לבעיות הלאומיות בתחום הפיתוח הכלכלי, המדעי והחברתי במדינת ישראל"; "בחירת נושאי הפעילות תותנה על ידי השאיפה לעידוד בפתרון בעיות המדינה לטווח בינוני וארוך, תוך ניצול מאגר כוח האדם המדעי והטכנולוגי הנמצא בטכניון וגיוס צוותות המורכבים מאנשי הטכניון ומחוצה לו לתקופות מוגבלות אשר ירכזו מאמציהם בנושאים שנקבעו".

להשגת יעדים אלה מקדם מוסד נאמן מחקרי מדיניות ומדיניות מו"פ מתוך כוונה לגבש על בסיס ניירות עמדה ומסמכי מדיניות, אשר יובאו לפני הציבור המקצועי והציבור של קובעי המדיניות, ויצילו לפניהם חלופות שונות לקבלת החלטות.

2 ייעוד והיקף פעולה

הדגש העיקרי בפעילות המקצועית במוסד נאמן היא באותם תחומים שהם בפן הביניים, שבין מדע וטכנולוגיה ובין כלכלה וחברה. הפעילות בתחומי ביניים אלה הינה חשובה כיום יותר מאשר אי פעם בעבר, וזאת משום שבתקופתנו המדע והטכנולוגיה הם הכוח המניע לקידום ושגשוג כלכלי ויש להם השפעה מהותית על איכות החיים ועל מגוון של היבטים חברתיים. זה הייחוד של מוסד נאמן כמכון למחקרי מדיניות. היבט חשוב נוסף לפעילות בתחומי ביניים אלה אמור להיות האימפקט שלהם על המחקר המדעי והטכנולוגי ועל קביעת סדרי עדיפויות בתחומים אלה. קשרי הגומלין ההדוקים בין מדע וטכנולוגיה ובין כלכלה ובין חברה יוצרים מערכת מורכבת של היזונים הדדיים וכתוצאה מכך ההתפתחות המדעית והטכנולוגית כיום אינה מתנהלת בדרך עצמאית לחלוטין כפי שהיה בעבר הלא רחוק. היא מושפעת בצורה גוברת והולכת על ידי צרכים כלכליים וחברתיים. לפיכך, ההבנה של קשרי גומלין אלה הינה אלמנט חשוב נוסף בקביעת מדיניות מחקר ותחומי מחקר באוניברסיטאות ובמכוני מחקר.

3 מבנה ודרך פעולה

מוסד נאמן ממוקם בתוך קמפוס הטכניון ונהנה מהתשתית של מוסד זה. יחד עם זאת מוסד נאמן הינו גוף עצמאי מבחינה משפטית ומנהלית. מבנה זה מאפשר לו פעולה יעילה למילוי ייעודיו בכל הקשור לגמישות בהרכבת צוותי חוקרים ומומחים, הכוללים גם נציגים מאוניברסיטאות וגופים מחוץ לטכניון, הדרושים לפעילות הבין-תחומית.

4 פעילות מקצועית

סקירות של פרויקטים שונים, שבוצעו במוסד נאמן מוצגות בדיווחים השנתיים המופצים בציבור. חומר זה ופרסומים אחרים מוצגים באתר האינטרנט של המוסד www.neaman.org.il.

תחום מחקרי מדיניות לאומית הקשורים במדע וטכנולוגיה הנו גרעין הפעולה של מוסד נאמן. הוא משתלב בפעילויות יישום ופעולות משלימות נוספות, שעיקרן הוא יצירת קשר עם השטח, בכל הקשור לנתונים הנדרשים למחקרי מדיניות, שמטרתן ליצור תודעה בציבור המקצועי ובציבור מקבלי ההחלטות כדי ליישם את מחקרי המדיניות. הפעילות במחקרי מדיניות מקיפה ארבעה תחומים עיקריים: מדע-טכנולוגיה-כלכלה; סביבה תשתיות ותכנון לאומי; טכנולוגיה וחברה; חינוך אוניברסיטאי, הון אנושי והתפתחויות מדעיות. פעילויות היישום כוללות, בין השאר, ייזום וניהול של השותפים האקדמיים בקונסורציה שבמסגרת מגנט ומאגרי מידע לשימוש החוקרים והציבור הרחב.

מוסד שמואל נאמן
למחקר מתקדם במדע וטכנולוגיה



הערכת האיכות של מחקר הנדסי/מדעי והשפעתו על התעשייה, הכלכלה והחברה: סקירת ספרות

ורד סגל
אורלי נתן-שץ
אורית ברל
הנחייה: ד"ר דפנה גץ

אוגוסט 2006

Evaluation of Engineering/Scientific Research and its Impact on Industry, Economy and Society: A Literature Review

Daphne Getz • Vered Segal • Orly Nathan-Shats • Orit Berl

מוסד שמואל נאמן
למחקר מתקדם במדע וטכנולוגיה
הטכניון, חיפה 32000
טלפון: 04-8292329, פקס: 04-8231889
<http://www.neaman.org.il>

© כל הזכויות האקדמיות לפרסום זה שמורות לחוקרים ולמוסד שמואל נאמן למחקר מתקדם במדע וטכנולוגיה.

למען הסר ספק, מודגש בזאת כי החוקרים ו/או מוסד נאמן למחקר מתקדם במדע וטכנולוגיה לא יהיו אחראים לכל נזק ו/או להוצאה ו/או להפסד מכל מין וסוג אשר יגרמו ל/או עלולים להיגרם לכם או למי מטעמכם עקב דו"ח זה, או בהקשר אליו.

אין להעתיק, לצלם או לשכפל כל חלק מפרסום זה ללא רשות בכתב ומראש מבעלי הזכויות.

מסת"ב: 965-90911-3-3 ISBN:

תודה להנהלת הטכניון
ולפרופ' אביב רוזן,
המשנה הבכיר לנשיא הטכניון,
על הסיוע במימון המחקר

תוכן העניינים

9	מבוא
11	1. הרקע להערכת מחקרים
11	1.1 המחקר ההנדסי והמחקר המדעי
13	1.2 הרקע להערכת איכות המחקר ההנדסי והמדעי
14	1.3 המימדים להערכת המחקר ההנדסי והמדעי
15	2. השיטות להערכת מחקרים
15	2.1 הערכת עמיתים (Peer review)
16	2.1.1 הערכת עמיתים מובנית (Modified Peer Review)
17	2.1.2 הכרה מצד עמיתים
18	2.2 ביבליומטריקה Bibliometrics
19	2.2.1 מספר הפרסומים
20	2.2.2 מדד הציטוטים
22	2.2.3 מדדי קדימות
22	2.2.4 פרסום משותף ושיתופי פעולה במחקר
23	2.2.5 פטנטים
24	2.2.6 מספר ציטוטי הפטנטים
25	3. תכנון אסטרטגי ותקציבי מחקר
26	4. מחקרי דירוג בינלאומיים ולאומיים של אוניברסיטאות מחקר
27	4.1 מחקרי דירוג בינלאומיים של אוניברסיטאות מחקר
27	4.1.1 דירוג האוניברסיטאות בעולם של ה-Times Higher Education Supplement
30	4.1.2 דירוג אוניברסיטת שנחאי לאוניברסיטאות בעולם
34	4.2 דוגמאות למחקרי דירוג הנערכים לדירוג אוניברסיטאות במדינה מסוימת
34	4.2.1 דירוג האוניברסיטאות בארה"ב
37	4.2.2 דירוג האוניברסיטאות בבריטניה
39	4.2.3 דירוג האוניברסיטאות בגרמניה
40	5. חשיבותה של הערכת השפעה של המחקר ההנדסי על הכלכלה, התעשייה, והחברה
40	6. מימדים להערכת השפעת המחקר ההנדסי
44	7. הערכת ההשפעה של העברת ידע מהאוניברסיטאות
45	7.1 פרסום
46	7.2 מתן ייעוץ טכני
47	7.3 זליגת ידע (Spillover)
49	8. הערכת ההשפעה של הכשרת הבוגרים באוניברסיטאות

52	9. הערכה של העברת טכנולוגיות מהאוניברסיטאות לתעשייה
54	9.1 תוכניות ממשלתית לעידוד שיתופי פעולה בין האקדמיה לתעשייה
55	9.2 חברות היישום להעברת טכנולוגיה מהאקדמיה לתעשייה
58	9.3 מסחור פטנטים והענקת רישיונות
61	9.4 הקמת פארקים מדעיים
62	9.5 פרמטרים ומדדים אפשריים להערכת השפעה של אוניברסיטאות על כלכלת האזור
64	10. הערכת השותפות בין האוניברסיטה לתעשייה בתהליך החדשנות
65	10.1 רשתות עבודה ואינטראקציות חברתיות (Networks and social interactions)
66	10.2 הקמת חברות הזנק/Spin off
67	11. הערכת השפעת המחקר על צמיחה כלכלית באמצעות מודלים כלכליים
68	11.1 מודלים המשתמשים בפונקציות ייצור (Production function analyses)
69	11.2 שיעור התשואה החברתי (Social rate of return)
70	12. הערכת ההשפעה של המחקר על החברה (רווחת הציבור)
71	12.1 השפעת המחקר האקדמי על התעסוקה
72	12.2 מעורבות נשים במחקר הנדסי
73	12.3 חקרי מקרה של השפעות המחקר על רווחת הציבור
74	רשימת מקורות

רשימת הטבלאות

13	טבלה 1: מדדים אפשריים להערכת מחקר הנדסי
	טבלה 2: דירוג האוניברסיטאות בישראל בהשוואה לעשר האוניברסיטאות המובילות בעולם על-פי דירוג ה-TIMES HIGHER EDUCATION SUPPLEMENT
29	
31	טבלה 3: הקריטריונים לדירוג האוניברסיטאות בעולם לפי אוניברסיטת שנחאי
32	טבלה 4: תוצאות הדירוג האקדמי של אוניברסיטאות בעולם (2005) לפי אוניברסיטת שנחאי
33	טבלה 5: מספר מוסדות המחקר שנכללו בדירוג האוניברסיטאות של אוניברסיטת שנחאי
	טבלה 6: עשר האוניברסיטאות המובילות בארה"ב ב-2004, על-פי TOP AMERICAN RESEARCH
35	UNIVERSITIES
36	טבלה 7: דוגמא לדירוג של תוכניות מחקר PHD בתחום הנדסת חשמל באוניברסיטאות בארה"ב
38	טבלה 8: דוגמא להערכת ה-RAE בבריטניה לדירוג התחומים באוניברסיטת ברמינגהם ב-2001
38	טבלה 9: דוגמא להערכת ה-RAE בבריטניה בתחום הנדסת חשמל ואלקטרוניקה ב-2001
41	טבלה 10: המימדים והאינדיקטורים להשפעת המחקר
51	טבלה 11: מדדים אפשריים להערכת היקף השפעה של בוגרי האוניברסיטאות*
63	טבלה 12: הפרמטרים והמדדים בשאלון ה-AUTM להעברה טכנולוגית
72	טבלה 13: מדדים אפשריים להערכת השפעת המחקר על התעסוקה*

רשימת איורים

- איור 1: "המודל הליניארי" ממחקר מדעי-בסיסי לפיתוח טכנולוגיות ומוצרים חדשים 12
- איור 2: מודל דינאמי משופר 12
- איור 3 : תהליך העברת טכנולוגיות מהאקדמיה לתעשייה 55
- איור 4: הכנסות מתמלוגים על פטנטים במיליוני דולרים 60

תפקידו של המדע ומעמדו בחברה הולך ומשתנה, והוא נושא לדיון מתמשך. סוציולוגים של המדע מציעים הסברים שונים לתופעה, אבל אין חולק על כך, שבחברה המודרנית שינוי כזה מתרחש.

בספר "Rethinking Science" של Nowotny, Scott, & Gibons (2001) מוצג הוויכוח הציבורי המתקיים היום על השינוי בתפקיד המדע בחברה ואת המשמעויות שיש לכך למדע - המערכת ליצירת ידע, ולחברה, אשר תובעת יותר מעורבות והשפעה על תהליכי יצירת הידע. בעידן שנקרא על-ידי רבים עידן המידע והידע, יש ליוצר הידע העיקרי, המחקר המדעי, מקום חשוב ומרכזי אבל לא במנותק מההתרחשות הפוליטית והחברתית. מדיניות המדע של מדינות וארגונים בינלאומיים חשובים כמו ה-OECD והאיחוד האירופי, מציבים את הידע המדעי בלב כלכלת הידע וכמנוע הצמיחה הכלכלי העיקרי. כתוצאה מהשינויים שחלו במדיניות לגבי מדע וחדשנות, התפתחו שיטות חדשות להערכה של מחקר מדעי והנדסי במטרה לכוון, לתאם ולקבוע את סדר היום של ארגונים, של שטחי מחקר ותוכניות מחקר.

השטח העוסק בהערכה של איכות מחקר הנדסי ומחקר מדעי עובר התפתחות ושינויים בשנים האחרונות. הוא נסמך על שני זרמים של מוטיבציות ורציונל: מצד אחד, הערכת המחקר היא חלק מובנה וחשוב בתהליך של קבלת תוצאות המחקר והטמעתן. מהצד השני, קיימת דרישה גוברת להעריך ולבחון את כל המחקרים המבוצעים בגופים שנתמכים על-ידי הציבור/המדינה, גם בהיבט של רמתם והישגיהם המדעיים/הנדסיים אבל גם מההיבט של השפעתם על תהליכי השינויים בחדשנות הטכנולוגית עם השלכותיה על החברה והכלכלה.

השטח העוסק בנושאים הקשורים להערכת מחקר וטכנולוגיה התפתח מאוד בשנים האחרונות, והוא נחשב כיום לאחד התחומים המעשיים העיקריים של קבוצות מחקר באוניברסיטאות העוסקות במדיניות מחקר, טכנולוגיה וחדשנות. כמו כן, הוקמו בגופים וברשויות ממשלתיות וגם בחברות מסחריות יחידות המתמחות בתחום זה. הצורך להעריך את העבודה המדעית וההנדסית קיים שנים רבות, והוא חלק מהתרבות המחקרית ודרכה של הקהילה המדעית לבחון ולאמץ את תוצאות המחקר והישגיו. מאז הופעת כתבי העת הראשונים, נבחנו הפרסומים לפני קבלתם ופרסומם על-ידי מומחים; הערכה של איכות מחקר היא גם חלק מתהליך קבלת חברי סגל, וחלק בתהליכי אישור של הצעות מחקר לצורך קבלת מענקי מחקר, אישור תארים אקדמיים ופרסים. הערכת איכות המחקר והביצועים של החוקר היא חלק טבעי והכרחי בכל התהליכים שהוזכרו. הקריטריונים שהיו נהוגים להערכה של הרמה וההישגים המדעיים/הנדסיים היו "מדעיים טהורים" כמו נכונות, הדירות, חשיבות ליצירת הידע. ההתפתחויות של השנים האחרונות ובעיקר של שלושת העשורים האחרונים לגבי הקשר מדע - חברה ומדיניות המדע והטכנולוגיה, יצרו דרישה להעריך את המחקר לא רק מצד השפעתו על יצירת הידע ועל ההתקדמות המדעית בתחומו בעולם, אלא גם את האימפקט שהוא יוצר על החברה והכלכלה. הגישות הנהוגות היום להערכה של מחקר מדעי והנדסי מדגישות את הצורך לבחון את הנושא בצורה רחבה ולראות בהערכה תהליך חברתי, שכלולים בו שיקולים והשפעות רוחביות ויש לו בעלי עניין לא רק בקהילה המדעית אלא גם בצרכנים של תוצאות המחקרים בציבור הרחב ובין גורמים ממשלתיים המעורבים והמשפיעים על מדיניות המדע.

סקירת הספרות הנוכחית הינה חלק מעבודה, שבוצעה במוסד שמואל נאמן בהזמנת הנהלת הטכניון, שבה נבחנה רמת המחקר ההנדסי בטכניון ובאוניברסיטאות בישראל בהשוואה לעולם, על סמך נתונים ביבליומטריים. העבודה

כוללת שלושה חלקים שמופיעים בפרסומים נפרדים. בחלק הראשון המובא בפרסום זה, מוצגת סקירת ספרות לבחינת הקריטריונים להערכת מחקר הנדסי/יישומי ומחקר מדעי/בסיסי והשיטות הנפוצות בעולם להערכתם, וסקירה של השיטות שבשימוש כיום להערכת ההשפעה של המחקר על הכלכלה, התעשייה והחברה. סקירת הספרות כוללת את הרקע והמימדים השונים להערכתם של המחקר המדעי/בסיסי והמחקר הנדסי/יישומי: נסקרו שתי השיטות המרכזיות להערכת מחקרים: הערכה על-ידי עמיתים וביבליומטריה, ומדדים נוספים כמו המשאבים העומדים לרשות המחקר באוניברסיטאות ודרך ניהול הקצאת המשאבים, שמהווים מדד עקיף להערכת איכות המחקר באוניברסיטאות. מוקדש פרק לדירוג האוניברסיטאות בעולם תוך הדגמה של דירוגים שונים המשלבים מגוון קריטריונים ושיטות. בהמשך, מתמקדת סקירת הספרות בשיטות ומדדים להערכת ההשפעה של המחקר הנדסי על הכלכלה, התעשייה, והחברה מבחינת חשיבותה של השפעה זו והמימדים להערכתה, ונסקרת בהרחבה ההשפעה של העברת הידע מהאוניברסיטאות, הכשרת בוגרים, העברת טכנולוגיות מהאוניברסיטאות לתעשייה והשותפות בין האוניברסיטאות לתעשייה בתהליכי חדשנות, ובהערכת השפעת המחקר על הצמיחה הכלכלית ועל החברה.

בחלק השני של העבודה, נערך ניתוח ביבליומטרי על בסיס מאגרי המידע של ה-ISI (Institute of Science Information, Philadelphia) במטרה להשוות את התפוקה המדעית של ישראל ביחס למדינות העולם ואת התפוקה המדעית של הטכניון ביחס למוסדות אחרים בארץ ובעולם. בחלק השלישי, הוצגו נתונים ואינדיקטורים בשלושה תחומי ידע: הנדסת חלל, ביוטכנולוגיה ו-ICT.

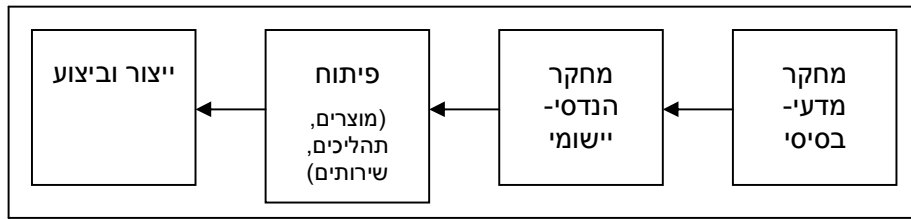
1. הרקע להערכת מחקרים

1.1 המחקר ההנדסי והמחקר המדעי

בספרות המחקרית קיימת הבחנה בין מחקר הנדסי-יישומי למחקר מדעי-בסיסי. למרות שלכל אחד משני הסוגים של המחקר (המדעי-בסיסי וההנדסי-יישומי) יש מאפיינים המייחדים אותו, ניתן לראות בהם גם גורמים אינטראקטיביים המשפיעים זה על זה (Stocks, 1997). ההבחנה ביניהם חשובה, שכן למאפיינים המייחדים את המחקר ההנדסי-יישומי מהמחקר המדעי-בסיסי, יש השלכות על הקריטריונים והשיטות המתאימים להערכת כל אחד מסוגי מחקר אלה.

המחקר ההנדסי/יישומי עוסק בחקר, חיפוש ידע והבנה מעמיקים המכוונים לפיתוח, שמטרתו תועלת ורווחה לחברה. המחקר ההנדסי הוא אינטרדיסציפלינרי, הוא תלוי, בדרך כלל, בתשומות ממספר תחומים, ולכן מאופיין גם בהסתכלות על נושא מכמה היבטים. התוצר הסופי של המחקר ההנדסי הוא פיתוח טכנולוגיות טובות יותר בעלות נמוכה יותר, הנותן מענה לצרכים חברתיים וכלכליים ספציפיים (Malpas, 1991; National Science Foundation, NSF, 1996; The Royal Academy of Engineering, RAE, 2000). לעומת זאת, **המחקר המדעי-בסיסי** עוסק בצבירת ידע והבנה מעמיקים של מאפיינים והתנהגות של הנושא הנחקר ללא כוונה יישומית, למרות, שיתכן וישתייך לתחומים, שיש בהם עניין מסחרי מיידי או פוטנציאלי (NSF, 1996). המחקר המדעי מתמקד, לרוב, בבעיה הקשורה לתחום מוגדר, ויתפתח מתוך סקרנות ורצון להרחיב את בסיס הידע (RAE, 2000). חשיבותו ותרומתו של המחקר המדעי-בסיסי הינה בהבנת הטבע וחוקיו ללא כל מחשבה לגבי אופנים עתידיים ליישומו, שכן היצירתיות שבמחקר עלולה להיפגע, אם תתקיים חשיבה בשלב מוקדם מדי אודות שימושים מעשיים (Bush, 1945). במאמר שפרסם (Bush, 1945), הוא מבחין בקונפליקט שבין מטרת המחקר המדעי – הבנה, לבין מטרת המחקר היישומי – שימוש; הבחנה היוצרת את ההפרדה בין קטגוריות המחקר המדעי-בסיסי והמחקר ההנדסי-יישומי. חלוקה זו הייתה מקובלת מאז פורסם המאמר, ונעשה בה שימוש קבוע על-ידי גופים רבים המספקים נתונים אודות מחקר ופיתוח. Bush (1945) ציין כי המחקר המדעי קובע את קצב ההתקדמות הטכנולוגית בכך, שהוא מהווה את הבסיס עליו נבנה המחקר היישומי. המחקר המדעי מוביל לידע חדש ולהון מדעי המספקים את האמצעים מהם נלקחים יישומי הידע הטכנולוגיים המעשיים בנתינת מענה למגוון צרכי החברה הכלכליים, ביטחוניים, בריאותיים ואחרים. מוצרים חדשים ותהליכים חדשים מבוססים על עקרונות ומושגים חדשים שפותחו במחקר המדעי. הרעיון המרכזי של התפתחות ליניארית של הידע המדעי, שהוצג על-ידי (Bush, 1945) מציג התקדמות ליניארית- מהמחקר המדעי למחקר ופיתוח יישומים ולייצור ותפוקה של מוצרים ותהליכים חדשניים (איור 1; Stocks, 1997).

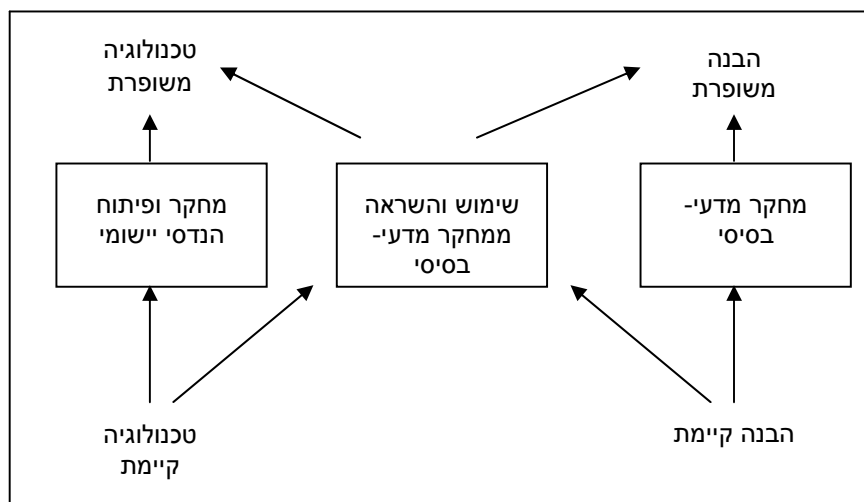
איור 1: "המודל הליניארי" ממחקר מדעי-בסיסי לפיתוח טכנולוגיות ומוצרים חדשים (Stokes, 1997).



Stokes (1997) ציין, כי לא ניתן לבצע הבחנה בין המחקר המדעי למחקר היישומי בעבור כל פרויקט מחקרי, שכן קיימים מחקרים מדעיים רבים המושפעים ומובלים הן על-ידי הרצון להבין והן על-ידי השאיפה ליישם. Stokes מתאר את המודל של Bush (1945) כלא ריאלי, חד מימדי וכבעל ראייה צרה לגבי חשיבותו של המחקר המדעי לקידום הטכנולוגיה, ומבקר אותו בכך שאינו כולל את כל הגורמים המביאים בפועל לחדשנות טכנולוגית. Stokes מציע מודל דינאמי, מורכב, הכולל דרכים רבות המובילות מגילויים מדעיים לקידום טכנולוגי, ורואה בשני סוגי המחקר, המדעי והיישומי, גורמים הפועלים זה על זה ויחד עם זאת גם בעלי מאפיינים אוטונומיים (איור 2).

לעיתים קרובות, מדע עובר מרמת הבנה קיימת לרמת הבנה גבוהה יותר באמצעות מחקר מדעי-בסיסי, שבו לקדמה טכנולוגית יש תפקיד קטן. באופן דומה, לעיתים קרובות, עוברת טכנולוגיה ממצב קיים ליכולת טכנולוגית משופרת באמצעות מחקר הנדסי בעל כיוון יישומי צר, שבו לקדמה במדע תפקיד קטן. יחד עם זאת, כל אחד משני המסלולים האלה, מושפע יותר בזמנים מסוימים מהאחר, ההשפעה יכולה להתרחש בשני הכיוונים, כשההשראה מהמחקר המדעי-בסיסי מקשרת בין שני המסלולים. גישה יותר ריאלית לקשרים שבין המדע והטכנולוגיה, יכולה לאפשר את התפקיד החשוב והקריטי של שימוש והשראה ממחקר מדעי-בסיסי בקישור בין שני המסלולים של ההבנה המדעית ויישום הטכנולוגיה (Stokes, 1997).

איור 2: מודל דינאמי משופר (Stokes, 1997)



במודל המשופר, בהשוואה למודל הליניארי, נעשה ניסיון לתאר את מגוון המשתתפים התורמים לתהליכי חדשנות ואת הקשרים ביניהם (Fredriksen, Hansson, & Wenneberg, 2003). Stokes (1997) מדגיש שיש

מקום לשינוי התפיסה הליניארית, המפרידה באופן חד בין המחקר המדעי-בסיסי למחקר ההנדסי-יישומי, משום שלרוב, היא זו המכתיבה את אופן קביעת המדיניות הממשלתית העוסקת בהקצאת משאבים למחקרים. בשל המטרות השונות והמאפיינים השונים של המחקר המדעי-בסיסי ושל המחקר ההנדסי-יישומי, קיימות שיטות הערכה המתאימות יותר להערכת כל אחד משני סוגי מחקר אלה. בטבלה 1 מוצגים מדדים המתאימים להערכת מחקר הנדסי-יישומי.

טבלה 1: מדדים אפשריים להערכת מחקר הנדסי

(RAE, 2000)

מדד	דוגמאות של מרכיבים
פרסומים	פרסומים אקדמיים, ספרים, דוחות
הכרה מצד עמיתים (Peer recognition)	הכרה מקצועית, פרסים, הזמנה להרצאות
ייעוץ	חברות בוועדות ייעוץ, ייעוץ לחברות
שיתופי פעולה, תמיכה תעשייתית	פרויקטים מחקריים בין תחומיים, פרויקטים משותפים עם התעשייה
פטנטים ותוצאות שימושיות של מחקר	פטנטים, רישיונות, חברות Spin-off, מוצרים ותהליכים חדשניים
אינדיקטורים של Core capability	מספר הסטודנטים
אינדיקטורים של יכולות תמיכה	תשתית מעבדתית, תשתית ידע וכוח אדם, ניסיון עבר במחקר איכותי ורלוונטי
מעורבות בחיי הקהילה והחברה	מספר אנשי צוות המעורבים בתפקידים מקצועיים חברתיים ופעילויות ציבוריות
תכנית אסטרטגית ותכנון משאבים	רלוונטיות של אסטרטגיה מחקרית למשימה ומטרה נבחרת

חלק מהמדדים מעריכים את המחקר האקדמי מבחינת מספר תוצאות המחקר ואיכותו, וחלקם בוחנים את השפעת המחקר על הטכנולוגיה, התעשייה והחברה. פרוט של המדדים השונים יובא בהמשך בסקירת השיטות להערכת המחקר, ובסקירה לבחינת השיטות להערכת השפעת המחקר ההנדסי על הכלכלה, החברה והטכנולוגיה.

1.2 הרקע להערכת איכות המחקר ההנדסי והמדעי

התפקיד של המדע ומעמדו בחברה עוברים תהליך של שינוי. אם בעבר, כל שהיה על המדע לעשות הוא ליצור ידע חדש ולפרסמו, הרי שכיום הוא מחויב להוכיח את חיוניותו לחברה הדורשת יותר הבנה, מעורבות והשפעה (Gibbons, 1999). בעבר, היחס למחקר ולחוקרים היה מבוסס על גישה מסורתית: מדע ומוסדות המחקר נהנו מאוטונומיה, בעוד שכיום, ההתייחסות למדע היא של מערכת ליצירת ידע בחברה התובעת יותר מעורבות והשפעה על תהליכי יצירת הידע (Nowotny et al., 2001). התייחסות חדשה זו, הביאה ב-1997 להוספת משימה שלישית מעבר לשתי משימות המחקר וההוראה שהאוניברסיטה ממלאת. לפי המשימה

השלישית, על האוניברסיטאות מוטלת החובה להודיע לציבור על המחקרים הנעשים בהם, ולשתף פעולה עם גורמים נוספים בחברה על מנת להחליט במשותף על מטרות ובעיות המחקר. מעבר לכך לא קיים פירוט לגבי המשימה השלישית, ולכן הדרך ליישומה נתונה לפירוש האוניברסיטאות (Jacob, Lundqvist, & Hellsmark, 2002). Nowotny et al. (2001), הציגו את מושג ה-Agora על מנת להעלות לדיון את השינויים המתרחשים בקשרים שבין המדע לחברה. מקורו של המושג בכיכר העיר ביוון הקלאסית בה נהגו אנשים להיפגש, לדבר, להתווכח ולהחליף דעות ורעיונות. השימוש במושג כיום מציג את הרעיון של לוגיקה חדשה וקשרים חדשים בין החוקרים, יצרני הידע המדעי, והחברה, ומדגיש את חשיבות הקשרים, התהליכים והדיאלוג בין הגורמים השונים המעורבים שיש להם רצון להשפיע (Frederiksen et al., 2003).

קיימת כיום דרישה גוברת להעריך ולבחון את כל המחקרים המבוצעים בגופים אשר נתמכים על-ידי הציבור/המדינה, הן מבחינת רמתם והישגיהם המדעיים/הנדסיים, והן מבחינת השפעתם על תהליכי החדשנות הטכנולוגית והשלכותיה על החברה והכלכלה. במהלך עשרים השנים האחרונות התפתחו שיטות חדשות להערכת מחקר הנדסי ומדעי במטרה לבחון את הנושא בצורה רחבה, שתיתן מענה למגוון בעלי עניין בקהילה המדעית, בציבור הרחב ובקרב גורמים ממשלתיים שמעורבים ומשפיעים על מדיניות המדע. דוגמה למעורבות של משתמשים/צרכנים בתהליך המחקר והפיתוח אפשר לראות בעבודה, שבוצעה במוסד נאמן על-ידי Getz & Kahane (2002), בה נבחנו צורות שונות למעורבות ולהשפעה של צרכנים ומשתמשים על תהליכי המחקר ונושאי המחקר בישראל (במסגרת תוכנית מג"ט) ובצרפת.

הצורך והדרישה להערכה של איכות המחקר המדעי/הנדסי קבלו ביטוי חוקי בארצות הברית והם קיימים כחלק אינטגרלי של תוכניות המו"פ של האיחוד האירופי. ההדגשה שניתנת על-ידי הממסד של המדינות לנושא ההערכה של הפעילות המחקרית, נובע גם מהצורך להצדיק את ההוצאה הלאומית למחקר. מגמה זו באה לידי ביטוי חוקי בארצות הברית במסגרת חוק ה-GPRA (Government Performance and Results Act), שנחקק ב-1993. החוק מתמקד בביצוע של פעילויות ממשלתיות ובתוצאותיהן, ויש בו דרישה מכל המוסדות הפדרליים לבדוק ולדווח על תוצאות פעילותיהם על בסיס שנתי. המוסדות נדרשים לפתח תוכנית אסטרטגית, שקובעת מטרות ויעדים לתקופה של חמש שנים; להגדיר תוכנית ביצוע שנתי, שמתרגמת את מטרות התוכנית האסטרטגית ליעדים שנתיים; ולדווח על ביצוע שנתי המציג את מידת השגת היעדים. תוכנית המו"פ של הקהילה האירופית (התוכנית השישית), כוללת אף היא תוכנית הערכה המוטמעת כחלק אינטגרלי של התוכנית ברמות השונות (הפרויקט, התחום המקצועי, התוכנית והכלי הארגוני וכו'), ובעבודות נוספות שמטרתן לבחון את ההשפעות הרחבות יותר של ההשקעה בתוכנית המו"פ על המדינות החברות, לצורך בחינת המדיניות והכנסת שיפורים בתוכניות המו"פ הבאות.

1.3 המימדים להערכת המחקר ההנדסי והמדעי

הערכת המחקר באוניברסיטאות מוגדרת על-ידי Campbell (1999, p.369): "Interpreting or judging the quality, efficiency, relevance, viability and effectiveness of university research".

תחום ההערכה של מחקר וטכנולוגיה נוגע בשאלות ובנושאים שונים, והשיטות המועדפות להערכה תלויות במאפיינים השונים של כל מקרה. בתהליך ההערכה יש להתחשב ולהתייחס למימדים הבאים:

מי מבצע את ההערכה – הגורמים המעוניינים בביצוע הערכת המחקר יכולים להיות מוסד ההשכלה, או גופים ברמה הלאומית או הבינלאומית. מוסדות השכלה צריכים להעריך את נקודות החוזק והחולשה של מחקריהם ושל סביבת העבודה שלהם, על מנת לערוך סדרי עדיפויות בין תחומי המחקר ולגבש אסטרטגיה לעבודה עתידית. מחקר לגיבוש אסטרטגיה יכול להיערך גם ברמה הלאומית כחלק ממאמץ לחזק את מערכת המחקר הלאומית, לקביעת קריטריונים להקצאת תקציבים, או גם ברמה הבינלאומית, לצורך השוואה לאוניברסיטאות מחקר אחרות בעולם.

לאיזה מטרה מבוצעת ההערכה – המטרה של ביצוע הערכת המחקר יכולה להיות לצורך ניהול המחקר, הקצאת תקציבים או לצורך גיבוש אסטרטגיה.

באיזה רמה מתבצעת ההערכה – רמת החוקר הבודד, רמת הפרויקט, רמת התוכנית, רמת התחום המקצועי, רמת הארגון ורמת המדינה.

מתי מתבצעת ההערכה – ההערכה יכולה להתבצע לפני המחקר (Ex ante) על מנת להעריך את פוטנציאל ההצלחה שלו; תוך כדי המחקר – ליווי ומעקב (Monitoring); לאחר שהמחקר הסתיים (Ex post) על מנת להעריך את תוצאותיו או לאחר תקופה מסוימת מסיום המחקר על מנת להעריך את השפעתו (Geuna & Martin, 2003).

הקריטריונים להערכה – בהערכת מחקרים נוטים להתמקד בשלושה קריטריונים מרכזיים: (1) כמות/נפח תוצאות המחקר (2) איכות ומשמעות תוצאות המחקר (או פוטנציאל המחקר בהערכת Ex ante) (3) השפעה ותועלת במונחים של יצירת יתרונות טכנולוגיים, כלכליים וחברתיים (Genua & Martin, 2001).

2. השיטות להערכת מחקרים

שתי שיטות ההערכה המרכזיות המשמשות להערכת איכות המחקר הן הערכה על-ידי עמיתים ושיטות ביבליומטריות.

2.1 הערכת עמיתים (Peer review)

הערכת עמיתים היא השיטה הותיקה והחשובה ביותר להערכת איכות מחקרים (Fredrikson et al., 2003). הגדרת שיטת ה-Peer review על-ידי Gibbons & Georgiou (1987): "Peer review is the name given to the judgment of scientific merit by other scientists working in, or close to the field in question".

הערכת עמיתים מתבססת על ההנחה כי ההערכה בנוגע להיבטים שונים של מדע ואיכותו, היא הערכה של מומחה, היכולה להינתן רק על-ידי אלה שהינם בעלי ידע מספק בנוגע להתפתחות כיווני המחקר החדשים בתחום, סדר היום המחקרי, והכרות עם החוקרים הבולטים בתחום ותרומתם (Gibbons & Georgiou, 1987).

כמו כן, קיימת חשיבות רבה לבחירת העמיתים, לקיום מצב של אי תלות בין המעריכים, להבניה וניהול תהליך ההערכה, ולשיפוט לגבי הערך של תוצאות התהליך (Rip, 2000).

הערכת עמיתים הינה מכניזם לקליטה ולקידום במערכת האקדמית, לבחירת פרסומים של ידע מדעי (מאמרים, ספרים), כמו גם לקבלת החלטות בנוגע למתן מענקי מחקר ולאישור פרויקטים (Frederiksen et al., 2003). השימוש בשיטת הערכת עמיתים להערכת איכות מחקרים בעולם מתרחב: דוגמאות לכך מהוות ארה"ב, שבה הערכת עמיתים משמשת כאמצעי להערכת מחקר ופיתוח וליצירת ידע אמין (Guston, 2000), ואנגליה והולנד בהן פותחה מערכת מוסדית מקיפה להערכת המחקר באוניברסיטאות באמצעות הערכת עמיתים, מתוך אמונה גדולה יותר בשיפוט של מומחה מאשר במערכת אינדיקטורים (Campbell, 2000).

למרות חשיבותה של שיטת הערכת העמיתים, היא נמצאת תחת ביקורת מסיבות שונות: הטענה המרכזית כנגד השיטה היא שמעריכים שונים בעלי רקע שונה יפעלו בתהליך בצורה שונה. חוקרים באנגליה מאמינים שבשיטה הקיימת להערכת מחקר הנדסי בבריטניה על-ידי ה- Royal Academy of Engineering (RAE), קיימת נטייה לקחת עמיתים המייצגים את מרכז התחום המוערך ולהפחית בערך פעילויות שאינן בזרם המרכזי. המצב בו המומחים משתייכים לאסכולה הדוגלת בגישה מדעית שונה או כאלה השייכים לזרם שונה, עלול לעודד שמרנות ולפעול נגד חדשנות ויצירתיות. כמו כן, השיטה תלויה במידה רבה במידת האובייקטיביות של המומחים, ונמצא שפעמים רבות קיימות הטיות (נגד נשים, בנושאים בהם הידע חדש או בנושאים רב-תחומיים). בנוסף, קיים קושי בשימוש בשיטה של הערכת עמיתים כדי להשוות בין תחומים, ועלות השיטה גבוהה מאוד הן מבחינת ההוצאות הישירות והן מבחינת הזמן הרב הנדרש לביצועה (Kostoff, 1997).

את ההטיות, שהוזכרו ניתן להקטין למינימום על-ידי בחירה קפדנית של העמיתים המעריכים, באמצעות שימוש בניתוחים ביבליומטריים ובטכניקות כמותיות אחרות, על מנת לתמוך בהערכות המתקבלות בתהליך הערכת העמיתים ועל-ידי שימוש בהערכת עמיתים מובנית המפורטת בסעיף הבא. באחד הסקרים המקיפים ביותר בנושא תהליך הערכת העמיתים, הדגים Cicchetti (1991) כי למרות המהימנות הנמוכה של השיטה הנובעת מכך, שמעריכים שונים יפעלו באופן שונה בתהליך ההערכה, קיימת רמת אמון כללית גבוהה בשיטה.

2.1.1 הערכת עמיתים מובנית (Modified Peer Review)

המודל של הערכת עמיתים מובנית מתבסס על שיטת הערכת עמיתים המסורתית, תוך הוספת קריטריונים ארגוניים וחברתיים חדשים ובהתמקדות בלמידה קבוצתית. Fredriksen et al. (2003) מגדירים את מודל הערכת העמיתים המובנית:

"An open model for evaluating research in context, where the evaluation criteria, evaluators, and specific procedures are open to negotiation".

על-פי המודל, לצורך הערכת ex ante לאיכות מחקר, יש צורך בקביעת קריטריוני הערכה ברורים בהתאם למטרת ההערכה הכוללת, קריטריוני הערכה פנימיים (כגון: יכולת המבצע), קריטריוני הערכה חיצוניים (כגון: המידה שבה המחקר מקדם טכנולוגיה או מטרות חברתיות) ואמצעים להערכת המחקר תוך שימוש בקריטריונים אלה (איזה משקל יינתן לכל קריטריון) (Hanson, 2002). בביצוע הערכת עמיתים מובנית יש צורך בראייה הוליסטית של המחקר הכוללת גם אספקטים של ניהול, יכולת ארגון וביצוע, האמצעים מבחינת תשתית, ציוד

וכדומה, דבר הדורש מומחיות מעבר לשיפוט של תוצאות מדעיות, ועריכת מעקב אחר השימוש בתוצאות ההערכה וההחלטות להקצאת משאבים בעקבותיה (Kostoff, 1997).

מודל הערכת עמיתים המובנה התפתח במשך מספר שנים בדנמרק ובארצות סקנדינביה במטרה לפתח מדיניות מחקר ברמה הלאומית, וכדי שישמש ככלי לקבלת החלטות בנוגע למדיניות המחקר באוניברסיטאות. המודל הוצע לשימוש גם על-ידי Foss & Borum (2000) בהתבסס על חקר מקרה שערך והניסיון שצברו בשימוש במערכות הערכה באוניברסיטאות בדנמרק. הערכת עמיתים הוצעה על-ידי החוקרים כמסגרת עבודה להערכת מחקרים, כשהשיטות להערכת המחקרים צריכות להיות קשורות לסביבה או לתכנים של יצירת הידע, וממוקדות בתהליכים החברתיים והארגוניים שסביב יצירת הידע. הניסיון בדנמרק בשימוש בהערכת עמיתים מובנית הראה, שבשל שילוב של לחצים הנוגעים להפחתת עלויות ותהליכים בירוקרטיים, הפך המודל במשך הזמן ליותר רשמי וסטנדרטי (Brunsson & Jacobsson, 2000). מודל הערכת עמיתים מובנית מתאים יותר מהערכת העמיתים הקלאסית לצורך הערכת מחקר הנדסי-יישומי, בכך שהוא מאפשר לבצע תהליך מובנה, שמתחיל בקביעת קריטריונים, ומתן משקלות לדירוג חשיבותם. ה-Royal Academy of Engineering (RAE) משתמש בשיטת הערכת עמיתים מובנית לצורך הערכת המחקר ההנדסי בבריטניה, כשהערכה נעשית על-פי שלושה אלמנטים מרכזיים: תפוקה מחקרית (כגון, פרסומים, מוצרים, חומרים חדשים, מתקנים, פטנטים, ביצועים, תערוכות, אירועים, עבודות המפורסמות במדיה שאינה כתובה), סביבת המחקר (כגון: הארגון, האסטרטגיה לקידום ופיתוח סגל המחקר), ואינדיקטורים של הערכה (כגון, ההשפעה של המחקר על הקהילה האקדמית ועל משתמשים אחרים, שילוב של מספר תחומים במחקר) (RAE, 2000).

2.1.2 הכרה מצד עמיתים

הפרסים, המלגות והמענקים, המוענקים לחוקרים מאוניברסיטאות שונות מעידים על הכרה מצד עמיתים ברמה הלאומית והבינלאומית ברמתם המקצועית ובאיכות מחקריהם של החוקרים ושל המוסד אליו הם משתייכים. מחקרים רבים משתמשים במדד מספר הפרסים שחוקרים זכו בהם על מנת להעריך את איכותה של המחלקה, הפקולטה או המוסד האקדמי אליה משתייכים החוקרים. בדירוג הבינלאומי של אוניברסיטת שנחאי האינדיקטורים העוסקים בפרסים מקבלים משקל רב (שלושים אחוז), אינדיקטור ה-Alumni- מספר בוגרי האוניברסיטה (לתואר ראשון, שני ודוקטורט) שזכו בפרס נובל (עשרים אחוז) ואינדיקטור ה-Awards- מספר חברי הסגל שעבדו במוסד אקדמי בזמן שזכו בפרס נובל בפיסיקה, כימיה, רפואה וכלכלה או בפרסים תחומיים במתמטיקה (עשרה אחוז).

אינדיקציה נוספת להכרה ברמת המחקר יכולה להתקבל גם ממספר הכנסים היוקרתיים שחברי סגל מוזמנים לעמוד בראשם, להציג בהם את ממצאי מחקריהם, או להרצות במושבם. היות שקיים שוני בכמות הפרסים המחולקים בתחומי ההנדסה השונים, ומספר הכנסים שנהוג לקיים בתחומים שונים, מספרים אלה לא יכול לשמש כמדד להשוואה בין תחומים, אלא לציון מגמות המתרחשות לאורך זמן, ולמידת ההכרה הלאומית והבינלאומית לה זוכים תחומי ההנדסה השונים.

השתייכות חברי סגל לאקדמיות לאומיות למחקר מהווה מדד לכבוד ולהערכה הניתנת לחוקרים ברמה הלאומית והבינלאומית. המרכז באוניברסיטת פלורידה-The Top American Research Universities שערך דירוג של האוניברסיטאות בארה"ב, משתמש בדירוגו באינדיקטור של רמת חברי הסגל הכולל שני מדדים: האחד,

מספר חברי הסגל החברים באקדמיות לאומיות של מדע, הנדסה או רפואה והשני, מספר חברי הסגל שזכו בפרסים יוקרתיים, מענקים ומלגות בתחומי האומנות, הומאניים, מדע, הנדסה ורפואה. שני מדדים אלה משקפים לדעת עורכי הדירוג את איכות הפקולטה ואת הצלחת המוסד למשוך אליו את החוקרים הטובים ביותר (Lombardi, Capaldi, Reeves, & Gater, 2004).

בשל המגבלות השונות של שיטת ההערכה על-ידי עמיתים שצוינו לעיל, קיימת כיום נטייה לשימוש רב יותר במדדים כמותיים על מנת לתמוך בהערכה הסובייקטיבית המתקבלת מהערכת העמיתים. ההתייחסות למדדים כמותיים נחשבת ליותר אובייקטיבית ולכן גם כבעלת כוח השפעה רב על קובעי מדיניות. בין השיטות המקובלות להערכה כמותית של מחקר הנדסי/מדעי נמצאת השיטה של ביבליומטריה. נמצא שניתוחים ביבליומטרים נמצאים במתאם גבוה עם הערכת עמיתים כאשר שתי השיטות בשימוש (National Academy of Science, 1999).

2.2 ביבליומטריה Bibliometrics

ביבליומטריה מוגדרת על-ידי Georgiou (2003): "The collection, handling and analysis of quantitative bibliographic data which is usually, but not necessarily, derived from scientific texts".

זהו כלי חשוב להערכה כמותית ואובייקטיבית של הפעילות ושל התפוקה המחקרית של חוקרים, של התמחויות מדעיות של מוסדות או מדינות, של הקשרים המחקריים בין גופים שונים, של מידת השפעת פרסומים מדעיים על הקהילה המדעית והתפתחות המדע. בנוסף, שימוש בנתונים לאורך זמן מאפשר ביצוע השוואות, בחינת מגמות ואפיון תמורות שחלו במדדים השונים במדינה ובעולם, וזאת בעלות נמוכה יחסית (RAE, 2000; Ruegg & Feller, 2003; Vinkler, 2001).

לפי Persson, Luukkonen and Hälikkää (2000), השימוש במדדים ביבליומטריים של מספר פרסומים וציטוטים יעיל יותר בעבור בחינת מחקר מדעי-בסיסי מאשר מחקר הנדסי-יישומי, משום, שהמטרה במחקר מדעי-בסיסי היא לפרסם את תוצאות המחקר בעולם, ולכן הידע מדווח באמצעות פרסום מאמרים בכתבי עת, חוברות כנסים, דו"חות מחקר וספרים. החוקרים במחקר מדעי מעוניינים לפרסם את הידע לקהל הרחב ביותר בשלב מוקדם ככל האפשר על מנת להבטיח את זכות הראשונים שלהם על הידע החדש. רמת הסודיות נמוכה. לעומת זאת, המטרה במחקר הנדסי-יישומי הינה לתרגם את הידע ליישום בעל ערך מעשי, ולעיתים גם להצלחה מסחרית. כדי להבטיח את הזכויות על הידע, יש לרשום עליו פטנט. במקרה זה בחינה ביבליומטרית של פטנטים תהיה כלי משמעותי יותר (National Academy of Science, 1999).

קיימות כמה אסכולות של הערכה ביבליומטרית ולכל אחת שיטות עבודה שונות, לכן אפשר שיהיו הבדלים בניתוחים המבוצעים בשיטות השונות. לא קיימים סטנדרטים מקובלים או הסכמה לגבי השיטות או היישומים הביבליומטריים הטובים ביותר. היתרון בשיטה זו בפשטותה היחסית, היא כמותית, אובייקטיבית, ונמצאה תואמת להערכות של מומחים, לכן מקובלת על ציבור רחב של חוקרים, ובעלת השפעה על קובעי מדיניות.

פרסומים כמו מאמרים, מכתבים למערכת, ספרים, דוחות טכניים וכדומה, נסרקים וציטוטים שבהם נכנסים למאגר גדול Science Citation Index (SCI) שבונה חברה בשם Institute of Science Information

(ISI) שמושבה בפילדלפיה. בסיס הנתונים של ה-SCI מספק גישה לאינפורמציה ביבליוגרפית, שמות הכותבים, כתובתם, תקצירים, ומקורות המצוטטים ב-3,700 כתבי עת, והמכסים יותר מ-100 תחומים (Thomson Science Citation Index, 2005). ההחלטה על מהם כתבי העת שיוכנסו למאגר ה-SCI נעשית באמצעות חישוב מדד ההשפעה שלהם, שהינו היחס בין מספר המאמרים שפורסמו בתקופה מסוימת בכתב העת, למספר הציטוטים של מאמרים אלה במהלך השנתיים שלאחר הפרסום. החסרונות המועלים כנגד מדד ההשפעה הם: כמות הפרסומים תלויה בתחום, אין כיסוי שווה לתחומים שונים, לכתבי עת גדולים יש יותר השפעה מאשר לכתבי עת קטנים, לא נכללים כתבי עת רבים הכוללים כתבי עת רבות ולכן לחוקרים הכותבים באנגלית ולכתבי עת באנגלית יש השפעה רבה יותר. בתשובה טוען ה-ISI שהמאגר מכסה את כתבי העת בעלי האיכות וההשפעה הגבוהים ביותר. בעיות נוספות הינן בעיות טכניות הקשורות בבסיס הנתונים ובניתוח הנתונים על-פיו (פרוט יובא בתיאור הטכניקות הביבליומטריות השונות בהמשך). ה-ISI מנסה להתמודד עם בעיות אלה ולמזער אותן. השימוש בנתונים הביבליומטרים של ה-SCI הינו בעל ערך במידה ולוקחים בחשבון את מגבלות הנתונים ומשתמשים בניתוחים על מנת לתמוך בנתונים כמותיים ואיכותיים אחרים ולא כתחליף להם (Cameron, 2005). להלן יובא פירוט של הטכניקות הביבליומטריות המרכזיות:

2.2.1 מספר הפרסומים

בדיקה כמותית של מספר הפרסומים (מונוגרמות, מאמרים בכתבי עת, מאמרים בעיתונות, מאמרים בכנסים, דו"חות, וכו') משקפת את היקף התוצר המחקרי. השוואה בין כמויות פרסומים של גופים שונים, בין אם אלו קבוצות חוקרים, מוסדות או מדינות, יכולה לספק אומדן של תפוקה מחקרית (Okubo, 1979). בשימוש במדד זה יש לקחת בחשבון שמספר הפרסומים תלוי בין היתר, בגודל האוכלוסייה ובמספר החוקרים בכל תחום. כדי לתקן את האפקט של גודל האוכלוסייה מוסיפים את מדד מספר הפרסומים לנפש, וסופרים בכל שטח מחקר את מספר הפרסומים לנפש.

דוגמא למחקר בו נעשה שימוש במדדים ביבליומטריים של מספר הפרסומים נערך לאחרונה בתחום הרפואה על-ידי Tsay & Yang (2005) כדי לעקוב אחרי התפתחותו של תחום מסוים במחקר רפואי. החוקרים בחנו את מאפייני הפרסומים בנושא ה- 'Randomize Control Trail' (RCT), שהינה שיטה חשובה ב- 'Evidence Based Medicine' (EBM) בהתבסס על שיטות ביבליומטריות של: מעקב אחר הגידול בספרות בתחום המחקרי, היכן פורסמו המחקרים (כתבי עת, ספרים וכדומה), שפת הפרסום, המדינות המפרסמות, ונושאי המחקר הספציפיים שנחקרו תוך שימוש בשיטה זו. ניתוח הנתונים נעשה תוך שימוש ב-MEDLINE שהינו מאגר מידע בנושאי רפואה. תוצאות ההערכה הראו גידול קבוע של הנושא בספרות המחקרית, כשצורת הפרסום הנפוצה ביותר הייתה פרסום בכתבי עת, והשפה השימושית ביותר אנגלית. בנוסף, בעקבות הניתוחים הביבליומטריים יכלו החוקרים לזהות מהן סוגי המחלות בהם משתמשים במידה הרבה ביותר ב-RCT.

השינויים התכופים שקורים במאגרי המידע (הפסקת פרסומם של כתבי עת, התמזגות כתבי עת, פרסום כתבי עת חדשים), יוצרים בעיה במחקר והשוואה לאורך זמן. ה-ISI עוקב אחרי שינויים אלה ומעדכן מידי שנה את רשימת כתבי העת אותם מסקר ה-SCI (Garfield, 1979).

2.2.2 מדד הציטוטים

כמדד לאיכות, או לרמה המקצועית והתרומה של פרסומים, משמש מדד הציטוטים – ממוצע הציטוטים לו זכו הפרסומים בתקופה הנדונה (מספר ציטוטים לו זכו פרסומים במדינה/מוסד מסוים, בשטח מסוים, בתקופה מסוימת מחולק במספר הפרסומים). מדד משופר של הציטוטים ניתן לקבל על-ידי תיקון מספר הציטוטים לפי גיל הפרסום, מאחר שפרסום צובר ציטוטים נוספים במשך השנים. כמו כן, ניתן לחשב את מספר הציטוטים היחסי של מדינה (Relative citation impact) שהוא היחס בין מדד הציטוטים של המדינה לבין מדד הציטוטים העולמי.

התדירות שבה מצוטטים פרסומים משמשת כאינדיקטור לאיכותם ולחשיבותם. ככל שיותר חוקרים מצוטטים מאמר מחקרי, כך גדלות הרלוונטיות, ההשפעה, האיכות, והתפוצה המיוחסות לו. ציטוט מאמרים של חוקר בתחום מסוים יכול לשמש מדד להכרה ולהשפעה המדעית שיש לחוקר ולאוניברסיטה שלו על הקהילה המדעית. הנורמה במדע מחייבת חוקרים לצטט את העבודות המשמעותיות ביותר למחקרם. על מנת שמאמר ימשיך להיות מצוטט לאורך זמן, על המאמר להיות איכותי (Okubo, 1979). מכאן שמדד הציטוטים מהווה מדד מהימן להשפעה שיש למחקר אחד על הבאים אחריו (Czapski & Ilan, 2004). מעקב אחר ציטוט פרסומים שימושי גם לצורך זיהוי נתיבים של מעבר ידע. בחינת מי מצטט פרסומים, ומה מצוטט, יכולה לגלות לאן תחום מחקר או טכנולוגיה מתקדמים, ולהראות קשרים בין חוקרים, תחומים וארגונים (Ruegg & Feller, 2003).

Inhaber & Prezednowek (1976) ו-Garfield (1986), ניסו לבדוק בעבודותיהם, האם מדד הציטוטים מהווה אינדיקציה למצוינות באמצעות חקירת מספר הציטוטים של זוכי פרס נובל. החוקרים מצאו, שהזוכים בפרס נובל מקבלים סדר גודל רב יותר של ציטוטים מכל מדען אחר באותו תחום. החוקרים מצאו מתאם בין זכייה בפרס נובל, חברות באקדמיות מדעיות והכרה כללית של חוקרים מובילים לבין דירוג המאמרים של אותם חוקרים במדד הציטוטים, לכן מקובל להתייחס למדד זה כמשקף הישגים אקדמיים.

Narin (1976) היה הראשון שהעריך באמצעות טכניקות של ניתוח ציטוטים את ביצועיהם של מוסדות מדעיים. תוצאות מחקרו תמכו ברעיון שרמת ציטוטים גבוהה יש לה מתאם עם הערכת עמיתים חיובית לגבי חשיבותם של מאמרים מדעיים, עם דירוגי עמיתים של מוסדות מחקר, ועם אינדיקטורים בלתי תלויים אחרים של איכות מדעית של מאמרי מחקר. בהתבסס על עבודות אלה, חל גידול בתדירות השימוש במדדים של ציטוטים בשנות השמונים והתשעים להערכה ודירוג של ביצועי מחקר של אוניברסיטאות (Tijssen, Viusser, & VanLeeuwen, 2002).

אולם מועלות כמה מגבלות נגד השימוש במדד הציטוטים:

השפעות פורמאליות לא מצוטטות: קשה לזהות מהן הסיבות הגורמות לחוקר לצטט עבודה מסוימת ולא אחרת, כשלא כל הסיבות קשורות לאיכות העבודה המחקרית או לתרומת החוקרים והאוניברסיטאות אליהן הם משייכים (Weinstock, 1971). MacRonerts & MacRoberts (1989) ערכו מחקר, שמטרתו לבחון את ההנחה שחוקרים מצוטטים את העבודות, שהיו בעלות ההשפעה הגדולה ביותר עליהם, בנושא הנחקר. החוקרים בחנו בצורה מעמיקה חמישה עשר מאמרים בגנטיקה ומצאו שמתוך 719 מקורות רלוונטיים, צוטטו רק 216 מאמרים, המהווים כיסוי של שלושים אחוזים. החוקרים ערכו אותה בדיקה במספר תחומים אחרים והגיעו לאותן תוצאות. ממצאי החוקרים מראים, שרוב הכותבים לא ציטטו את רוב המקורות שהושפעו מהם, ואף כותב לא ציטט

את כל המקורות שהושפע מהם. ממצאים אלה מעמידים בסימן שאלה את נכונות ההנחה שחוקרים מצטטים את כל העבודות המשפיעות עליהם.

הטיות בציטוטים: מגבלה נוספת למדד הינה בהטיות הקיימות בציטוט מאמרים (Garfield, 1979). MacRoberts & MacRoberts (1989) מצאו, שפעמים רבות לא ניתן קרדיט לחוקרים שהגו רעיון, אלא לחוקרים שהשתמשו ברעיון. החוקרים בחנו 13 עובדות שצוינו ב-23 מאמרים, ומצאו, שלמרות ש-93 פעמים נעשה שימוש בעובדות, רק 37 אחוזים מהן צוטטו בצורה נכונה. ציטוט עבודתם של חוקרים אינו קשור תמיד למקוריות, חשיבות או לאיכות העבודה, אלא יכול להיות תלוי במגוון גורמים כגון: נטייה לצטט חוקרים מפורסמים או חוקרים עימם מקיים החוקר קשרי מחקר (MacRoberts & MacRoberts, 1989; Okubo, 1979). כמענה לטענה, שלמצטטים ולמצוטטים יש לרוב קשרים והכרות אישית ואינטלקטואלית, ניסו White, Wellman & Nazer (2004) לבדוק האם ציטוטים משקפים מבנה חברתי. הם בחנו את הנטייה של חוקרים לצטט זה את זה, בקרב 16 חוקרים משבעה תחומי מחקר, שביצעו מחקר משותף ב-1973, על התפתחות האנושות. התוצאות הראו, שקבוצת המחקר ציטטה בפרסומיה יותר עבודות של חוקרים המשתייכים לקבוצת המחקר מאשר של חוקרים שאינם שייכים לקבוצה. בנוסף, נמצא שקשרים אינטלקטואליים המבוססים על תכנים משותפים ניבאו שחוקרים יצטטו אחד את השני יותר מקשרים חברתיים.

השפעות לא פורמאליות לא מצוטטות: מדד מספר הציטוטים מתבסס על תקשורת מדעית פורמאלית, שבאה בעקבות פרסום מאמרים בכתבי עת וספרים, ואינו לוקח בחשבון ידע רב המועבר בערוצים לא פורמאליים. קיימים מחקרים רבים של ניסוי וטעייה הידועים לאנשים בתוך הקהילייה המדעית אך אינם מפורסמים, כמו גם דיונים בין מדענים לגבי נתונים, שיטות, ציוד והמשמעויות של מחקרים. רמת תקשורת זו מגיעה בצורה מצומצמת מאוד לפרסום הפורמאלי, והמדע לא יצר מכניזם לתעד ידע הנובע מהשפעות לא פורמאליות חשובות אלה (Edge, 1979).

ציטוט עצמי: ציטוט עצמי מהווה בעיה נוספת בעלת היקף נרחב של כ-30-10 אחוזים מכלל הציטוטים (Garfield, 1979). ציטוט עצמי מתייחס לחוקר המצטט עצמו בפרסום חדש שלו. Tagliacozzo (1977) שבחנה מאמרים בפיזיולוגיה ובנבירה-ביולוגיה, על מנת ללמוד על בעיית הציטוט העצמי, הסיקה שלחוקרים קיימת נטייה רבה יותר לצטט את העבודות של עצמם מאשר עבודתו של כל חוקר אחר. Gami, Montori, Wilczynski, & Haynes (2004), מצאו במחקר אחר, שתכיפות הציטוט העצמי אינה קשורה לאיכות הפרסומים. נעשים ניסיונות לתקן בעיה זו על-ידי הוצאה של ציטוטים עצמיים מהניתוחים הביבליומטריים (Irvine & Martin, 1985).

סוגים שונים של ציטוטים: מדד מספר הציטוטים אינו לוקח בחשבון, שקיימים סוגים שונים של ציטוטים. למשל, הספירה על בסיס נתוני ה-SCI איננה מבחינה בין ציטוטים מאשרים לציטוטים שוללים (Cole, 1974). Moravcsik & Murugesan (1975) ו-Chubin & Moitra (1975) ערכו ניתוחי תוכן לציטוטים, שעל-פיהם הבחינו בין ציטוטים מאשרים לציטוטים שוללים. הבחנה זו מדגישה את הבעיה שבספירה פשוטה של ציטוטים חסרה המורכבות של משמעותם. ביקורות רבות עלו כנגד ממצאים אלה והחלוקה לקטגוריות של הציטוטים. MacRoberts & MacRoberts (1984) מצאו, ששיעור הציטוטים השליליים נמוך מאוד כיוון שחוקרים ממעטים לתת קרדיט שלילי. למרות שמקרים אלה מועטים, קיימת חשיבות לביצוע ניתוחי תוכן לציטוטים.

שוני בשיעור הציטוטים: בשל השוני הקיים בדפוס הציטוטים בין תחומים, תתי-תחומים ומדינות, לא ניתן להשוות על-פי מדד זה תחומים שונים. Narin (1976) מצא שבהנדסה, טכנולוגיה ומתמטיקה, שיעור הציטוטים נמוך, בעוד שבפסיכולוגיה וביולוגיה שיעור הציטוטים גבוה. Murugesan & Moravcsik (1978) השוו את מספר הציטוטים של מאמרים בפיסיקה בכתבי עת בברה"מ, אירופה, ארה"ב ויפן, ומצאו שלברה"מ יש באופן מובהק פחות ציטוטים מאשר לשאר המדינות. Bates (1980) חקרה את שיעור הציטוטים כפונקציה של כמות הציטוטים בנושא, ומצאה שהחוקרים בתחומים בהם מחולקים פרסי נובל מצוטטים בשיעור של יותר מפי עשרים מחוקרים בתחומים אחרים. Peritz (1983) מצא שמאמרים העוסקים בשיטות מחקר מצוטטים במידה רבה יותר ממאמרים תיאורטיים או מחקרניים. כתבי עת באנגלית וכתבי עת מערביים מיוצגים במידה הרבה ביותר, בעוד שמדינות קטנות, לא מערביות, וכתבי עת שאינם באנגלית מיוצגים במידה הנמוכה ביותר. בניתוחים ביבליומטריים המבוצעים תוך שימוש בנתוני ציטוטים להשוואות בינלאומיות מבוצעים תיקונים סטטיסטיים על מנת לנסות לפתור הטיות אלה (MacRoberts & MacRoberts, 1979).

בעיות טכניות: קיימות בעיות טכניות של כתיבת שם במספר צורות הגורמות להופעת שמות שונים בבסיס הנתונים, כמו גם טעויות באיות שמות החוקרים, המאמרים, ומספור לא נכון של דפים. מעטות הטעויות שהינן חמורות עד כדי יצירת בעיות בבסיס הנתונים. מאחר שטעויות אלה אינן שיטתיות, ההנחה היא שאינן גורמות לטעויות בניתוח הנתונים (MacRoberts & MacRoberts, 1979).

2.2.3 מדדי קדימות

הקדימות לה זוכה שטח מחקר במדינה, מתבטאת באחוז הפרסומים במדינה בשטח האמור, מתוך כלל הפרסומים במדינה. מדד זה משקף את הקדימות הניתנת לתחומים השונים במדינות שונות, בהנחה, שקיים מתאם בין מספר הפרסומים למספר המחקרים, החוקרים, ותקציבי המחקר. ככל שהאחוז גבוה יותר בהשוואה לממוצע העולמי, כך גבוהה יותר העדיפות היחסית הניתנת לתחום (Czapski & Ilan, 2004). עם זאת, מדד הקדימות אינו מצביע על איכות המחקר בתחום המסוים או על רמת המחקר במדינה, אלא רק על העדיפות היחסית שניתנת במדינה למחקר בתחום זה. לדוגמא, מחקר חקלאי זוכה לקדימות במדינות אגראריות מפותחות (כמו קנדה) בהן רמת המחקר גבוהה, כמו גם במדינות פחות מפותחות (כמו קובה) בהן רמת המחקר נמוכה.

בעבודה שנעשתה על-ידי Czapski & Ilan (2004) במסגרת מוסד נאמן, ערכו החוקרים השוואה בין ביצועי המחקר בישראל לבין מדינות אחרות על-פי שלושת המדדים הביבליומטריים: מספר פרסומים, מדד הציטוטים והקדימות שניתנת לתחום. נמצא שבשנים 1999-2003, במדד של פרסומים למיליון נפש, ניצבת ישראל במקום השלישי בין כל המדינות אחרי שווייץ ושוודיה, הרבה מעל ארה"ב וממוצע מדינות האיחוד האירופי. במדד הציטוטים, ברוב השטחים מדד הציטוטים של הפרסומים הישראליים גבוה מהמדד העולמי. במדעי החלל, כימיה, ביולוגיה מולקולארית, גנטיקה ופיזיקה, מדד הציטוטים בישראל גבוה ביותר משלושים אחוז מהמדד העולמי. בשטח מדע החומרים הוא גבוה ב- 66 אחוז.

2.2.4 פרסום משותף ושיתופי פעולה במחקר

מספר המאמרים שלהם כמה מחברים מהווה מדד לשיתוף פעולה בין חוקרים ברמה הלאומית או הבינלאומית. באמצעות ניתוח מאמרים שלהם, לפחות, שני כותבים, ניתן לזהות ולייצג רשתות מדעיות ולהדגיש

קשרים בין חוקרים ומוסדות ברמה הלאומית והבינלאומית (Okubo, 1979). בנוסף, מדד זה מאפשר להעריך מגמות בשיתופי פעולה במחקר, ולעקוב אחרי התפתחות של תחומי מחקר חדשים. במחקר רב תחומי ההתייחסות לנושא הנחקר הינה מזוויות ראייה שונות, תוך שימוש בנקודות הסתכלות ממספר תחומים. שיתופי פעולה במחקר מקושרים ליצירתיות, לקדמה ולחדשנות. חשיבה משותפת, החוצה דיסציפלינות, מתוארת כאלמנט מפתח בקידום המדע. Morillo, Bordons, & Gomez (2003) בחנו מהם התחומים בהם מתקיים שיתוף הפעולה הבינתחומי הרב ביותר, תוך שימוש בבסיס הנתונים של ה-SCI. החוקרים מצאו, שבתחומי הביו-רפואה והטכנולוגיה מתקיים שיתוף הפעולה הבינתחומי הרב ביותר, לעומת תחומי מדעי הרוח בהם שיתוף הפעולה הוא הנמוך ביותר. החוקרים מצאו, שבתחומי מחקר חדשים, שהתפתחו בשנים האחרונות, יש נטייה גבוהה יותר לשיתופי פעולה ורב-תחומיות מאשר בתחומים ותיקים.

הבעיות בשימוש במדד נוצרות כאשר חוקר עובד בכמה מוסדות מחקר, דבר שעלול לגרום לכך שיופיע בצורות שונות במאגרי מידע שונים. בעיה נוספת קשורה לדרך החישוב של חלקו של כל חוקר במחקר משותף. קיימת אפשרות לתת ניקוד מלא לכל אחד מהחוקרים, או לחלק את הניקוד בין החוקרים (Lindsey, 1982). השימוש בשיטת ניקוד שונה יכול ליצור הטיה בהשוואות לאומיות ובינלאומיות (Okubo, 1979).

2.2.5 פטנטים

פטנטים מהווים את הצורה הבסיסית של הגנה חוקית להמצאות שפותחו על-ידי חברות, מוסדות או חוקרים בודדים, ולכן ניתן לראות בהם מדד לכושר המצאה וליכולות טכנולוגיות ברמה המדינה, ברמת התעשייה וברמת החברות או מוסדות המחקר. חלוקת הפטנטים על-פי תחומים מאפשרת לראות מהם התחומים המובילים בהם מתבצע מחקר הנדסי-יישומי. ספירת מספר הבקשות לרישום פטנטים מהווה מדד למידת החדשנות והטכנולוגיה ברמת המדינה, התעשייה והמוסד. מספר רישומי הפטנטים מתוך מספר הבקשות לרישום פטנטים מהווים מדד להצלחה ברישום פטנטים. סטטיסטיקת פטנטים נכנסת יותר ויותר לשימוש בהערכת הפירות וההשפעות של הטכנולוגיה והמדע. הבקשות לרישום פטנטים בארה"ב עוברות ניתוח מעמיק לבחינת מקוריות ההמצאה, ומכילות תיעוד מפורט, שיכול לשמש לצורך ניתוח ביבליומטרי (Okubo, 1997). נהוג להבחין בשלושה מדדים הקשורים לבקשות לרישום פטנטים:

מספר הבקשות לפטנטים המוגשות על-ידי חוקרים תושבי מדינה מסוימת בתקופה מוגדרת, מעיד על תפוקה טכנולוגית ויישומית כתוצר של המחקר המבוצע במדינה.

מספר הבקשות הבינלאומיות לרישום פטנטים במדינה מסוימת, המוגשות על-ידי חוקרים, שאינם תושבי אותה המדינה, מצביע על הופעת טכנולוגיות חדשות. ההיצע הטכנולוגי של מדינה מיוצג על-ידי סך כל מספר בקשות הפטנטים המוגשות בה. מספר הבקשות לפטנטים ברמה הלאומית הינו סכום הבקשות המוגשות במדינה מסוימת, על-ידי חוקרים תושבי המדינה ועל-ידי זרים. מדד זה מצביע על גודל ה"שוק הטכנולוגי" שהמדינה מייצגת.

בשנת 2005 נרשמו בלשכת הפטנטים הישראלית בסך הכול 6,842 בקשות לרישום פטנטים, מתוכן 1,523 (22%) בקשות לרישום פטנטים שהוגשו על-ידי חוקרים תושבי המדינה, ו-5,319 בקשות שהוגשו על-ידי חוקרים שאינם תושבי המדינה. מספר הבקשות הכולל, מקומיות ולא מקומיות, עלה בכחמישים אחוז משנת 1990.

בשנים אלה, מספר הבקשות המקומיות עלה ב-26 אחוז. החלק של הבקשות האמריקאיות מהווה בממוצע כ-39 אחוז מסך הבקשות בארץ לעומת 31 אחוז לכל שאר המדינות הזרות ביחד (גץ ועמיתיה, 2005).

מספר הבקשות לפטנטים המוגשות במדינות אחרות על-ידי תושבי מדינה מסוימת משקף את הפצת הטכנולוגיה של אותה המדינה. בשנת 2003, מספר הבקשות לרישום פטנטים הגדול ביותר של ממציאים ישראלים נעשה בארה"ב (2,611), אח"כ בארץ (1,329) ובאירופה (919). שיעור ההצלחה של פטנטים ישראליים בארה"ב (אחוז הפטנטים שאושרו מסך כל הפטנטים שהוגשו בשנה מסוימת) נע בשנים 1990-2000 בין 45 אחוז ל-70 אחוז (גץ ועמיתיה, 2005).

המגבלות בשימוש במדדי רישום פטנטים נעוצות בשוני שקיים בין סקטורים שונים ביחס לרישום פטנטים. לכן, לא ניתן להשוות מספרי פטנטים עבור טכנולוגיות שונות וסקטורים שונים. בנוסף, ישנם שיפורים טכנולוגיים משמעותיים שאינם מובילים לפטנטים, וכמו כן, פטנטים שונים מאוד מבחינת איכותם ומבחינת מידת חדשנותם וההבטחה הכלכלית הטמונה בהם.

2.2.6 מספר ציטוטי הפטנטים

מדד מספר ציטוטי הפטנטים מודד את השפעת הטכנולוגיה. אין עדיין מדד מקובל למדידת הערך של פטנטים, מלבד השימוש בציטוטי פטנטים, שכותבים הבוחנים של הבקשות לאישור פטנטים. בארה"ב, העמוד הראשון של כל פטנט שאושר כולל, בדרך כלל, ציטוטים של פטנטים קודמים שנכתבו על-ידי בוחן הבקשה. מכאן, שאפשר באמצעות ציטוט פטנטים קודמים לתאר את הקשר של המצאות קודמות בתחום מסוים, לחדשנות של ההמצאה המוצעת. הציטוט יכול לשמש כמדד לחשיבות הפטנט המצוטט להתפתחות של הטכנולוגיה עליה נדרשת הגנה. עם זאת, הציטוטים שנבחרים על-ידי הבוחנים מעלים שאלות בנוגע לסיבות המביאות אותם לצטט פטנטים שונים מאלה שצוטטו על-ידי החוקרים עצמם, יתכן, שהבוחנים יעדיפו לצטט פטנטים בעלי חשיבות משפטית מאשר חדשנית. הציטוטים המובאים על-ידי מגישי הבקשה לפטנט לא מהווים מדד מקובל שכן יתכן שבחירת הציטוטים שלהם נובעת מגורמים שאינם בעלי חשיבות מדעית (Okubo, 1979).

במסגרת עבודה זו, בוצע מחקר המשווה את התפוקה המדעית של ישראל ביחס למדינות העולם, תוך שימוש בשיטות ביבליומטריות והסתמכות על מאגרי המידע של ה-ISI. כמו כן, הושווה התפוקה המדעית של הטכניון ביחס למוסדות אחרים בארץ ובעולם. ההשוואה נעשתה עם מדינות נבחרות מתוך מאגר שכלל כ-180 מדינות, ועם מוסדות נבחרים מתוך מאגר מוסדות שכלל כ-200 מוסדות מישראל, ארה"ב, בריטניה, קנדה, ציריך והולנד. ההשוואה נעשתה בשלוש קבוצות מדדים: מדדי פוריות, מדדי קדימות, ומדדי איכות. ערכיהם של מדדים אלה חושבו עבור המדינות והמוסדות, והם דורגו לפי ערכי המדדים.

3. תכנון אסטרטגי ותקציבי מחקר

התוכניות האסטרטגיות לטווח קצר ולטווח ארוך של האוניברסיטאות ושל הפקולטות בתוך האוניברסיטאות, כמו גם אחוז תקציבי המחקר של האוניברסיטה מכלל המשאבים העומדים לרשותה, ודרך הקצאת התקציבים לתחומים השונים, מספקים מדד הערכה להיקף פעילותה המחקרית של האוניברסיטה, למידת המחויבות והחשיבות שהיא מייחסת להצלחת המחקר בתחומים שונים.

התוכנית האסטרטגית של בית הספר להנדסה באוניברסיטת סטנפורד, למשל, מציבה בראש סדר העדיפויות שלה לטווח ארוך ארבעה תחומים מרכזיים המהווים לטענתה אתגרים גלובליים שיש בהם עניין מחוץ לאוניברסיטה: טכנולוגית מידע, ביו-הנדסה, סביבה ואנרגיה, ננו-מדע וננו-טכנולוגיה (Stanford School of Engineering, 2006). דוגמאות נוספות הן התוכנית האסטרטגית של תחום המחקר בפקולטה להנדסה באוניברסיטת קמברידג' שמתרכזת בפיתוח מספר נושאים מרכזיים: הנדסה למדעי החיים, מערכות קוגניטיביות הנדסיות, ופיתוחים ברי קיימא (Cambridge University, 2005), והמכללה להנדסה באוניברסיטת קורנל שזיהתה שישה תחומי מחקר אסטרטגיים בהם היא מעוניינת להתרכז בעשור הבא: מערכות ביולוגיות והנדסה ביו-רפואית, ננו-חומרים, ננו-מדע וננו-התקנים, אנרגיה וסביבה (Cornell University, 2004).

בארץ, ההקצבה הישירה של ות"ת (הועדה לתכנון ולתקצוב של המועצה להשכלה גבוהה) היא מרכיב ההכנסות העיקרי של המוסדות להשכלה גבוהה. מודל התקצוב של ות"ת כולל שני מרכיבים – מרכיב ההוראה ומרכיב המחקר. בשנת תשס"ג הסתכם המשקל שניתן למרכיב ההוראה בחישוב ההשתתפות הישירה של ות"ת לאוניברסיטאות ב-58 אחוז, והמשקל שניתן למרכיב המחקר עמד על 42 אחוז. מרכיב ההוראה נועד לשקף את תפוקות המוסדות בהוראה אקדמית- הענקת תארים אקדמיים למסיימי לימודים לתואר ראשון ולתואר שני. הנוסחה לחישובו ברמת המוסד הינה: מכפלת מספר הסטודנטים (בכל תחום ותואר) כפול התעריף (בכל תחום ותואר) כפול מקדם היעילות (שיעור הסטודנטים המסיימים את לימודיהם בזמן התקני שנקבע להם). לצורכי המודל הגדירה ות"ת 12 תחומי לימוד, כשלכל תחום ותואר נקבע תעריף המתעדכן מידי שנה.

תקציב ות"ת הניתן לאוניברסיטאות לצורך מחקר, מחולק לפי נוסחה שמביאה לביטוי את תפוקות המחקר של האוניברסיטאות. בשנת תשס"ג תפוקות המחקר שנמדדו ומשקליהם לצורך קביעת תקצוב המחקר היו: זכייה במענקים מקרנות מחקר תחרותיות (35 אחוז); זכייה בתקציבי מחקר ממקורות מימון חוץ אחרים (עשרים אחוז); מקבלי תואר שלישי בזמן תקני (שלושים אחוז); והיקף הפרסומים המדעיים של חברי הסגל באוניברסיטאות וה-IMPACT המדעי של מאמרים אלה, כפי שהוא נמדד על-ידי מדד הציטוטים (15 אחוז). בנוסף, מעבירה ות"ת לאוניברסיטאות כספים, המחולקים על בסיס של תחרות בין האוניברסיטאות, לרכישת ציוד מחקר, שהינו חיוני לקיום תשתית מחקרית. בשנת תשס"ג כיסו ההקצבות של ות"ת 51.7 אחוז מתקציב המוסדות להשכלה גבוהה. שאר ההכנסות היו משכר לימוד- 19.8 אחוז, מתרומות- 5.6 אחוז, וכ- 22.9 אחוז ממקורות שונים (הועדה לתכנון ולתקצוב, 2005).

נהוג להשתמש כמדד למוניטין ולהצלחה של חוקר, קבוצת חוקרים או אוניברסיטה, בכמות המשאבים שהצליחו להשיג בצורת מענקי מחקר מקרנות תחרותיות שונות, תרומות וכדומה. לגבי קבוצות מחקר ומוסדות

מחקר, האופן בו מנוהל המחקר, המדיניות, וסדרי העדיפויות במחקר, גם הם מהווים מדד להערכה ולהצלחה. זהו מדד עקיף שמייצג אמון והכרה ביכולות של החוקר, קבוצת החוקרים והאוניברסיטה. המשאבים העומדים לרשות האוניברסיטאות משמשים מדד להערכת האוניברסיטאות במקומות שונים בעולם. לדוגמא, המרכז של ה- Top American Research Universities בפלורידה ארה"ב, משתמש בשני המדדים של: Endowment assets- נכסים מתרומות ו-Annual giving- רמת התרומות בשנה מסוימת לצורך ההוצאות השוטפות וגידול בנכסים, כחלק מתשעת המדדים המשמשים אותו להערכה ודירוג של האוניברסיטאות בארה"ב, כיוון שמדדים אלה משקפים את חוזקו של המוסד בטווח הארוך כתוצאה מתמיכה פרטית מצטברת. המשאבים שהאוניברסיטאות מגייסות קריטיים להצלחתן מאחר וקיומן והתפתחותן מותנות במשאבים אלה (Craig, 2002; Lombardi et al., 2004).

לפי רזין (2001), מתחלקים התקציבים הלאומיים למחקר בארץ על-פי עקרונות תקצוב ביורוקרטיים ולא בהתאם לתחרות על בסיס הצעות מחקר. עקרונות תקצוב אלה מגבילים לדעתו של רזין את יכולתה של מערכת ההשכלה הגבוהה להגיב במהירות על צרכי משק וחברה המשתנים בתדירות גבוהה. לעומת המצב הקיים בארץ ובאוניברסיטאות אירופאיות, האוניברסיטאות האמריקאיות המובילות הן אוניברסיטאות פרטיות שיש להן מבנה ביזורי ותחרותי, והן בעלות יכולת תגובה מהירה לשינויים המהירים שקורים בחברה ובמשק. הצורך המתמיד להשיג מימון ממקורות פרטיים הביא לכך, שניהול האוניברסיטאות מתבסס על יזמות ועקרונות של ביזור. השינויים בתוכניות הלימודים ובהקצאת המשאבים הפנימית מתואמים היטב עם השינויים המבניים בחברה, וכתוצאה מהתחרות הקיימת בין האוניברסיטאות, גם האוניברסיטאות הציבוריות פועלות בצורה יזמית ביזורית דומה (Rosenberg, 2000).

4. מחקרי דירוג בינלאומיים ולאומיים של אוניברסיטאות מחקר

דירוג אוניברסיטאות ומכללות אינו תופעה חדשה, כבר ב- 1870 משרד החינוך האמריקאי פרסם דירוג אוניברסיטאות המבוסס על מידע סטטיסטי. ב- 1925 פרסם Hughes לראשונה מחקר דירוג של האוניברסיטאות בארה"ב, שהתבסס על הערכת עמיתים והתמקד בעיקר באיכותו של הסגל האקדמי (Toutkoushian, Dundar, & Becker, 1998). רוב הדירוגים הראשונים היו של פקולטות לתארים מתקדמים, ונערכו על-ידי האוניברסיטאות בעצמן. כתוצאה מכך, נשמעה ביקורת רבה כנגד הטיה לטובת האוניברסיטה, שנמצאה במתודולוגיות המחקר בהן השתמשו (Webster, 1992). מחקרים מוקדמים אלה עזרו לפתח תחום של דירוגים עצמאיים המתפרסמים במקורות כמו ה- The Chronicle of Higher Education, וה- U.S. News and World Report. בשנות השמונים, שילוב גורמים כמו: ירידה במספר הנרשמים, עלויות לימודים גבוהות, ועלייה בחשיבות הלימודים במוסדות יוקרתיים, תרם לעלייה בחשיבות הלאומית שיוחסה למחקרי הדירוג של המכללות בארה"ב (Meredith, 2004). במשך הזמן התפתחו מחקרי הדירוג וכללו דירוגים בינלאומיים המאפשרים לאוניברסיטאות לדעת היכן הן עומדות בהשוואה לאוניברסיטאות אחרות בעולם. דירוגי האוניברסיטאות מכל הסוגים זוכים להשפעה רבה מאוד והפכו להיות מוצר שהשווק דורש. סטודנטים, אקדמאים, חברות מסחריות, ותורמים פוטנציאליים, לכולם יש צורך לדעת מיהן האוניברסיטאות הטובות ביותר בעולם (Stuart, 2005). בכמה מדינות, כמו בבריטניה, מיקום האוניברסיטה משפיע ישירות על גודל התקציבים הממשלתיים שהן מקבלות. האוניברסיטאות עצמן מתגאות

במיקומן בטבלאות הדירוג השונות, ומנצלות זאת כדי למשוך תורמים פוטנציאליים ולהתפתח. ולעומתן, אוניברסיטאות שהגיעו למיקום נמוך יותר מתאמצות להשיג תקציבים כדי לשפר את מצבן (Mervis, 2000).

קיימים כמה מחקרים המדרגים אוניברסיטאות בכל העולם. בכל מחקר שכזה נבחר מערך שונה של אינדיקטורים וקריטריונים ולכן מיקומה של כל האוניברסיטה עשוי להשתנות מדירוג אחד למשנהו. מחקרים אלו בודקים גם מגמות של שינוי מעמד האוניברסיטה לאורך זמן על-פי אותו מערך נבחר של אינדיקטורים. כל המחקרים שנויים במחלוקת זוכים לביקורות מגורמים רבים.

פרט למחקרים שיופיעו בהמשך (הנערכים בארה"ב, בבריטניה ובגרמניה), מתפרסמים מחקרי דירוג מסחריים, שאינם מיוצגים בסקירה זו משום, שהדגש בהם הוא על איכות ההוראה והם מיועדים למועמדים פוטנציאליים, ואילו עניינה של עבודה זו הוא רמת המחקר ההנדסי/מדעי.

4.1 מחקרי דירוג בינלאומיים של אוניברסיטאות מחקר

4.1.1 דירוג האוניברסיטאות בעולם של ה-Times Higher Education Supplement

(THES, 2006)

זו השנה השלישית שה-Times Higher Education Supplement מפרסם את דירוג האוניברסיטאות העולמי, ומטרתו להציע ראייה עקבית ושיטתית על האוניברסיטאות המובילות בעולם בעידן הגלובליזציה בתחום ההשכלה הגבוהה והמחקר. לצורך הדירוג נבחרו שישה קריטריונים המשקפים את יכולות ההוראה והמחקר של אוניברסיטאות מכל רחבי העולם ואת המוניטין הבינלאומי המיוחס להן.

הערכת עמיתים: זהו המדד בעל המשקל הרב ביותר בניתוח ה-THES ומהווה 40 אחוז מהציון הכולל. הערכת עמיתים נחשבת האמצעי האמין ביותר להערכת איכות מוסדות אקדמיים ומחקר מדעי. המדגם המשמש למדד זה מורכב מ-2,375 אוניברסיטאות מחקר, שנבחרו על-ידי QS Quacquarelli Symonds (החברה המייעצת ל-THES ומומחית בדירוג בינלאומי של קורסי MBA). בחירת האוניברסיטאות נעשתה כך, שיינתן ייצוג שווה לכל אחד מהאזורים הכלכליים המרכזיים – אסיה, אירופה, וצפון אמריקה, ייצוג קטן יותר לאפריקה ואמריקה הלטינית, וייצוג שווה לתחומים האקדמיים המרכזיים של מדע, טכנולוגיה, ביו-רפואה, מדעי החברה ואומנויות. בתהליך הערכת העמיתים של ה-THES מתבקשים נציגים של האוניברסיטאות שנבחרו, לציין את שמות האוניברסיטאות הטובות ביותר בתחומים ובאזורים הגיאוגרפיים שבהם מתמקדת מומחיותם. הנתונים שהתקבלו שמשו ליצירת נתונים על רמת הפקולטות השונות של האוניברסיטאות הטובות ביותר בתחומים ספציפיים, ונעשתה להם אגרגציה ליצירת מדד הערכת העמיתים של דירוג ה-THES. עורכי הדירוג משוכנעים שלאגרגציה הדעות יש אמינות סטטיסטית הנובעת מגודלו של המדגם ומהדרך שבה הוא נבחר.

הטענה המרכזית נגד מדד הערכת העמיתים הינה, שקיים סיכוי רב יותר שיצינו אוניברסיטאות גדולות וותיקות, בעיקר כאלה הנושאות שם של עיר מרכזית, מאשר אוניברסיטאות קטנות ופחות מוכרות. תשובת ה-THES לטענה זו היא, שהעמיתים הינם מומחים בתחומם, ובתגובותיהם דרגו יותר מ-500 אוניברסיטאות מצוינות, וחלקן אינן מפורסמות. טענה נוספת מתייחסת למשקל הרב שמקבל מדד זה המסתמך על הבעת דעה.

נגד טענה זו מראה ה- THES שהתוצאות ב-2006 מראות יציבות ביחס לתוצאות שהתקבלו ב-2005. לתוצאות שהתקבלו נעשה נרמול כך, שהאוניברסיטה במקום הגבוה ביותר קבלה את הציון 100.

מספר הציטוטים של מאמרים אקדמיים לכל חבר סגל: המדד השני הוא מספר הציטוטים של מאמרים אקדמיים לכל חבר סגל, ומשקלו 20 אחוז מהציון הסופי. נתוני הציטוטים התקבלו מה- ISI לשנים 2001-2006. קריטריון זה מספק מדד ברור לגבי המחקר באוניברסיטאות, אך יש לו מספר הטיות מערכתיות: מדד הציטוטים אפקטיבי פחות במדינות שאינן דוברות אנגלית כמו גם בתחומים מסוימים בהם קיימת העדפה לפרסום בשפת המדינה. בשל אופי המאגר, התוצאות הראו עדיפות ברורה לחוקרים מארה"ב ובמידה פחותה יותר למדינות דוברות אנגלית.

היחס שבין מספר אנשי הסגל למספר הסטודנטים מקבל גם הוא משקל של 20 אחוז מהציון הכולל. קריטריון זה מספק מדד למחויבות האוניברסיטה להוראה שהינה משימה מרכזית של האוניברסיטאות.

הערכת מעסיקים: זהו קריטריון חדש, שהוכנס השנה לדירוג האוניברסיטאות, ומקבל משקל של 10 אחוז מהציון הכולל. מדד זה מספק מידע לגבי מיהן האוניברסיטאות המוערכות ביותר על-ידי המעסיקים המובילים של בוגרי האוניברסיטאות, ומיהן האוניברסיטאות שבוגריהן יועדפו בקבלה לעבודה. מדגם המעסיקים הורכב על-ידי QS; מהידע הנרחב הקיים ברשותם לגבי מעסיקי בוגרים ומהאוניברסיטאות, ספקה החברה שמות של חברות שהינן המגייסות העיקריות של הסטודנטים המסיימים את לימודיהם. כל החברות שהשתתפו בסקר, מגייסות בוגרי אוניברסיטאות או על בסיס בינלאומי או על בסיס לאומי במדינות גדולות. החברות התבקשו לדרג עד עשרים אוניברסיטאות שאת בוגריהן יעדיפו להעסיק. נמצא, שלסקר המעסיקים יש מתאם עם קריטריון הערכת העמיתים. כמענה לכך, שעולם ההשכלה הגבוהה הפך לאחד הסקטורים הגלובליים ביותר בעולם הכלכלי, הוכנסו לדירוג שני קריטריונים המנסים לכמת את האוריינטציה הבינלאומית של האוניברסיטאות. הראשון, משקף את אחוז חברי הסגל הזרים והשני, את אחוז הסטודנטים הזרים, כאשר המשקל של כל אחד משני מדדים אלה מהווה חמישה אחוז מהציון הכולל (בדירוג זה לא נכללו אוניברסיטאות שאינן מלמדות סטודנטים לתואר ראשון).

טבלה 2 מציגה את עשר האוניברסיטאות הראשונות בדירוג שהתבצע על-ידי THES בשנת 2006. שלוש האוניברסיטאות מישראל שנכנסו לדירוג 200 האוניברסיטאות המובילות הן האוניברסיטה העברית (119), אוניברסיטת תל-אביב (147) והטכניון (158) והן מובאות בסוף הטבלה לצורך השוואה. מכון ויצמן לא נכלל בדירוג זה מכיוון שלא מתקיימים בו לימודים לתואר ראשון.

**טבלה 2: דירוג האוניברסיטאות בישראל בהשוואה לעשר האוניברסיטאות המובילות בעולם על-פי דירוג ה-
Times Higher Education Supplement
(THES, 2006)**

2006 Rank	2005 Rank	Name	Country	Peer Review Score (40%)	Recruiter Review (10%)	Int'l Faculty Score (5%)	Int'l Students Score (5%)	Faculty/Student Score (20%)	Citations/Faculty Score (20%)	Overall Score
1	1	Harvard Univ	US	93	100	15	25	56	55	100
2	3	Cambridge Univ	UK	100	79	58	43	64	17	96.8
3	4	Oxford Univ	UK	97	76	54	39	61	15	92.7
4=	2	Massachusetts Inst Tech (MIT)	US	81	93	11	39	42	54	89.2
4=	7	Yale Univ	US	72	81	45	26	93	24	89.2
6	5	Stanford Univ	US	82	85	9	34	32	55	85.4
7	8	California Inst of Technology	US	53	21	24	40	67	100	83.8
8	6	Univ California – Berkeley	US	92	75	6	13	22	39	80.4
9	13	Imperial College London	UK	65	44	55	56	88	12	78.6
10	9	Princeton Univ	US	68	61	21	29	53	34	74.2
119	77	Hebrew Univ of Jerusalem	Israel	41	0	14	5	22	16	35.2
147=	188	Tel Aviv Univ	Israel	35	22	0	3	13	21	32.4
158=	194	Technion – Israel Inst Tech	Israel	31	17	6	6	23	16	31.4

דירוג זה מדגים כי למרות שמרבית האוניברסיטאות המצליחות ביותר נמצאות בארה"ב, אין למדינה אחת מונופול על מצוינות במחקר. עשרים האוניברסיטאות הראשונות משתייכות לשבע מדינות, ומאתיים האוניברסיטאות הראשונות משתייכות ל-30 מדינות שונות (THES, 2006). מבחינת הדירוג על-פי הקריטריונים השונים, ניתן לראות שארה"ב מגיעה לשמונת המקומות הראשונים מבחינת ציטוט מאמרים לכל איש סגל. באוניברסיטאות באירופה יש יותר חברי סגל וסטודנטים זרים מאשר אוניברסיטאות בארה"ב או באסיה.

אוניברסיטאות מישראל נכנסו לדירוגים נוספים: בדירוג חמישים האוניברסיטאות הטובות ביותר מחוץ לאירופה ולאמריקה הצפונית, דורגה האוניברסיטה העברית במקום 29, אוניברסיטת תל-אביב במקום 35 והטכניון במקום ה-39. בדירוג האוניברסיטאות המובילות בטכנולוגיה דורג הטכניון במקום ה-30, ובדירוג האוניברסיטאות המובילות באומנות ולימודים הומאניים דורגה האוניברסיטה העברית במקום ה-43.

4.1.2 דירוג אוניברסיטת שנחאי לאוניברסיטאות בעולם

The Institute of Higher Education, Shanghai Jiao Tong University

על מנת להשוות בין האוניברסיטאות בסין והאוניברסיטאות המובילות בעולם, עורכת אוניברסיטת שנחאי דירוג של אוניברסיטאות המחקר בעולם על-פי ביצועיהם האקדמיים וביצועי המחקר שלהם, בהתבסס על נתונים בינלאומיים ברי השוואה.

קבוצת הדירוג סרקה כל מוסד, שעונה על אחד הקריטריונים: זכייה בפרס נובל, ציטוט רב של מחקרים, או מאמרים שהתפרסמו ב- Nature או ב- Science. בנוסף, נכללו גם אוניברסיטאות מרכזיות בכל מדינה בעלות מספר משמעותי של מאמרים לפי ה- Science Citation Index-Expanded (SCIE) וה- Social Science Citation Index (SSCI). בסך הכול נסקרו כאלפיים מוסדות, ו-אלף מתוכם דורגו בפועל.

הקריטריונים שעל-פיהם נעשה דירוג האוניברסיטאות הם:

Alumni - מספר בוגרי האוניברסיטה (לתואר ראשון, שני ודוקטורט) שזכו בפרס נובל. משקל שונה נקבע בהתאם לתקופה בה נרכש התואר: מאה אחוז למקבלי תואר ב- 1991-2000, תשעים אחוז למקבלי תואר ב- 1981-1990, וכך הלאה עד לעשרה אחוז למקבלי תואר ב- 1901-1910.

Award - מספר חברי הסגל שעבדו במוסד האקדמי המסוים בזמן שזכו בפרס נובל בפיסיקה, כימיה, רפואה וכלכלה או בפרסים תחומיים במתמטיקה. משקל שונה נקבע בהתאם לתקופת הזכייה בפרס: מאה אחוז לזכייה בשנים 2001-2003 תשעים אחוז לזכייה בשנים 1991-2000 וכך הלאה עד לעשרה אחוז לזכייה ב- 1911-1920.

HiCi - מספר החוקרים שמאמריהם צוטטו במידה הרבה ביותר ב-21 שטחי מחקר במדעי החיים, הרפואה, הפיסיקה, ההנדסה ומדעי החברה.

N&S - מספר המאמרים שפורסמו ב- Nature וב- Science בחמש השנים האחרונות. מאה אחוז למוסד אליו משתייך החוקר הראשי, חמישים אחוז למוסד של החוקר השני, עשרים וחמישה אחוז לבא אחריו ועשרה אחוז לכל השאר.

SCI - מספר המאמרים הכולל שנכנס לאינדקס ה- SCIE וה- SSCI.

Size - הציון הכולל של חמשת האינדיקטורים לעיל, מחולק במספר חברי הסגל האקדמי במשרה מלאה.

המוסד שקיבל את הציון הגבוה ביותר בעבור כל אינדיקטור מקבל 100, וציון שאר המוסדות מחושב כאחוז מציון זה (Liu & LiLiu, 2005).

טבלה 3: הקריטריונים לדירוג האוניברסיטאות בעולם לפי אוניברסיטת שנחאי

(Liu & LiLiu, 2005)

משקל	קוד	אינדיקטור	קריטריון
10%	Alumni	בוגרי המוסד שזכו בפרס נובל ופרסים תחומיים.	איכות ההוראה
20%	Award	חברי המוסד שזכו בפרסי נובל או בפרסים תחומיים	איכות חברי הסגל
20%	HiCi	החוקרים המצוטטים ביותר ב - 21 תחומים	
20%	N&S	מספר המאמרים שפורסמו ב- Nature וב- Science.	תפוקה ואיכות מחקרית
20%	SCI	מאמרים באינדקס ה- SCIE וה- SSCI.	
10%	Size	פעילות אקדמית ביחס לגודל המוסד	נרמול לגודל
100%			סה"כ

לפי הדירוג של אוניברסיטת שנחאי ל- 2006, האוניברסיטה העברית הינה היחידה שנכנסה לרשימת מאה המקומות הראשונים במקום ה-60, מבין מוסדות המחקר הישראליים. הטכניון, אוניברסיטת תל אביב ומכון ויצמן הגיעו בדירוג העולמי למקומות 102-150, אוניברסיטת בר-אילן ואוניברסיטת בן-גוריון הגיעו למקומות 301-400, ואוניברסיטת חיפה למקומות 401-500. ניתן לראות בטבלה 4 את ההשוואה של האוניברסיטאות בישראל לעשר האוניברסיטאות המובילות בעולם על-פי דירוג שנחאי. בדירוג מאה האוניברסיטאות המובילות באזור אסיה/האוקיינוס השקט, מדורגת האוניברסיטה העברית במקום הרביעי, הטכניון, אוניברסיטת תל-אביב ומכון ויצמן מדורגים במקום 10-19, אוניברסיטת בר-אילן ואוניברסיטת בן-גוריון במקום 41-63, ואוניברסיטת חיפה במקום 64-92.

מניתוח התפלגות המוסדות המובילים למדינות ניתן לראות, שרק ל- 37 מדינות יש מוסדות המדורגים ב- חמש מאות האוניברסיטאות המובילות בעולם. לארה"ב מקום מרכזי של 85 אחוז מעשרים האוניברסיטאות הראשונות, ו-53 אחוז ממאה האוניברסיטאות המובילות בעולם. ביצועי האוניברסיטאות באנגליה גם הם טובים מאוד ותופסים כעשרה אחוזים בכל הדירוגים. ישראל הגיעה למקום ה-12 בדירוג מספר מוסדות המחקר שנכנסו לדירוג (טבלה 5) (Institute of Higher Education, Shanghai Jiao Tong University, 2006).

טבלה 4: תוצאות הדירוג האקדמי של אוניברסיטאות בעולם (2006) לפי אוניברסיטת שנחאי

(Institute of Higher Education, Shanghai Jiao Tong University, 2006)

World Rank	Institution*	Region	Country	Score on Alumni	Score on Award	Score on HiCi	Score on N&S	Score on SCl	Score on Size	Total Score
1	Harvard Univ.	Americas	USA	100	100	100	100	100	73.6	100
2	Univ Cambridge	Europe	UK	96.3	91.5	53.8	59.5	67.1	66.5	72.6
3	Stanford Univ	Americas	USA	39.7	70.7	88.4	70	71.4	65.3	72.5
4	Univ California - Berkeley	Americas	USA	70.6	74.5	70.5	72.2	71.9	53.1	72.1
5	Massachusetts Inst Tech (MIT)	Americas	USA	72.9	80.6	66.6	66.4	62.2	53.6	69.7
6	California Inst Tech	Americas	USA	57.1	69.1	59.1	64.5	50.1	100	66
7	Columbia Univ	Americas	USA	78.2	59.4	56	53.6	69.8	45.8	61.8
8	Princeton Univ	Americas	USA	61.1	75.3	59.6	43.5	47.3	58	58.6
9	Univ Chicago	Americas	USA	72.9	80.2	49.9	43.7	54.1	41.8	58.6
10	Univ Oxford	Europe	UK	62	57.9	48	54.3	66	46	57.6
60	Hebrew Univ Jerusalem	Asia/Pac	Israel	32	20	25.5	25.2	44.7	29.5	30
102-150	Technion- Israel Inst Tech	Asia/Pac	Israel	18.2	23.1	13.3	14	41	23.9	*
102-150	Tel-Aviv Univ	Asia/Pac	Israel	0	0	25.5	18.9	52.3	27.9	*
102-150	Weitzman Ins.	Asia/Pac	Israel	0	0	25.5	32	32.3	23.7	*
301-400	Bar Ilan Univ	Asia/Pac	Israel	0	0	10.9	8	27	13.8	*
301-400	Ben Gurion Univ	Asia/Pac	Israel	0	0	0	11.5	37	17.7	*
401-500	Univ Haifa	Asia/Pac	Israel	0	0	7.7	5.1	25.1	12.2	*

* הציון המסכם מחושב בדירוג אוניברסיטת שנחאי רק עבור אוניברסיטאות המדרגות במקומות 1-100.

טבלה 5: מספר מוסדות המחקר שנכללו בדירוג האוניברסיטאות של אוניברסיטת שנחאי

(Institute of Higher Education, Shanghai Jiao Tong University, 2006)

World Rank	Country	Number of research institutes included in					
		Top 20	Top 100	Top 200	Top 300	Top 400	Top 500
1	USA	17	54	87	118	140	167
2	UK	2	11	22	33	37	43
3	Japan	1	6	9	12	20	32
4	Germany		5	15	22	36	40
5	Canada		4	8	16	19	22
6	France		4	6	12	17	21
7	Sweden		4	4	9	11	11
8	Switzerland		3	6	7	7	8
9	Netherlands		2	7	9	12	12
10	Australia		2	6	9	11	16
11	Italy		1	6	7	14	23
12	Israel		1	4	4	6	7

הבעיה המרכזית בשיטת הדירוג של שנחאי לטענתו של Van Raan (2005) טמונה במערך האינדיקטורים שבשימוש, השילוב בין האינדיקטורים, והמשקולות הניתנות להם. דירוג שנחאי מסתמך, במידה רבה מאוד, על אינדיקטורים הקשורים לציטוטים, כך ששלושת האינדיקטורים בדירוג הקשורים לציטוטים תופסים 60 אחוז מציון הדירוג הכולל. הדבר בעייתי, מכיוון שהאינדיקטורים הביבליומטריים בהם נעשה שימוש אינם מתקדמים מספיק. קיימות בעיות טכניות בייחוס פרסומים למוסד מסוים. מוסדות רבים משתמשים בכמה שמות, או בתרגום שונה של שמותיהם, ואוניברסיטאות שמתאחדות ומתפצלות גורמות לטעויות בבסיס הנתונים של SCI. קושי דומה קיים גם בייחוס פרסי נובל למוסדות ספציפיים. הקבוצה המדרגת בשנחאי מנסה להתגבר על בעיות אלה על-ידי מעבר פרטני ובדיקה מדוקדקת של הנתונים על כל חוקר והמוסד אליו הוא משתייך (Liu & LiLiu, 2005). בנוסף לבעיות הטכניות, קיימות לשיטת הדירוג של שנחאי גם בעיות מתודולוגיות הנובעות מהשאלה האם איכות האוניברסיטאות יכולה להימדד באופן מוחלט רק על-ידי ציונים, מהי פרופורציית האינדיקטורים של הוראה ושרות שצריכים להיכלל, סוג המוסדות, הטיית השפה בפרסומים, בחירת הפרסים והניסיון של זוכי הפרסים (Liu, 2005).

ביקורות נוספת נגד השיטה מועלית על-ידי ה-Times Higher Education Supplement, שמתייחס להטיות הקשורות לקריטריונים בדירוג ולמשקל הניתן להם בציון הכולל. שלושים אחוז מהניקוד ניתן לחתני פרס נובל, על מחקר, שבוצע שנים רבות קודם לכן ולא דווקא מייצג איכות של מחקר חדש; עשרים אחוז מהניקוד ניתן למפרסמים בכתבי העת Nature ו-Science, ובכך ניתנת העדפה לחוקרים בתחומים של מדעי הטבע. לדעתנו של Van Rann (2005), הערכת עמיתים צריכה להוות התהליך המרכזי להערכת מחקרים, כשהאינדיקטורים הביבליומטריים מהווים כלי התומך בה (Rinia, Van Leeuwen, & Van Raan, 1998).

4.2 דוגמאות למחקרים הנערכים לדירוג אוניברסיטאות במדינה מסוימת

קיימת נטייה גוברת של מדענים, מוסדות, תורמים וממשלות להשתמש בדירוגי אוניברסיטאות שונים כאמצעי להערכת ביצוע של מוסדות מרכזיים להשכלה גבוהה. רב אוניברסיטאות המחקר הלאומיות מודדות עצמן במגוון רחב של מימדים, שהמוסד מאמין שהינם חשובים לקביעת שיפור והצלחה. רק שילוב של מספר אינדיקטורים יכול לספק הערכה להישגים ולחוזק היחסי של האוניברסיטאות הטובות ביותר במדינה.

4.2.1 דירוג האוניברסיטאות בארה"ב

The Top American Research Universities: The Center - מרכז באוניברסיטת פלורידה המפתח שיטות להערכה ולשיפור ביצועי האוניברסיטאות בארה"ב. המרכז רואה במחקר הדירוג כלי ניהולי רב עוצמה כאשר הוא משולב עם תמריצים ופרסים המתקבלים על רמת ביצוע גבוהה. מטרת הדו"ח היא הערכה של פעילות המחקר של אוניברסיטאות המחקר בארה"ב על מנת לשפר את רמתם של המוסדות. הדו"ח הראשון פורסם בשנת 2000 והשתמש בנתונים פדראליים מ-1998. להבדיל מדירוגים מסחריים אחרים, בדו"ח זה נעשה שימוש קבוע באותם תשעה מדדים במשך השנים, וזאת על מנת לאפשר מעקב רב שנתי אחר השינויים החלים בדירוג האוניברסיטאות. מעניין לציין, כי לא מופיעים במחקר זה אינדיקטורים ביבליומטריים כלשהם על תפוקה מדעית ואיכותה. תשעת המדדים שבשימוש בדירוג זה הינם:

אינדיקטור המחקר במדע וטכנולוגיה כולל שני מדדים: סה"כ ההוצאות למחקר ופיתוח, וסה"כ הוצאות למחקר ופיתוח הממומנות על-ידי קרנות תחרותיות פדראליות. אלה נותנים הערכה טובה להיקף הפעילות המחקרית ולמחויבות המוסד להצלחת המחקר.

אינדיקטור חברי הסגל כולל שני מדדים: מספר חברי הסגל החברים באקדמיות לאומיות של מדע, הנדסה או רפואה, ומספר חברי הסגל שזכו בפרסים יוקרתיים, מענקים ומלגות בתחומי האומנות, מדעי הרוח, מדע, הנדסה ורפואה. שני מדדים אלה משקפים את איכות חברי הסגל, ואת הצלחת המוסד למשוך אליו את החוקרים הטובים ביותר.

אינדיקטור הסטודנטים משקף את איכות המוסד כפי שהיא נתפסת על-ידי המעוניינים ללמוד בו. המדד מבוסס על מספר תארי הדוקטורט שהוענקו בשנה אקדמית מסוימת, ומספר המינויים של פוסט-דוקטורטים בתחומי המדע, הטכנולוגיה והרפואה. כמו כן, נוסף מדד המשקף את רמתם של סטודנטים לתואר ראשון שהוא חציון של תוצאות מבחני SAT.

אינדיקטור המשאבים, התרומות והנכסים הפרטיים, כולל שני מדדים: הראשון, Endowment assets - נכסים מתרומות - משקף את חוזקו של המוסד בטווח הארוך כתוצאה מהתמיכה הפרטית המצטברת. המדד השני - Annual giving - מספק אינדיקציה לרמה הנוכחית של התרומות למוסד, שניתנו בשנה מסוימת לצורך הוצאות השוטפות ולגידול בנכסים. שני מדדים אלה קריטיים להצלחתן של האוניברסיטאות שקיומן מותנה במשאבים שהן מקבלות.

ה- Top American Research Universities מדרג את האוניברסיטאות והמכללות בארה"ב על-פי תשעת האינדיקטורים שתוארו. על מנת להיכלל בדירוג של ה- Top American Research Universities על

המוסדות להוציא מעל עשרים מיליון דולר בשנה על מחקר. קבוצת האוניברסיטאות המדורגת הגבוה ביותר הינה זו של האוניברסיטאות המדורגות ב-25 המקומות הגבוהים ביותר בכל תשעת המימדים. הקבוצה השנייה הינה של אוניברסיטאות, ששמונה מימדים (מתוך התשעה) מדורגות ב-25 המקומות הראשונים, וכן הלאה. בתוך כל קבוצה, הסדר הוא אלפביתי (Craig, 2002; Lombardi et al., 2004).

טבלה 6: עשר האוניברסיטאות המובילות בארה"ב ב-2004, על-פי Top American Research Universities

Top American Research Universities (1-25)		RESEARCH		PRIVATE SUPPORT		FACULTY		ADVANCED TRAINING		UNDER-GRADUATE
Control	Institutions in Order of Top 25 Score, then Top 26-50 Score, then Alphabetically	2002 Total Research National Rank	2002 Federal Research National Rank	2003 Endowment National Rank	2003 Annual Giving National Rank	2003 National Academy National Rank	2003 Faculty Awards National Rank	2003 Doctorates National Rank	2002 Postdoc National Rank	SAT National Rank
Private	Harvard University	23	10	1	1	1	1	13	1	3
Private	Massachusetts Institute of Technology	14	11	5	21	3	21	19	6	2
Private	Stanford University	8	4	4	2	2	2	7	4	7
Private	Columbia University	22	8	6	13	11	10	21	46	15
Private	Cornell University	10	17	16	4	12	12	20	12	27
Private	Johns Hopkins University	1	1	23	6	16	12	31	3	23
Private	University of Pennsylvania	9	5	8	3	8	21	27	7	15
Private	Duke University	16	19	14	11	21	15	52	16	15
Public	University of California - Berkeley	12	24	22	22	4	2	1	10	65
Public	U. of Michigan - Ann Arbor	3	3	11	24	14	6	5	14	78

(Lombardi et al., 2004)

ה- The National Research Council (NRC) פרסם ב-1982 וב-1995 מחקרי הערכה של תכניות להכשרת דוקטורנטים באוניברסיטאות המחקר בארה"ב, וכיום הוא נערך לעריכת מחקר נוסף. מטרת ההערכה לספק נתונים המאפשרים השוואה בין תכניות דוקטורט. השוואות הנוגעות לאיכות תכניות הלימודים ורמת ההכשרה של הסטודנטים עוזרות למממנים ולאוניברסיטאות בהערכת התכניות, ומסייעות לסטודנטים בבחירת תוכנית הלימודים המתאימה לשאיפותיהם המקצועיות (Ostriker, 2003). המחקר ב-1995 בחן תכניות דוקטורט ב-41 תחומים במסגרת חמש קבוצות: אומנות ומדעי הרוח, מדעי החיים, הנדסה, מדעי הפיסיקה ומדעי ההתנהגות והחברה. התחומים נבחרו על סמך שילוב של שלושה גורמים: מספר הדוקטורנטים שהוכשרו ברמה הלאומית, מספר

תוכניות ההכשרה לדוקטורנטים בכל תחום, וממוצע מספר הדוקטורנטים שהוכשרו בכל תחום. בנוסף, על מנת להיכלל במחקר, היה על התחומים לעמוד בקריטריון של הענקת מינימום של 500 תארים בחמישים תוכניות לערך בשנים 1986-1990. הוועדה זיהתה ב-1995, 3,634 תוכניות מחקר לדוקטורט ב-274 אוניברסיטאות בארה"ב, שענו על הקריטריונים המאפשרים להיכלל במחקר. תוכניות אלה כוללות 90 אחוז ממספר הסטודנטים לדוקטורט, שהוכשרו בתחומים הנבחרים בשנים 1986 עד 1992. איסוף נתוני המחקר נעשה באמצעות שאלון שנשלח למדגם של מדרגים בפקולטות השונות, שהתבקשו לדרג חמישים תוכניות מחקר לדוקטורנטים על-פי שני מימדים: איכות תוכנית הלימודים (בסקלה מ-0' לא מספק ללימוד דוקטורט' עד 5' מצוין), ועילות רמת ההוראה (בסקלה מ-0' לא יעיל' עד 5' יעיל ביותר'). כמאה מדרגים העריכו כל תוכנית דוקטורט.

בטבלה 7 מוצגת דוגמא לדירוג, שנעשה ב-1995 להערכת תוכניות מחקר לדוקטורנטים בתחום הנדסת חשמל באוניברסיטאות בארה"ב (Goldenberg, Maher, & Fattau, 1995). בנתוני הסקר ניתן לראות דמיון רב בין דירוגים של הערכת איכות תוכניות הלימודים לבין הערכת יעילות רמת ההוראה של כל תחומי הנדסה.

טבלה 7: דוגמא לדירוג של תוכניות מחקר PhD בתחום הנדסת חשמל באוניברסיטאות בארה"ב

Institution	1993 Q (scholarly Quality of program faculty)		1993 E (doctoral Education)	
Stanford University	1	(4.83)	1	(4.68)
Massachusetts Inst of Technology	2	(4.79)	2	(4.61)
U of Illinois at Urbana-Champaign	3	(4.70)	3	(4.57)
University of California-Berkeley	4	(4.69)	4	(4.46)
California Institute Technology	5	(4.46)	5	(4.34)

(Goldberger et al., 1995)

הכנה לקראת תהליך ההערכה וקביעת הדירוג הבא, הוקמה ועדה לבחינה של מתודולוגיות המחקר בהם השתמש ה-NRC בדירוג ב-1995. הוועדה זיהתה כמה נקודות חוזק: ההערכה התקבלה בצורה רחבה, צוטטה רבות ושימשה כמקור מידע חשוב להערכת איכות תוכניות דוקטורט; הכיסוי הרחב שנתנה הוועדה ל-41 תחומי מחקר לדוקטורט; מתודולוגית המחקר הייתה ברורה והיוותה המשכיות להערכה שבוצעה עשר שנים קודם לכן. החסרונות שציינה הוועדה: דגש רב ניתן לשימוש במספרים מדויקים לציון תפישת המדרג, השאלה לגבי יעילות ההוראה בתוכניות הדוקטורט ערובה בין יוקרת המחקר-Research reputation, ואיכות ההוראה-Educational quality, ועשר השנים שחלפו בין שתי ההערכות הן פרק זמן ארוך מדי.

המלצותיה של הוועדה כללו בין היתר: המלצה להמשיך בעריכת הדירוג על בסיס קבוע; המלצה לאיסוף נתונים כמותיים על בסיס שנתי בנוסף לנתוני הסקר, שיעזרו לאפיין את תוכניות הדוקטורט; המלצות בנוגע לתחומים ולתוכניות הדוקטורט בכל תחום שצריכות להיכלל במחקר (למשל, שהמחקר יכלול תוכניות דוקטורט בתחומים שהוענקו בהם לפחות 500 תארי דוקטורט בחמש השנים האחרונות, ויוערכו תוכניות דוקטורט שהעניקו לפחות חמישה תארי דוקטורט בחמש השנים האחרונות); המלצה לערוך סקר בקרב הדוקטורנטים הלומדים בתוכניות השונות שייתן משוב על התנסותם האישית ותפיסותיהם לגבי התוכניות בהן למדו; הוועדה ממליצה לעקוב אחר התפתחות הקריירה של מסיימי הדוקטורט ומאמרים שפרסמו 5-7 שנים לאחר קבלת התואר; עוד מומלץ, שבדירוג הבא תוערך האיכות המדעית של התוכניות להכשרה לדוקטורט באמצעות הערכת עמיתים. בנוגע

לדרך הצגת התוצאות, הוועדה המליצה להציג עבור כל מחלקה טווח דירוג כדי לשקף את הדעות השונות הניתנות על-ידי מעריכים שונים (Goldberger et al., 1995; Ostriker, 2003).

4.2.2 דירוג האוניברסיטאות בבריטניה

ה- RAE Research Assessment Exercise (RAE) מנוהל על-ידי ארבעת הגופים הממנים את ההשכלה הגבוהה בבריטניה:

Higher Education Funding Councils of England (HEFCE)
Higher Education Funding Council of Wales (HEFCW)
Scottish Higher Education Funding Council (SHEFC)
Department of Employment and Learning Northern Ireland

מטרת ה- RAE ליצור פרופיל איכות לכל מוסד העוסק בפעילות מחקרית, שימש את ארבעת גופי המימון בקביעת מענקי המחקר למוסדות. מוסדות המקבלים ציונים גבוהים במסגרת הערכת ביצועי המחקר שלהם, מקבלים מענקים גדולים יותר, וזאת כדי לפתח את התשתיות למחקר ולהביאו לרמה הגבוהה ביותר בבריטניה. כמיליארד לירות שטרלינג מוקצות מידי שנה בהסתמך על תוצאות ה- RAE. מאחר שה- RAE מתמקד במצוינות במחקר, הוא משמש כגורם ממריץ לשיפור מתמיד של איכות המחקר במוסדות בבריטניה, כמכניזם להבטחת איכות, וכגורם המספק ביטחון לממשלה על כך שמתקבל החזר טוב בעבור ההשקעה שלה במחקר הלאומי. תוצאות הדירוג מתפרסמות ומספקות לציבור אינפורמציה על איכות המחקר באוניברסיטאות ובמכללות בבריטניה, הפרסום משמש בהכוונת החלטות מימון של התעשייה ושל גופים אחרים המממנים מחקרים, וכן במתן נתונים לגבי איכות המחקר באוניברסיטאות בבריטניה יחסית לאוניברסיטאות מחקר בעולם. בנוסף, ה- RAE משמש את המוסדות בפיתוח אסטרטגיות המחקר שלהם וניהולן. ה- RAE הראשון בוצע ב- 1986 ומאז הוא מתבצע כל 4-5 שנים, ה- RAE האחרון נערך ב-2001.

תהליך ההערכה של ה- RAE מתבסס על הערכת עמיתים-צוותים המשתמשים בשיפוטם המקצועי ליצירת פרופיל האיכות של המחקר, תוך התחשבות בכל העובדות המוגשות להם על-ידי מוסדות המחקר. כל צוות הערכה כולל 9 עד 18 מומחים רובם מהקהילה האקדמית, ונציגים מהתעשייה. המומחים יכולים להיוועץ במומחים חיצוניים נוספים לנושאים ספציפיים, בסך הכול יש 68 צוותי הערכה על-פי התחומים השונים.

כל מוסד להשכלה גבוהה בבריטניה יכול להגיש בקשה להערכה של כמה יחידות מחקר אקדמיות, בתנאי שלכל יחידת מחקר ארבעה פרסומים וקיימות תוצאות מחקר לכל חבר סגל בתקופה הנדונה. כל אוניברסיטה המעוניינת שיחידה שלה תוערך צריכה לספק אינפורמציה בנוגע לחברי הסגל שלה (פרטים הנוגעים לחברי הסגל האקדמי והעוזרים שלהם, תוצאות מחקרים), תיאורים טקסטואליים (אינפורמציה לגבי סביבת המחקר, מבנה ומדיניות, אסטרטגיה לפיתוח מחקר, מידע כמותי על ביצועי מחקר ומדדים להערכה), ונתונים אחרים (ומקורות למימון מחקר ומספרם, מספר הסטודנטים למחקר, מספר תארי המחקר שהוענקו, ואינדיקטורים של הערכת עמיתים). איכותם של מרכיבים שונים אלה מוערכת במסגרת שלושה אלמנטים: תפוקה מחקרית (כגון: פרסומים, מוצרים, חומרים חדשים, מתקנים, פטנטים, ביצועים, תערוכות, אירועים, עבודות שמפורסמות במדיה שאינה כתובה); השני- סביבת המחקר (כגון: הארגון, האסטרטגיה לקידום ופיתוח סגל המחקר); והאלמנט השלישי:

אינדיקטורים של הערכת המחקר (Esteem indicators) - (כגון, ההשפעה של המחקר על הקהילה האקדמית ועל משתמשים אחרים). הצוותים קובעים את המשקל (אחוז) שיש לתת לכל אחד משלושת האלמנטים, דבר שיקבע את המידה שבה האלמנטים השונים יתרמו לפרופיל האיכות הכללי של התחום. לאלמנט של תוצאות המחקר צריך להינתן משקל של לפחות 50 אחוז, ולפחות 5 אחוז צריכים להינתן לשני האלמנטים האחרים של סביבת המחקר ואינדיקטורים להערכה. פרופיל האיכות הכללי מורכב מאוסף משוקלל של פרופילי האיכות הניתנים לשלושת האלמנטים (RAE, 2000).

דירוג איכות המחקר הוצג ב-2001 בסקלה של אחד עד חמישה כוכבים, חמישה כוכבים ניתנים עבור איכות המשתווה לרמות מצוינות בינלאומית, ביותר מחצי מפעילות המחקר, ומשתווה למצוינות לאומית בכל השאר. כוכב אחד ניתן עבור איכות המשתווה להשגת רמות מצוינות לאומיות בעשרה אחוזים מפעילות המחקר. תוצאות דירוגי ה-RAE מתפרסמות בשני חתכים, האחד לפי חתך מוסדות ודירוג יחידות המחקר בתוך כל מוסד, והשני לפי חתך של תחומים ודירוג האוניברסיטאות בתוך כל תחום (RAE, 2000).

טבלה 8: דוגמה להערכת ה-RAE בבריטניה לדירוג התחומים באוניברסיטת ברמינגהם ב-2001
(HERO- Higher Education and Research opportunities in the UK, 2001)

Unit of Assessment	2001 Rating
Computer Science	5
Chemical Engineering	5
Civil Engineering	5
Electrical and Electronic Engineering	5
Mechanical, Aeronautical and Manufacturing Engineering	4

טבלה 9: דוגמה להערכת ה-RAE בבריטניה בתחום הנדסת חשמל ואלקטרוניקה ב-2001
(HERO- Higher Education and Research opportunities in the UK, 2001)

Universities	2001 Rating
University of Leeds	5
University of Sheffield A - Automatic Control and Systems Engineering	5
University of Sheffield B - Electronic and Electrical Engineering	5
Lancaster University	4
Coventry University	3

תוצאות המבדק שנערך בשנת 2001 אישרו כי רמת המחקר של בריטניה נמצאת בעלייה: מתוך 173 מוסדות, 61 קיבלו את הדירוג הגבוה ביותר של חמישה כוכבים עבור מחלקה אחת או יותר.

ה-RAE נערך לסקר הבא, שיערך ב-2008. תוצאות דירוג איכות המחקר באוניברסיטאות יוצגו בסקאלת דירוג של כוכב אחד עד ארבעה כוכבים, השונה מהסקאלה של חמשת הכוכבים, לפיה נעשה הדירוג ב-2001.

ארבעה כוכבים יינתנו בעבור מחקרים מובילים ברמה עולמית במונחים של מקוריות, משמעות, ואיכותיות, וכוכב אחד בעבור מחקרים מובילים ברמה לאומית במונחים של מקוריות, משמעות ורצינות. כמו כן, תתווסף קטגוריה של 'לא מדורג' עבור רמת מחקר, שאינה עומדת בסטנדרטים ברמה לאומית או מחקר, שאינו עומד בקריטריונים של מחקר הדירוג (RAE, 2008).

4.2.3 דירוג האוניברסיטאות בגרמניה

בגרמניה, לא פועלת מערכת Ex post מקיפה להערכת מחקרים ברמה הלאומית, ואין מדדים והערכות של ביצועי מחקר המשמשים כאמצעי להחלטה לגבי הקצאת תקציבים למחקר, הן מכיוון שהאוניברסיטאות ממומנות בעיקר ברמת האזור, והן בשל ההתנגדות לתחרותיות שתיווצר מהשוואה בין האוניברסיטאות (Campbell & Felderer, 1997).

גרמניה נחלקת ל-16 אזורים, כשכלל אזור מדיניות שונה לגבי הערכת המחקר באוניברסיטאות. שיטת הערכה נפרדת זו, מאפשרת פלורליזם והתנסות בשיטות הערכה שונות, אך עם זאת, אינה מאפשרת להשוות בין מודלים של אזורים שונים. אוניברסיטאות רבות מבצעות הערכה פנימית של המחקר הנערך בהן לצורך הקצאת משאבים המתגמלים את אלה שהראו ביצועים טובים בעבר (Genua & Martin, 2001).

בעקבות איחוד גרמניה, נוצר צורך לאחד בין המחקר במוסדות האקדמיים של מזרח גרמניה למסגרת הכוללת של מחקר אקדמי בגרמניה. ה- Science Council בגרמניה המזרחית ערך הערכה שיטתית של תחומי מחקר ספציפיים ושל כל האוניברסיטאות במזרח גרמניה בשנים 1990-1991. איכות הנדסית הוערכה על-פי: פרויקטים ממומנים, פרסומים, הערכת התעשייה. בעקבות הערכה זו, פורקו מוסדות אקדמיים או המשיכו לפעול והוכנסו לרשימת אוניברסיטאות מחקר שנקראה Blue List. באמצע שנות התשעים הוחלט לערוך הערכה של כל המחקרים של אוניברסיטאות ה- Blue list, תהליך שהסתיים בשנת 2000. כיום, יש בגרמניה ארבעה מודלים שונים להערכה של ביצועי אוניברסיטאות ממומנות בהם משתמשים האזורים השונים. במודלים אלה, ניתן משקל רב יותר להוראה מאשר למחקר. באופן דומה, האוניברסיטאות עצמן מקצות את תקציביהן על-פי הערכות ביצועים של המחלקות והפקולטות השונות (Campbell & Felderer, 1997; Shapira & Kuhlmann, 2003).

אחד האזורים בגרמניה (Baden-Wurtemberg) החליט ליישם מתחילת שנת 2000 מערכת הערכה כוללת להוראה ומחקר של כל האוניברסיטאות המקומיות ובפרקי זמן קבועים. התאם למודל הנהוג בהולנד. לשם כך הוקם מרכז הערכה (CHE- Center for Higher Education Development). אזור נוסף בגרמניה (Niedersachsen) עורך גם הוא הערכה מקיפה של המחקר באוניברסיטאות המתבססת על שיטת הערכת עמיתים מובנית. מימדי ההערכה הם: איכות ורלוונטיות; אפקטיביות ויעילות; ונושאים הנוגעים למדיניות האוניברסיטה (Wissenschaftliche Kommission Niedersachsen, 2000). מרכז הערכה - CHE, מפרסם מידי שנה את תוצאות ההערכה מיתוך הבנה שפיתוח מערכת השכלה גבוהה דורש שקיפות בנוגע לאיכות ההוראה והמחקר. הדירוג הינו רב מימדי ונשען על 40 אינדיקטורים המשקפים נקודות מבט שונות על החוזק והחולשה של מוסדות לפי תחומים. בין האינדיקטורים אפשר למצוא ניתוח ביבליומטרי של פרסומים, ניתוח פטנטים, סקרים של עמיתים (תהליך בו השתתפו עשרת אלפים פרופסורים), תקציבים לפי חברי סגל, סקרים שבדקו את דעותיהם של סטודנטים, שיתוף פעולה מחקרי בינלאומי ועוד.

הצגת התוצאות כאן שונה לגמרי מהדרך בה היא נעשית בדירוגים האמריקאים והבריטים. אין דירוג כללי אלא דירוג על-פי תחומים מקצועיים מתוך ההשקפה שאין אוניברסיטה אחת שהיא הטובה ביותר בכל התחומים. יחד עם זאת, אין בגרמניה רצון להשתמש בתוצאות הערכות אלה לצורך החלטה על הקצאת משאבים ציבוריים לאוניברסיטאות, אלא להשתמש בהם על מנת לתמוך בתהליכי למידה באוניברסיטאות (CHE, 2000).

5. חשיבותה של הערכת השפעה של המחקר ההנדסי על הכלכלה, התעשייה, והחברה

מערך המחקר האקדמי מהווה מרכיב מרכזי במערכת המו"פ והחדשנות הלאומית, מכיוון שיכולת הליבה של האקדמיה מסייעת לקדם את החדשנות לתועלתם של התעשייה והמשק. מחקרים המבוצעים באוניברסיטאות תומכים בנושאים שמטרתם לשפר את איכות החיים כמו: שירותים לאזרח, מחשוב, אינטרנט, תקשורת, נזקי סביבה ומים, חיסונים, ציוד רפואי, תרופות ועוד. בארה"ב מכירים בכך, שמחקר אוניברסיטאי הוא הכוח המניע להפיכתה למעצמה המובילה בעולם. האקדמיה הלאומית להנדסה של ארה"ב (The National Academy of Engineering – NAE, 2005) רואה בהשפעת המחקר חשיבות מכרעת למעמדה של ארה"ב כמובילה טכנולוגית ופרסמה בנושא כמה ספרים ודוחות. האוניברסיטאות האמריקאיות, להשקפתה, הן לא רק מקור של רעיונות מדעיים וטכנולוגיים, שמובילים לפיתוח מוצרים ותהליכים חדשים, אלא גם מקור לתובנות פוליטיות וחברתיות, אשר מחזקים את יכולתה של האומה לאמץ טכנולוגיות חדשות ואורח חיים של חדשנות. מכיוון שהתעשייה הולכת ומתבססת על חדשנות ומיומנויות חדשות, התרומה של האקדמיה הופכת ליותר קריטית להשגת הצלחה כלכלית (NAE, 2005). יתרה מכך, בדוח העוסק בהערכת המחקר ההנדסי בארה"ב נכתב, שכיום יותר מתמיד, שגשוגה של האומה ובטחונה תלויים בחוזקה של הטכנולוגיה. יש צורך בכישורי מחקר בסיסי ויישומי שישיעו על הכלכלה, הסביבה, הבריאות ואתגרים ביטחוניים, על מנת להפיק תועלת מהזדמנויות הנוצרות על-ידי גילויים מדעיים, בהמצאת מוצרים ושירותים חדשים, יצירת תעשיות חדשות, מקומות עבודה, ויצירת רווחה (NAE, 2005). הגישות הנהוגות כיום להערכה של מחקר מדעי מדגישות את הצורך לבחון את נושא השפעתו של המחקר בצורה רחבה ולראות בהערכת המחקר תהליך חברתי, שכלולים בו שיקולים והשפעות ארוכות טווח. למחקר יש בעלי עניין לא רק בקהילה המדעית אלא גם בצרכנים של תוצאותיו- הציבור הרחב, המשק וגורמים ממשלתיים המעורבים ומשפיעים על מדיניות המדע (Nowotny, Scott, & Gibbons, 2001).

6. מימדים להערכת השפעת המחקר ההנדסי

קיימת דרישה רבה למחקרים כמותיים על ההשפעות של המחקר באוניברסיטאות על המשק והחברה ולאיינדיקטורים של השפעות אלה. דרישה זו מעלה שאלות תיאורטיות כגון: מהו מרחב ההשפעה של המדע על החברה; באמצעות איזה מנגנונים מועברות השפעות המחקר לחברה. רוב מדדי ההשפעה של המחקר ההנדסי, מתייחסים להשפעה כלכלית כגון צמיחה כלכלית, פריון, רווח, יצירת עבודה, ונתח שוק. מדדים ואיינדיקטורים שיטתיים לבחינת ההשפעה שיש למדע על החברה, התרבות, הפוליטיקה וממדים ארגוניים חסרים כמעט לחלוטין בספרות. רוב ההשפעות של המחקר קשות למדידה וחולף זמן רב עד שניתן למדוד ולהעריך אותן. Godin & Dore (2003) טוענים, שההשפעה הכלכלית של המחקר מייצגת רק חלק

קטן מסך כל השפעות המחקר על החברה. עקב זאת, הם ערכו סדרת ראיונות עם חוקרים משבעה עשר מרכזי מחקר, ועם משתמשים קיימים ופוטנציאלים של תוצאות המחקרים מ-11 ארגונים חברתיים וכלכליים במטרה לאפיין את סוגי המחקר הנערכים (בסיסי, יישומי ואסטרטגי), ואת הטווח הכולל של השפעות המחקר. על סמך החומר שנאסף, בנו החוקרים סיווג של אחד עשר מימדי השפעה של המחקר על החברה, והגדירו את האינדיקטורים למדידתם (טבלה 10). חלק מהאינדיקטורים מבוססים על סטטיסטיקות, אך את רובם יש צורך להעריך באמצעות סקרים. מאחר שהשפעה נמדדת באמצעות שינוי במצב, Godin & Dore מציעים לאסוף שני סוגים של מדידים לשינוי: האם קיים או לא קיים שינוי (משתנה שמי של כן/לא), וחשיבות השינוי מבחינת הכמות, משך הזמן והתדירות (מוערך באמצעות סקלה). כמו כן, השאלות צריכות להישאל על מחקר ספציפי או על תוצאות קבוצת מחקרים ספציפית ולא על מחקר באופן כללי.

טבלה 10: המימדים והאינדיקטורים להשפעת המחקר

(Godin & Dore, 2003)

מימד 1: השפעה על המדע תת מימד: קידום בידע	אינדיקטורים (מדד להערכה האם קיים/לא קיים השינוי באמצעות תוצאות המחקר מיוצג באות "א"; החשיבות (הכמותית או האיכותית) של השינוי על תת המימד, מיוצג על-ידי האות "ב").
מומחיות	א. הופעת תוכניות הכשרה חדשות ב. ההרשמה לתוכניות הכשרה אלה מספר כתבי העת החדשים ומאמרים קשורים.
תיאוריות	א. המצאה של תיאוריות חדשות ב. השימוש בתיאוריות אלה (ציטוטים)
מתודולוגיות	א. ההמשגה של מתודולוגיות חדשות ב. השימוש במתודולוגיות אלה
עובדות	א. גילוי עובדות חדשות ב. השימוש בעובדות אלה (ציטוטים)
מודלים	א. בניית מודלים חדשים ב. השימוש במודלים אלה (ציטוטים)
תת מימד: פעילויות מחקר	
תרומות למחקר	ב. מספר הפרסומים החדשים
סוג המחקר	א. סוג המחקר (בסיסי, יישומי, אסטרטגי)
בינתחומיות	ב. הגידול במספר הפרסומים של שיתופי פעולה בין תחומים
בין-סקטוריאליים	ב. הגידול במספר הפרסומים של שיתופי פעולה בין סקטורים
בינלאומיים	ב. הגידול במספר הפרסומים של שיתופי פעולה בינלאומיים
תת מימד: הכשרת חוקרים	
מיומנות מחקר	א. בעלי מיומנות מחקר (הגדרת בעיית המחקר, ארגון פרויקט, שיטות איסוף נתונים, ניתוח נתונים וכדומה)
מיומנויות קשורות	א. בעלי מיומנויות קשורות (כתיבה, פתרון בעיות מורכבות, תקשורת, מיחשוב, ניהול וכדומה)
מימד 2: השפעה על טכנולוגיה	
מוצרים ותהליכים	א. השגת שיפור מוצר או תהליך ופיתוח מוצרים ותהליכים חדשים
	ב. ערך המכירות, מספר הפטנטים, מספר הרישיונות, מספר המשתמשים, ציטוטי הפטנטים בספרות המדעית
שירותים	א. פיתוח שירותים חדשים ב. נתחי שוק
ידע ומיומנויות	ב. מספר הפרטים או הארגונים שרכשו שליטה בידע/מיומנויות חדשים
מימד 3: השפעה על	

	הכלכלה תת מימד: מצב תקציבי
הוצאות תפעול	ב. הפחתה בהוצאות התפעול (כתוצאה מטכנולוגיה או תהליך חדש)
הכנסה	ב. רמת ההכנסות
רווחים	ב. רמת הרווחים
מחיר מכירה של המוצרים	ב. השינויים במחירים
	תת מימד: מקור המימון
הון פעולה	ב. רמת המימון דרך הון פעולה
הון סיכון	ב. רמת המימון דרך הון סיכון
חוזים	ב. ערך החוזים
	תת מימד: השקעות
הון אנושי	א. סוג המשרות והמימוניות בארגונים (תעודות, תארים, תחומים)
הון בנכסים קבועים ובחומרים	א. סוג הנכסים והחומרים הקבועים ב. ההשקעות (בדולרים) בנכסים קבועים ובחומרים שמקורם באקדמיה
תפעול והוצאות	ב. מספר העסקים שנוצרו, מספר חברות-בת (על-ידי סטודנטים, פרופסורים, חוקרים או בוגרים)
	תת מימד: ייצור
סחורות	א. סוג הסחורות ב. ערך הסחורות
שירותים	א. סוג השירותים ב. ערך השירותים
	תת מימד: שיווק
התפתחות השוק	א. הגיוון בשווקים. חשיבות השווקים (בדולרים) (נפח הייצוא במכירות, חשיבות המסחר בהי-טק בדולרים)
	מימד 4: השפעה על תרבות תת מימד: ידע
ידע והבנת הרעיונות והמציאות על-ידי יחידים (נרכשים באמצעות מנגנונים פורמאליים ולא פורמאליים)	ב. מספר בוגרים של מוסדות אוניברסיטאיים וטכנולוגיים במדעים המעניקים תארים בתחומי המדעים, תוצאות אקדמיות במדעים, רמת ההבנה של מושגים מדעיים
	תת מימד: לדעת איך (Know how)
מיומנויות אינטלקטואליות	א. פיתוח מיומנויות חדשות (יצירתיות, ניתוח, ביקורתיות, סינתזה, וכו'). ב. רמת השליטה במיומנויות החדשות שנרכשו
מיומנויות פרקטיות	א. היכולת לזהות ולפתור בעיות מכאניות וטכניות בעבודה או בבית ב. התדירות ומשך השימוש בטכנולוגיות החדשות
	תת מימד: עמדות ועניין
ההשתתפות בפעילויות מדעיות	א. ההשתתפות בפעילויות מדעיות
מספר השעות המוקדשות לתוכניות מדעיות באמצעי התקשורת, מספר המבקרים במוזיאונים למדע	ב. מספר השעות המוקדשות לתוכניות מדעיות באמצעי התקשורת, מספר המבקרים במוזיאונים למדע
	א. ערכים (מוסר, אינטלקטואל ומקצועיות) ואמונות (דת, משפחה)
	תת מימד: השקפת עולם
	מימד 5: השפעה על החברה תת מימד: יחידים
רווחה ואיכות חיים	א. שיפור התנאים החברתיים והכלכליים של יחידים ב. הכנסות של יחידים
השלכות חברתיות	א. קשר עם ארגונים העוסקים בשאלות מדעיות
פרקטיקות	ב. מספר היחידים ששינו מנהגי חיים (מזון, פעילויות וכדומה)
	תת מימד: ארגון (הרצאות, התערבויות ופעולות)
	א. קיום של הרצאות בנושאי מדע וטכנולוגיה, ההופעה של סגנונות חדשים להתערבות ופתרון בעיות חברתיות
	מימד 6: השפעה על מדיניות תת מימד: מקבלי החלטות
	א. עניין חדש או עמדה חדשה כלפי שאלות מדעיות וטכנולוגיות בעלות עניין ציבורי

	(ערנות, עניין, עמדות)
א. מדעי משפט חדשים	תת מימד: פעולה ציבורית (חוק, מדע משפט, אתיקה)
א. חוק או מדיניות חדשים ב. טווח החוקים (מספר היחידים המושפעים)	מדיניות
א. תוכנית, תקנה או נורמה חדשה ב. טווח התוכניות, התקנות והנורמות	תוכניות, תקנות, נורמות
ב. אחד או מספר סטנדרטים חדשים	סטנדרטים
א. הצגת מסמכים לוועדות ציבוריות בנושאי מדע וטכנולוגיה	תת מימד: אזרחים השלכות פוליטיות
	מימד 7: השפעה על ארגונים תת מימד: תכנון
א. אוריינטציה אסטרטגית חדשה: מטרות ויעדים	מטרות
א. ארגון מחדש ב. מספר האנשים שהושפעו מהארגון מחדש	ארגון אדמיניסטרטיבי
	תת מימד: ארגון העבודה
א. הקצאת צוות ב. רמת ההתמחות בעבודות	משימה (הקצאה ואיכות)
א. רכישת טכניקות ייצור מתקדמות	אוטומציה
א. ארכיטקטורת רשת המחשב ב. מספר משרות המחשוב בארגון, הערך ב(בדולרים) של רכישת מחשבים וציוד אוטומטי	מחשוב
	תת מימד: אדמיניסטרציה
א. רמת היכולות ושנות הניסיון שדל צוות הניהול	ניהול
א. אימוץ שיטות חדשות	שיווק, הפצה, רכש
	תת מימד: משאבי אנוש
ב. מספר עובדי המו"פ החדשים	כוח עבודה
ב. תארים של כוח העבודה, תחומי מומחיות זמינה, ניסיון וכישורי העובדים	יכולות העובדים
א. יישום נורמות חדשות או ציוד חדש הקשור לבריאות ובטיחות ב. מידת שביעות הרצון של העובדים מנאי העבודה והשכר המוצעים על-ידי הארגון	תנאי העבודה
	מימד 8: השפעה על בריאות תת מימד: בריאות הציבור
ב. משך האשפוז, הזמינות של סוגי טיפול ותרופות שונים, מידת שביעות הרצון	שמירה על הבריאות
ב. אורך החיים, שיעור פוריות	הארכת חיים ופוריות
א. תוכניות מניעה חדשות (מודעות וחיסונים) ב. מספר היחידים הנהנים מתוכניות מניעה חדשות, שיעור ההופעה של מחלות מדבקות, שיעור ההופעה של מחלות כרוניות, שכיחות התמכרות לעישון, אלכוהול וסמים, שכיחות סרטן ומחלות לב, השכיחות של מחלות אחרות	מניעה ושכיחות מחלות
	תת מימד: מערכת הבריאות
ב. הוצאות בריאות בהשוואה ל-GDP, להוצאות ממשלתיות או לתושב	הוצאות כלליות
ב. הדרכה ומיומנות כוח העבודה	כוח עבודה
א. ציוד רפואי (אבחון, ריפוי) ב. הערך ב(בדולרים) של השקעות בתשתיות וציוד רפואי חדש, הגיל הממוצע של ציוד רפואי	תשתיות וציוד רפואי
א. אישור תרופות ב. מספר הפרוטוקולים הרפואיים החדשים	מוצרים (תרופות, טיפול, אבחנה)
	מימד 9: השפעה על הסביבה תת מימד: ניהול

משאבים טבעיים	א. תוכנית לשמירה והגנה על הסביבה, תוכנית לפיתוח משאבים ברי קיימא
סביבה	א. כלי למעקב אחרי זיהום אויר וסיבותיו, פיתוח נורמות נגד זיהום אוויר
תת מימד: מים, אויר יערות, אקלים ומזג אויר	א. מודל לחיזוי מזג אויר ושיטות מדידה
מימד 10: השפעה על סימבוליזם	
לגיטימיות, אמינות, חשיפה, הכרה, פרסום	א הזמנה להוביל פורומים מגוונים ולהשתתף בהם ב רמת הידע וההערכה (פרסים, תארים, קידום, מועמדות לתפקיד/פרס)
מימד 11: השפעה על הכשרה	
תוכניות לימודים	א. תוכניות הכשרה
כלים פדגוגיים	א. תפריטי הוראה
מיומנויות	א. כישורים נרכשים
כניסה לכוח העבודה	ב משך התקופה שבין סיום הלימודים לתחילת עבודה, התאמה בין הדרכה לעבודה
קריירה	א מסלול הקריירה ב משכורת
השימוש בידע שנרכש	א השימוש בידע בעבודה ובחיי היום-יום

מימדי ההשפעה המרכזיים המוצעים בספרות הם: העברת ידע, הכשרת בוגרים לתארים מתקדמים, העברה טכנולוגית, שותפות בתהליך החדשנות, השפעה כלכלית, ותרומת המחקר האקדמי לחברה ולאיכות החיים. להלן נפרט כל אחד ממימדי השפעה אלה, תוך ציון שיטות ומדדים אפשריים להערכתם.

7. הערכת ההשפעה של העברת ידע מהאוניברסיטאות

האוניברסיטאות הינן מקור חשוב לידע חדש, בעיקר בתחומי המדע והטכנולוגיה. הערוצים העיקריים להעברת ידע מהאוניברסיטאות לתעשייה הם: פרסומים, פטנטים, ייעוץ, פגישות לא פורמאליות, כנסים, גיוס בוגרים, ושיתוף פעולה מחקרי. במחקר שבחן את החשיבות המיוחדת לערוצי העברת הידע מהאוניברסיטה לתעשייה בעיני מנהלים בתעשייה העבירו החוקרים שאלון ל-1478 מנהלי מעבדות ייצור, שהתבקשו לדרג את חשיבות ערוצי האינפורמציה על סקלת ליקרט 1-4. ממצאי המחקר הראו שערוצי התקשורת של פרסומים, כנסים, שיחות לא פורמאליות וייעוץ נחשבים לערוצי העברת הידע היותר חשובים (Cohen, Florida, Randazzezese, & Walsh, 1998).

במחקר אחר, נבחנה החשיבות המיוחדת לפטנטים כמקור ידע בהשוואה לערוצים אחרים של העברת ידע באמצעות שאלון שהועבר לפרופסורים להנדסה מכונות, הנדסת אלקטרוניקה ומדעי המחשב ב-MIT. החוקרים השוו בין מספר הפטנטים למספר הפרסומים של פרופסורים אלה בשנים 1983-1999 ומצאו, שלמרות עלייה משמעותית במספר הפטנטים, הוא עדיין היווה רק כעשרה אחוזים ממספר הפרסומים. כמו כן, הפטנטים עדיין נוצרים על-ידי מספר מצומצם של אנשי אקדמיה, בעוד שהרוב מפרסם מאמרים. החוקרים מצאו, שחברות שונות משתמשות בערוצים שונים על מנת להגיע לידע הקיים באוניברסיטאות, ושרישום פטנטים לא גורם לירידה במספר המאמרים שמפרסמים חברי סגל (Agrawal & Henderson, 2000).

פיתוח כלים ומתודולוגיות על-ידי חוקרים באוניברסיטאות, הכולל פיתוח ציוד חדש, טכניקות למעבדות, ושיטות ניתוח כדי לסייע בהתמודדות עם בעיות מחקר ספציפיות, הוא תוצר המתקבל ממחקר באוניברסיטאות ודורג במקום השני מבחינת חשיבותו (לאחר פרסומים) (Arundel, Van de Paal, & Soete, 1995).

7.1 פרסום

באמצעות מנגנון פרסום תוצאות מחקרים בכתבי עת, בדוחות ובספרים, מספקת האוניברסיטה מידע מדעי לציבור הרחב, ובכך היא ממלאת תפקיד מרכזי כמקור לידע חדש שיכול להועיל לחברה. פרסום מחקריהם של חברי סגל מאפשר לתעשייה לשאוב מידע על הפיתוחים האחרונים במדע הבסיסי והתפתחות טכנולוגיות חדשות (שפר ופרנקל, 2003). איסוף נתונים ביבליוגרפים כמותיים המופקים מטקסטים מדעיים וניתוחם, מאפשרים לקבל הערכה כמותית ואובייקטיבית על מידת ההשפעה שיש לפרסומים מדעיים על הקהילה המדעית ועל התפתחות המדע. השיטות הביבליומטריות מאפשרות ביצוע השוואות בין תחומים מקצועיים שונים, וניתוח מגמות לאורך זמן ובעלות נמוכה יחסית. הביבליומטריה היא כלי חשוב להערכת הפעילות והתפוקה המחקרית של החוקרים עצמם, להערכת התמחויות מדעיות של מוסדות או מדינות, לניתוח הקשרים המחקריים בין גופים שונים והערכת רמת הפעילות המדעית ומעמדה של ישראל בעולם המדעי ביחס למדינות אחרות (The Royal Academy of Engineering, RAE, 2000; Ruegg & Feller, 2003).

פרסום הינו היעד המרכזי של חברי הסגל, כיוון שהוא האמצעי העיקרי בעזרתו הם זוכים לקידום ולהכרה בהישגי המחקר שלהם. במחקר שנערך בהשתתפות חברות אירופאיות גדולות העוסקות בששה עשר סקטורים תעשייתיים נמצא, שפרסום הינו המקור העיקרי המשמש את החברות כדי ללמוד על המחקר הציבורי. פרסומים מרחיבים את ההזדמנויות והנגישות של הציבור והתעשייה לידע ומיומנויות שפותחו בקהילה המדעית (Arundel et al., 1995).

לידע המועבר מהאוניברסיטאות השפעה כלכלית גדולה מאוד. דוגמא לכך הינה ההשפעה באמצעות פטנטים. ארגון Association of University Technology Managers -AUTM (1999) מעריך שרישוי לשימוש בתוצאות מחקר שנערך במוסדות האקדמיים, תרם ליותר מארבעים מיליארד דולר בפעילות כלכלית, ותמך ביותר ממאתיים ושבעים אלף מקומות עבודה בשנת 1999. שני התחומים הפעילים יותר בהעברת ידע אוניברסיטאי הם מדעי החיים ואלקטרוניקה כולל הנדסת אלקטרוניקה ומדעי המחשב. דוגמאות להצלחות חדשניות יוצאות דופן בשני תחומים אלה הם: תהליך שחזור ה-DNA שנעשה על-ידי Cohen & Boyer, וסט האלגוריתמים להעתקת תכנים ברשת גדולה של שרתים מפוזרים ללא הסתמכות על שרתים מרכזיים שפותחה על-ידי Leighton. החדשנות של Cohen & Boyer נחשבת לאבן הפינה של תעשיית הביוטכנולוגיה, והייתה בעלת השפעה כלכלית רבה, נרכשו לה 480 רישיונות, והיא הובילה להקמת Akamai Inc. שהכניסה US\$351bn בשנה אחת (Agrawal, 2001).

ההצדקה המסורתית למימון ציבורי של מחקר הינה הרחבת הידע המדעי הזמין שחברות יכולות להסתמך עליו בפעילויותיהם הטכנולוגיות. קיימים הבדלים במידת יכולתן של חברות להשתמש במחקר האוניברסיטאי להשגת יתרונות לעצמן. Cohen & Levinthal (1989) טענו שהשקעה של החברות במו"פ פנימי הכרחיות על מנת שיפתחו יכולת ספיגה (Absorptive capacity) שתאפשר להן להשתמש בידע המועבר מהאוניברסיטאות.

אינפורמציה יכולה להפוך לידע ולהיות בעלת ערך רק כאשר למשתמשים יש את היכולת להבין אותה, אחרת האינפורמציה הינה חסרת משמעות. יכולת החברה להכיר בערך האינפורמציה, להטמיע אותה ולמסחר אותה הינה קריטית עבור החברה לשם השגת יכולת חדשנית. החוקרים פיתחו מודל המתאר את ההשקעה של חברה במו"פ. לפי המודל, המו"פ תורם ליצירה של יכולת הספיגה של החברה, שבתורה, מאפשרת לחברה נגישות לאינפורמציה חיצונית בדרך שממזה את יכולות המו"פ שלה. קשר ישיר של חברות תעשייתיות עם חוקרים מהאוניברסיטה וביצוע מחקרים משותפים (שמובילים לפרסומים משותפים), תורמים ליכולת של החברות לקלוט, להשתמש, ולפתח את הידע שמקורו באוניברסיטאות (Cockburn & Henderson, 2000).

קיימת הבחנה בין ידע גלוי (Codified knowledge) לידע סמוי (Tacit knowledge). ידע גלוי מספק רק אינפורמציה מוגבלת, מאחר שיישום ידע זה דורש ידע סמוי נוסף ואינטראקציה יותר אישית. עם זאת הגישה לידע גלוי מהווה לעיתים את המפתח לגילוי חדשנות על-ידי חברות (Salter & Martin, 2001; Faulkner & Senker, 1995). קיימת סתירה בין פרסום מספר גדול של מאמרים מדעיים על-ידי חברות, לבין היתרונות הכלכליים הטמונים בכך שהחברות לא יפרסמו את הידע המצוי בידן (Hicks & Katz, 1997). חברות משתמשות במאמרים שהן מפרסמות לא רק על מנת להציג ידע בצורה גלויה אלא גם כדי לאותת לאחרים על קיומו של ידע סמוי בידיהן. למרות ההבחנה בין שני סוגי הידע, הם קשורים זה בזה (Hicks, 1995). קיימים הבדלים בקווי המדיניות של האוניברסיטאות לגבי קניין רוחני הנוצר בהן ומבחינת התמריצים הניתנים לפרופסורים לעסוק בפעילויות הקשורות למסחר מחקריהם בדרך של פטנטים, ייעוץ וכדומה. נושא זה יידון בהרחבה בהמשך.

7.2 מתן ייעוץ טכני

מנגנון זה כולל הקדשת חלק מהזמן של חברי אקדמיה ובדרך כלל כולל גם שימוש במעבדות או בתשתיות אוניברסיטאיות אחרות, למטרה של ביצוע מחקרים בעבור התעשייה, ובייעוץ לחברות עסקיות בנושאים הקשורים למיומנותם המקצועית-אקדמית של החוקרים. על אף שבמסגרת הייעוץ, החוקרים אינם רשאים להעביר ידע ספציפי הנובע ממחקרים שבוצעו באוניברסיטה, הם יכולים לסייע לפירמות מסחריות לשפר את ביצועיהן, על-ידי מתן תשובות מקצועיות ומהימנות לבעיות נקודתיות שמעלות החברות. קיים חשש, שלעתים אף מתממש, של התערערות משימתן של האוניברסיטאות כמוקד לפיתוח מדע בסיסי, וזאת כאשר חברי הסגל האקדמי מוצאים עצמם יותר ויותר שקועים בעבודת הייעוץ הטכני (Lowe & Quick, 2004).

ייעוץ הטכני הוא מנגנון העברת הידע הנתפש כחשוב ביותר באוניברסיטאות (Agrawell & Henderson, 2000), והמנגנון הרביעי בחשיבותו מבחינת תפישת התעשייה (Cohen et al., 1998). לפי הסקר של NAE (2005), הייעוץ הטכני הניתן על-ידי אנשי אקדמיה אינו מתועד דיו אך הוא מייצג אמצעי להחלפת ידע, ומרבית המוסדות מעודדים את אנשי הסגל להקדיש מזמנם לייעוץ בתוך מסגרת של כללים ברורים (ויגדור, 1998).

על-פי ממצאי סקר עמדות חברי סגל שערכו שפר ופרנקל (2003) בטכניון, באוניברסיטה העברית ובאוניברסיטת תל-אביב, עולה שבקרב חברי הסגל במוסדות האקדמיים האלה, קיימת נכונות רבה לשתף פעולה עם חברות תעשייתיות במתן ייעוץ, פיקוח, מחקר ועוד. חברי הסגל מבינים את חשיבות שיתוף הפעולה עם

התעשייה ורואים בקיום קשרים אלו תרומה גדולה לחשיפת שני הצדדים לרעיונות, לנושאים חדשים, ולפיתוח מוצרים ותהליכים חדשים. כארבעים אחוז מהנסקרים אף ציינו שהם עצמם קיימו בעשר השנים האחרונות או מקיימים כיום קשרים עם התעשייה, כאשר רוב הקשרים מתרכזים במתן ייעוץ.

7.3 זליגת ידע (Spillover)

זהו ידע אשר נוצר על-ידי גורם אחד וניתן לשימוש על-ידי גורם אחר ללא פיצוי, או עם פיצוי הנמוך מערך הידע. זליגת ידע היא בדרך כלל תוצאה של מחקר בסיסי, אם כי היא נוצרת גם על-ידי מחקר יישומי ופיתוח טכנולוגי. ידע בלתי ישיר יכול להיווצר באופן ברור דרך פירוק של מכשיר או תוכנה כדי לראות איך הם פועלים (Reverse engineering) או בדרך פחות גלויה, לדוגמא: הזנחת קו מחקרי מסוים על-ידי חברה אחת מאותנת לחברות אחרות שקו זה אינו יצרני ולכן חוסכת להן הוצאות של התנסות עצמית בנושא זה. הנהנה מזליגת הידע יכול להשתמש בידע על מנת להעתיק או לחקות מוצרים מסחריים או תהליכים מקוריים, או על מנת להשתמש בידע כתשומה לתהליך מחקרי שמוביל לטכנולוגיות חדשות אחרות.

בנסיבות מסוימות ידע בלתי ישיר נוצר בחלקו בכוונה תחילה על-ידי הממציא; פרסום של מחקרים מדעיים, בחלקם לפחות, מכוונים להפיץ ידע חדש לניצול על-ידי קהל פוטנציאלי רחב יותר. במקרה של המצאה שלגביה נרשם פטנט, חברה דורשת חשיפה של ידע חדש כגמול על הענקת זכויות יחיד לשימוש מסחרי של ההמצאה. המטרה של חשיפה זו להפוך מידע חדש לזמין עבור אחרים על מנת לאפשר לפתח יישומים חדשים ושונים, ובו בזמן להגן על הממציא מחיקויים.

ניצול כלכלי של ידע חדש מחייב מכירה של מוצרים חדשים או הכללתם של תהליכים חדשים בשימוש מסחרי. מסחור זה מוביל לחשיפה של לפחות חלק מהאספקטים של ידע חדש לגופים כלכליים אחרים.

קיימות שתי צורות מרכזיות של זליגת ידע: (1) זליגת ידע גיאוגרפית (2) זליגת ידע החוצה סקטורים ותעשיות (Griliches, 1995). למרות תרבות המדע הפתוחה באקדמיה, שתוצאתה מתבטאת בפרסומים בספרות בינלאומית ובפטנטים, המסחור של המצאות קשור לאזור בו פותחה ההמצאה (Agrawal, 2001). זליגת ידע גיאוגרפית הינה בעלת יתרונות לחברות הממוקמות בקרבה לאוניברסיטאות המחקר. כתוצאה מכך החלטות מדיניות בנוגע להקצאת כספי מחקר לאוניברסיטאות מקומיות הן בעלות השפעה על הכלכלות המקומיות. עם זאת, ניתן לראות מקרים שבהן זליגת ידע חרגה מגבולות גיאוגראפיים ומקרים אלה צריכים להמשיך ולהיחקר.

במחקרים נמצא ששיתוף פעולה במחקר בתוך מדינה מושפע באופן בולט מקרבה גיאוגרפית (Katz, 1996; Hicks, Isard, & Martin, 1994). במחקר בו נבדקה המידה שבה זליגת ידע מרוכזת באזור גיאוגרפי אחד באמצעות רישום וציטוט של פטנטים, החוקרים השוו את ההיתכנות לציטוט פטנטים הקשורים לממציאים מאותה עיר עם מדגם אקראי מייצג של ציטוטי פטנטים. הממצאים הראו כי ציטוטים מקושרים באופן משמעותי לסביבה הקרובה. פטנטים נרשמו באזורים בהם ההשקעות הגורמות ליצירת הידע היו הגדולות ביותר (Jaffe, Trajtenberg, & Henderson, 1993).

Feldman & Florida (1994) פיתחו מודל בעל ארבעה משתנים לבחינת השפעות גיאוגרפיות: מרחב התפוצה של המחקר האוניברסיטאי, הוצאות מו"פ תעשייתי, מרחב התפוצה של הייצור, ומרחב התפוצה של

השירותים המסופקים. החוקרים הראו שמיקום גיאוגרפי הוא בעל חשיבות בתהליך החדשנות, כשבין ארבעת המשתנים קיים מתאם גבוה. ממצאיהם של מחקרים רבים נוספים תומכים בממצאים אלה: לפי Mansfield & Lee (1996) לחברות הממוקמות קרוב לאוניברסיטאות יש יתרון גדול על פני חברות מרוחקות. Hicks & Olivastro (1998) הראו שבהגשות פטנטים של חברות בארה"ב יש נטייה לצטט מאמרים של אוניברסיטאות מתוך המדינה בארה"ב שבה נתגלה הפטנט. Narin, Hamilton, & Olivastro (1997) בחנו השפעות גיאוגרפיות המתקיימות ברמה הלאומית. החוקרים מצאו שחברות גרמניות שרושמות פטנטים בארה"ב מצטטות בהגשות הפטנטים שלהן חוקרים גרמניים בכמות גדולה פי 2.4 מאשר חוקרים מלאומים אחרים. החוקרים מצאו ממצאים דומים גם לגבי מדינות אחרות. בבסיס של זליגת הידע הגיאוגרפית עומדות האינטראקציות פנים אל פנים, שהינן חיוניות להתמודדות עם חוסר הוודאות שבפיתוח טכנולוגיות, ומביאות יחידים וחברות לשתף פעולה (Storper, 1997). אינטראקציות אלה יוצרות סביבה חברתית המעודדת יחידים לשתף ביניהם בידע ורעיונות. התוצאה של אינטראקציות מתמשכות בין חברות ויחידים בפיתוח טכנולוגיה ובפתרון בעיות משותפות הינה תלות הדדית הספציפית למקום ותלוית קונטקסט (Dosi, Pavitt, Freeman, Nelson, & Soete, 1988; Cooke & Morgan, 1998). הערך של זליגת ידע גיאוגרפית משתנה עם הזמן, הוא בעל חשיבות רבה כאשר קיים טווח רחב של דרכי פיתוח אפשריות המעלה את חשיבות הידע הסמוי לתהליך החדשנות, ובכך מעלה את חשיבות האינטראקציות הישירות בהבנה ויישום של אינפורמציה חדשה (Lundvall, 1988). כל המחקרים שתוארו מציעים שכל אומה או אזור צריכים לשמר את יכולתם במחקר ופיתוח. קשרים אישיים ואינטראקציות פנים אל פנים חיוניים לא רק לתהליך המחקר אלא גם לשיתוף והעברת ידע במהירות וביעילות (Wolfe, 1996).

בניגוד לממצאים שהתקבלו במחקרים שונים שנערכו בעיקר בארה"ב, השיקול של מיקום בסמיכות למוסדות אקדמיה ומחקר לא נמצא בישראל כמרכיב חשוב בהחלטת המיקום של מפעלים עתירי ידע (Felsenstein, 1996; Frenkel, 1998), יתכן שהדבר נובע משטחה הקטן יחסית של ישראל, או מיתרונות חשובים אחרים שיש למיקום באזורי פריפריה בארץ, בהשוואה לארה"ב ולמדינות אחרות. עם זאת, בסקר שערכו שפר ופרנקל (2003) נמצא, שחברי סגל מייחסים לנושא של קרבה גיאוגרפית חשיבות לצורך קיומם של קשרים בין מפעלים לאוניברסיטאות (54 אחוז מהמשיבים). הממצא חזק עוד יותר בקרב מפעלים שמקיימים או קיימו בעבר קשר עם מוסד מחקר, כ-68 אחוז מהם ציינו כי ישנה חשיבות לקרבה גיאוגרפית. מהתשובות שהתקבלו עולה הצורך והרצון לקיים קשר אישי; ניסיונם של מפעלים שקיימו בעבר קשר עם מוסד אקדמי מראה שקרבה גיאוגרפית של האוניברסיטה למפעל, תורמת להרחבת שיתוף הפעולה בין שני הגופים. את ההשפעה שיש למיקום חברות סמוך לאוניברסיטאות ניתן להעריך באמצעות בחינת הקשרים הקיימים בין אוניברסיטאות לחברות הממוקמות בסמוך אליהן, מבחינת שיתופי פעולה מחקריים, העסקת בוגרים, קידום פעילות עסקית, התאמת תוכניות לימודים לצרכי התעשייה וכדומה.

זליגת ידע שכיחה גם בקרב פעילויות קשורות למחקר. רמת הפוריות המושגת על-ידי חברה אחת תלויה לא רק במאמצי המחקר שלה אלא גם במאגר הכללי של הידע שיש לה גישה אליו (Grilliches, 1995). במחקר שבחן את הקשר בין המיקום שבו נתגלתה ההמצאה שנרשמה כפטנט לבין המיקום שבו נכתבו המאמרים המצטטים פטנטים אלה, על מנת לקבוע את רמת זליגת הידע. החוקרים מצאו שזליגת ידע היא תלויה מקום, אך היא משתנה בין סקטורים ובין מדינות (Los & Verspagen, 1996).

8. הערכת ההשפעה של הכשרת הבוגרים באוניברסיטאות

המנגנון העיקרי והחשוב ביותר של השפעת האקדמיה על התעשייה, המשק והחברה הוא באמצעות הכשרת הבוגרים. האקדמיה היא הסביבה הפורייה ביותר להכשרה איכותית ופיתוח של כוח אדם מיומן, משכיל ורלוונטי לכלכלה ולחברה. מכיוון שלמידה נעשית באמצעות הוראה ומחקר, תפקידה של האקדמיה, בהקשר הזה, הוא להגביר את יכולת הלמידה של החברה. למידה והשכלה עומדות בבסיס השגשוג הכלכלי של הכלכלה מבוססת-הידע הנשענת על ההון האנושי- יכולתם של בני האדם לרכוש ידע ולהשתמש בו (Gaughan & Robin, 1998; Conceicao, Heitor, & Olivera, 2004). רבים מהמחקרים העוסקים בתועלת הכלכלית של מחקר ממומן על-ידי הציבור, מזהים את התועלת הראשונה של האקדמיה בהכשרת הבוגרים. בוגרים חדשים המתחילים לעבוד בתעשייה מביאים לא רק ידע חדש מהמחקרים המדעיים האחרונים וקשרים עם האוניברסיטה, אלא גם הם בעלי יכולת לפתור בעיות מורכבות, לרכוש ידע חדש ולהשתמש בו, לערוך מחקרים ולפתח רעיונות. בוגרי האוניברסיטאות שולטים גם בתפעול מערכות מתקדמות- ולכן יש ערך רב. המיומנויות שרוכשים הבוגרים במהלך לימודיהם מהוות את הבסיס לרכישה של המיומנויות הספציפיות לתעשייה (Salter et al., 2001; Salter & Martin, 1998). הם מביאים עימם לתעשייה פתיחות ויכולות פוטנציאליות שמאפשרות רכישה ושימוש בידע בדרכים חדשות (Nelson, 1987). לעיתים קרובות, על החברות להשקיע רבות בהדרכת הבוגרים המגיעים אליהן. הבוגרים מגיעים כשהם מוכנים ללמוד, אך יש ללמד אותם גישות פרקטיות ומיומנויות ספציפיות לתעשייה לפני שיוכלו לתרום לחברות. עם זאת, הבוגרים מביאים עימם התלהבות וגישה הממריצות עובדים אחרים ומעלות את הסטנדרטים (Salter & Martin, 2001). לדעת החוקרים, חשוב מאוד שמחקר ממומן והכשרת הבוגרים יתקיימו באותו מוסד; הסטודנטים יגיעו לתעשייה לאחר התנסות בעריכת מחקרים משותפים לאקדמיה ולתעשייה, וכך ירכשו ניסיון מעשי בצרכיה, ויתמודדו בתחרותיות המאפיינת אותה, זאת לצד הכשרה שמציידת אותם במיומנויות גנריות לטווח ארוך (Salter & Martin, 2001; Conceicao et al., 1998).

בכל העולם כמעט, התמיכה הציבורית באקדמיה רחבה. אולם בזמנים של קיצוץ בתקציבי האקדמיה, הממשלות דורשות מהסטודנטים להגדיל את חלקם במימון הלימודים, בנימוק שההון האנושי הנרכש על-ידיהם הוא מצרך פרטי (לצורך קידום האישי). במשק מבוסס-ידע הדבר עלול לפגוע בתשתית של המשק. יש לשאוף להביא למקסימום את יכולת האדם ללמוד. ולכן, יש לשאול האם ההשכלה ברמה אקדמית היא לא מוצר ציבורי שיש להגדיל את מימונו. ההמלצה השלישית של דוח ה- NAE (2005) היא עידוד סטודנטים ללמוד הנדסה ולטפח קריירה בתחום זה, ובייחוד מומלץ לעודד סטודנטים להמשיך בכיוון מחקרי. להשגת המטרה יש לתמוך בבוגרים, לטפח סגל עתידי, להשקיע מאמצים בשיפור תכניות הלימודים במתמטיקה ובמדעים בבתי הספר, וכבר בתיכון להתחיל להכין את התלמידים לקריירה בתחום המדע וההנדסה. המלצה של SPRU, מוסד המחקר באוניברסיטת SUSSEX, גם היא מכוונת ליצור מדיניות ממשלתית לעידוד צעירים לפתח קריירה בהשכלה הגבוהה ובמיוחד לעידוד נשים ללמוד מדע וטכנולוגיה (Salter et al., 2000; NAE, 2005).

גורם חשוב בתרומת האוניברסיטאות בנושא ההכשרה הוא מאמץ מרכזי להכשרת כוח אדם ולקידום תוכניות לימודים ומחקר בתחומים ספציפיים כמו טכנולוגיות מידע. דוגמא טובה למאמץ כזה ניתן למצוא בפינלנד, שבה יש כיום עשרים אוניברסיטאות ומוסדות אקדמיים אחרים, כאשר מקצועות ICT נלמדים בחמש עשרה מהם.

ב-1999 סך כל הבוגרים במדעים וטכנולוגיה בפינלנד היה גבוה פי חמישה מסך כל הבוגרים במשפטים. השוואה של מספר מקבלי תואר שלישי במדע ובהנדסה לאלף אנשים בשנת 2000 בקבוצת הגיל 25-34 (ו-30-39 בישראל) בין ישראל, פינלנד, אירלנד ושוודיה מראה, שישראל (0.58) קרובה לממוצע של מדינות האיחוד (0.56), הרבה מתחת לשוודיה (1.24) ולפינלנד (1.09), שהינן מדינות עם מאפיינים דומים לישראל, ומעל אירלנד (0.5). כמו כן, אין שינוי באינדיקטור זה בישראל בשנים 1996-2000, לעומת מגמת עלייה שנראית בפינלנד ובשוודיה (גץ, מנסור, פלד, שומאך-תחאוכו, 2005). רמת ההצלחה בתעשיית המידע בפינלנד מיוחסת לשלושה גורמים: קידום טכנולוגיות המידע, רמת המו"פ, ומערכת של השכלה גבוהה המכשירה כוח אדם בעל אוריינות בטכנולוגיות מידע (Watson & Myers, 2001).

חוקרים, מדענים ומהנדסים הינם מרכיב מפתח במערכות חדשנות לאומיות, ומספר המדענים העוברים הכשרה במדינה הינו מדד נוסף למידת מחויבותה של מדינה זו למו"פ. במחקר שנערך ב-1997 ניסו החוקרים למדוד את ההשפעה של אוניברסיטת מחקר אחת-MIT, על הכלכלה ועל התעסוקה. החוקרים בחנו את הפעילות הכלכלית של חברות הקשורות בבוגרי MIT ומצאו פעילות כלכלית בסדר גודל של 232 מיליארד דולר לשנה (בערך פי 200 מהתקציב של MIT). כמו כן, 4000 חברות הקשורות ל-MIT מעסיקות 1.1 מיליון עובדים. גם אם התרומה הישירה של MIT לפעילות זו היא רק אחוזים בודדים מסך כל הפעילות, הרי היא עדיין מצביעה על תרומה משמעותית בלתי ישירה- "זליגה" (Spillover effect) שמקורה בפעילות המחקר וההוראה (BankBoston, 1997).

מחקר אחר, שמטרתו הייתה לבחון את ההשפעה של בוגרי הטכניון על המשק הישראלי נערך על-ידי מוסד שמואל נאמן (כהן ושלו, 1998). ההתמקדות במחקר הייתה בתעשיות ובפעילויות עסקיות אשר בהן יש לבוגרי הטכניון תפקיד ניהולי או יזמי בכיר. ממצאי המחקר מצביעים, על השפעה גדולה, שמשמעותה תרומה גדולה של בוגרי הטכניון למשק; בוגרי הטכניון ממלאים תפקידי ניהול בכירים (יו"ר מועצת מנהלים, נשיאים, מנכ"לים, סמנכ"לים) ב-465 חברות בישראל, שמחזורן בשנת 1996 היה כשלושים מיליארד דולרים שהיוו כ-31 אחוז מהתמ"ג. סך כל היצוא של חברות אלה הסתכם כבעשרה מיליארד דולר, המהווים כ-33 אחוז מהיצוא של מדינת ישראל. קיימות הסתייגויות בנוגע לדייק של הערכות אלה ובנוגע לשיטות המדידה והחישוב. יחד עם זאת, אין ספק שהנתונים מצביעים על תרומה ניכרת של הבוגרים לכלכלה הלאומית ולחברה בכלל.

במחקר שהשווה דפוסים של השתלבות דוקטורים צעירים בראשית הקריירה באוניברסיטאות בצרפת וארה"ב, בחנו החוקרים את הקשר שבין התמיכה בסטודנטים במהלך הכשרתם להתפתחות הקריירה שלהם. הם מצאו, שצרפת וארה"ב נבדלות באמצעים בהן הן תומכות בהכשרת דוקטורנטים. המדיניות הנהוגה בצרפת היא של תמיכה ישירה בדוקטורנטים באמצעות מלגות, בעוד שבארה"ב רוב הסטודנטים משיגים מימון דרך האוניברסיטאות בהן הם לומדים, באמצעות קבלת מלגות על ביצוע תפקידים של עוזרי מחקר ותרגול, והשלמת הוצאות הלימודים במימון עצמי. בצרפת מחויבות הממשל מכוונת לסטודנטים אך בארה"ב היא מכוונת לאוניברסיטאות. בצרפת, אם דוקטורנט לא הצליח למצוא עבודה באקדמיה, תהיה לו בעיה למצוא עבודה בסקטור הפרטי. כתוצאה מכך, רוב הדוקטורנטים שמסיימים את הכשרתם ממלאים משרות זמניות של פוסט-דוקטורט במדינות אחרות, דבר המאפשר להם לשמר את ההון האנושי שלהם בשעה שהם מחכים להזדמנות אקדמית טובה יותר בצרפת. בארה"ב, רוב משרות הפוסט-דוקטורט ממומנות באמצעות מלגות לחוקרים במודל דומה לזה הפועל לגבי הכשרת דוקטורנטים. החוקרים ניסו לחזות במחקר קבלה של מסיימי תואר דוקטורט למשרה אקדמית

קבועה בתוך שלוש שנים מזמן השלמת התואר. הם מצאו שבארה"ב, תואר דוקטור נתפס כאלמנט חיוני בהעברת ידע, וניתן עידוד לקבלת משרות פוסט-דוקטורט גם מחוץ למדינה. לעומת זאת, בצרפת, משרות פוסט-דוקטורט והמשך לימודים במדינות זרות עם סיום התואר נמצאו כמעכבים את הגישה למשרות אקדמיות קבועות. לבסוף, נמצא שלבוגרי תואר ראשון ממוסדות יוקרתיים בצרפת ובארה"ב, הייתה עדיפות בקבלת משרות אקדמיות קבועות. מכאן, שריבוד אקדמי מתחיל בשלבים המוקדמים של מסלול ההכשרה בכל אחת מהמדינות (Gaughan & Robin, 2004).

לאור החשיבות הגדולה שיש לכוח אדם מיומן בקידום החדשנות והכלכלה, מקובל להתייחס למושג "הון אנושי". הון אנושי הוא מערך מיומנויות שאוכלוסיה יכולה לרכוש על-ידי השכלה והדרכה. הון אנושי הוא מרכיב חשוב אשר משפיע על פעילות המחקר והפיתוח במדינה ומהווה גורם מכריע לביסוס מעמדה במחקר מדעי ומונע מרכזי המוביל את כלכלתה. הון אנושי שמעורב בפעילות מדע וטכנולוגיה נמדד דרך האנשים שמועסקים במקצועות הקשורים למדע וטכנולוגיה, ודרך בוגרי האוניברסיטאות בתחומים אלה ורמת השכלתם (גץ ועמיתיה, 2005). בטבלה 11 מוצגים מדדים אפשריים להערכת התרומה של בוגרי האוניברסיטאות.

טבלה 11: מדדים אפשריים להערכת היקף השפעה של בוגרי האוניברסיטאות*

נתונים בחו"ל	נתונים בישראל	מדד
US department of education's IPEDS surveys conducted annually. RAE	למ"ס – הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה דוח ות"ת – הוועדה לתכנון ולתקצוב של המועצה להשכלה גבוהה דוח ות"ת	בוגרי תואר שני ודוקטורט: <ul style="list-style-type: none"> מספר מקבלי תואר שני/ ותואר דוקטורט בהנדסה ובמדעים מספר מקבלי תואר שני/ ותואר דוקטורט בהנדסה ובמדעים ביחס לתחומי לימוד אחרים
(NSF) databases RAE Coding of the academic (CV) of researchers in multidisciplinary, university-based science centers	נתונים מהאוניברסיטאות	בתר-דוקטורנטים: <ul style="list-style-type: none"> מספר בתר-דוקטורנטים מספר דוקטורנטים ובתר-דוקטורנטים זרים
AUTM	- ניתוח קורות חיים של בוגרי אוניברסיטאות. (Dietz Chompalov, Bozeman, Lane, & Park (2000) -מו"פ עסקי של הלמ"ס. -נתוני משרד התעשייה, המסחר והעבודה.	בעלי תואר שני ושלישי המועסקים בתעשייה: <ul style="list-style-type: none"> השתלבות בוגרי תואר שני ושלישי בעבודה משך התקופה שבין סיום הלימודים לתחילת עבודה, התאמה בין הדרכה לעבודה מספר המדענים לכל 10,000 עובדים מספר המהנדסים לכל 10,000 עובדים חישוב התרומה למשק (הפעילות הכלכלית) של החברות שבראשן עומדים בוגרי האוניברסיטאות.

* חלק מהנתונים נאספו ומופיעים בפרסום של גץ ועמיתיה (2005) במסגרת מוסד נאמן. תהליך איסוף הנתונים נמשך.

9. הערכה של העברת טכנולוגיות מהאוניברסיטאות לתעשייה

העברת ידע וטכנולוגיה מייצגת את ההיבט המרכזי של שיתוף הפעולה בין האוניברסיטאות לבין התעשייה, כאשר אופי האינטראקציה משתנה מענף תעשייה אחד למשנהו כמו גם אופי האינטראקציה בין החברות השונות לבין המוסדות האקדמיים (NAE, 2005). התחומים בהם העברת טכנולוגיות היא פעילה ביותר הם מדעי החיים, הנדסת חשמל, אלקטרוניקה והנדסת מחשבים (Agrawal, 2001).

בישראל הוקמה ועדה ציבורית לבחינת קשרי אוניברסיטה-תעשייה מטעם האקדמיה הלאומית למדעים והמועצה להשכלה גבוהה. הוועדה דנה בנושא מתוך ההנחה המקובלת, שיצירת ידע חדש באוניברסיטאות מהווה יסוד למשק מודרני אך כושר היישום שלו נמצא ברובו בתעשייה, ולכן יש צורך בשיתוף פעולה הדוק ויעיל בין האוניברסיטאות לתעשייה. עם זאת, יש להתחשב בשוני הרב בין שתי מערכות אלה, שהן בעלות מטרות שונות וכללי התנהגות שונים. הניצול המסחרי וההעברה של ידע בעל פוטנציאל מסחרי ויישומי מהאקדמיה לטובת המשק והמדינה הינה אחת ממשימותיה של האוניברסיטה, לצד הוראה ומחקר (גרבי, 2005). ההמלצות העיקריות של הוועדה הורכבה מאנשי האקדמיה הלאומית הישראלית למדעים ומאנשי הוועדה לתכנון ולתקצוב של המועצה להשכלה גבוהה ב-2005 הן: להבטיח העברה יעילה של ידע בעל פוטנציאל יישומי מן האקדמיה לתעשייה, להבטיח את מערך המחקר הבסיסי באקדמיה, ולהבטיח מדיניות ממשלה התומכת במטרות אלה. הקמת הוועדה באה בעקבות כורח המציאות, האוניברסיטאות כבר גילו את הפוטנציאל הכלכלי שלהן ומתוך אחריות למשק ולחברה וגם מתוך תקווה לזכות בנתח מן הרווח, הן נכנסו לתהליך של מסחור הידע.

ב-1996 נערך כנס של משרד המדע בנושא "מדע וטכנולוגיה בשירות הצמיחה הכלכלית" ונידונו בו היבטים שונים ובהם כיצד לשפר את המחקר האוניברסיטאי כמקור הון להשקעה במו"פ ולעודד את התעשייה לעבוד בסביבה אוניברסיטאית (ויגדור, 1996). פרנקל ושפר ממוסד שמואל נאמן פרסמו עבודת מחקר ב-2003, שערכה לראשונה בישראל איסוף מידע שיטתי על העברה טכנולוגית מהאוניברסיטאות לתעשייה. בנוסף, עסק המחקר ב"תיאור המדיניות העכשווית בנושא העברת טכנולוגיה בין האקדמיה לתעשייה וסקירת ידע קיים אודות מנגנונים שונים להעברת טכנולוגיות באוניברסיטאות בארץ ובעולם; ניתוח תקנונים, הוראות מנהליות ונתונים כמותיים מאוניברסיטאות נבחרות בארה"ב ובישראל; בחינת תוכניות ממשלתיות שונות לשיתוף פעולה במחקר בין האקדמיה לתעשייה; בנוסף, הדו"ח כולל המלצות ראשוניות למדיניות יעילה בהעברת טכנולוגיה מהאוניברסיטאות, אשר עשויה להגדיל את פיתוח החדשנות הטכנולוגית ולסייע בצמיחת המשק והכלכלה לטובת החברה (שפר ופרנקל, 2003).

למרות שהפוטנציאל הטמון לחברה ולכלכלה בהידוק הקשרים שבין האקדמיה והתעשייה הוא רב ומבטיח, עדיין שיעורי ההשתתפות של התעשייה במימון מו"פ באוניברסיטאות גדל בקצב איטי. בשנת 2001 שיעור המו"פ בביצוע ההשכלה הגבוהה במימון הסקטור העסקי היה נמוך בישראל 4.9 אחוז, ובארה"ב 5.5 אחוז. בגרמניה ובקנדה השיעורים גבוהים יותר: בגרמניה עמד שיעור המימון בשנה זו על 12.2 אחוז ובקנדה על 9.3 אחוז. בפינלנד השיעור הולך וגדל בקצב מואץ יותר, מ-4.5 אחוז ב-1998 ל-6.7 אחוז ב-2001 (גץ ועמיתיה, 2005).

בישראל יש קשר רב שנים בין האקדמיה ובין התעשייה הביטחונית, שהביא לזרימה של ידע וחדשנות לתעשייה זו. הקשר בין האקדמיה לתעשיות הביטחון נרקם בשנים 1967 עד 1985. מ-1985 צומצמו תעשיות הביטחון לפחות מחצי כתוצאה מצמצום חריף בתקציבי הביטחון. פורשי מערכת הביטחון חברו לחברי אקדמיה

ולמדענים עולים ויחד הקימו והרחיבו מאות מפעלי היי-טק (אשל, 1998). שיתוף הפעולה בין האקדמיה והתעשייה התהדק בשנים האחרונות כתוצאה מתהליכי גלובליזציה שגרמו לעלייה בתחרות הגלובלית ולקיצור אורך החיים של הטכנולוגיה, והביאו לעליית חשיבותו של המדע השימושי כאמצעי לפיתוח מוצרים חדשים, לחיזוק שיתוף הפעולה בין האקדמיה לתעשייה ולקיצור משך הזמן שחולף בין הפיתוח המחקרי ליישום הטכנולוגיה (שפר ופרנקל, 2003). שיתוף הפעולה בין האקדמיה לבין התעשייה מביא תועלת לשני הצדדים, התעשייה מספקת משאבים כספיים למימון מחקרים, חוסכת לעצמה הקמת תשתיות מחקר יקרות ונהנית מידע ורעיונות בתחומים מתקדמים, מהכשרת עובדים באוניברסיטאות, ומזכויות על-פירות המחקר אותן היא יכולה למסחר. האוניברסיטאות נהנות מאפשרויות של מימון מחקרים, המסייעים בניצול טוב יותר של החוקרים הפועלים בהן, ממשיכת כוח אדם מדעי ברמה הגבוהה ביותר לאוניברסיטאות, ולאנשי האקדמיה נפתחות אפשרויות תעסוקה בתעשייה כיועצים וכחוקרים, כדרך להגדיל את הכנסתם ולהעלות את יוקרתם (שפר ופרנקל, 2003; ויגדור, 1998).

הקשרים בין התעשייה לאקדמיה מאפשרים לאוניברסיטה להגדיל את יוקרתה והשפעתה, דבר שיכול לסייע לה להשיג מקורות מימון חדשים, כמו גם פרויקטים של מו"פ טכנולוגי שמתבצע על-ידי חברי סגל תוך שיתוף פעולה עם התעשייה. הגדלת יוקרתה של האוניברסיטה מגדילה גם את האטרקטיביות של המוסד לסטודנטים פוטנציאליים ויכולתה למשוך סטודנטים ברמה גבוהה יותר. בנוסף, חברי סגל עשויים ליהנות, באופן פרטני, מחוזים רווחיים או להיות שותפים חלקיים או אפילו בעליהם של זכויות הפטנט או הרישיון על הטכנולוגיה שאותה עזרו לפתח.

במהלך עשרים השנים האחרונות מאז נחקק בארה"ב חוק ה-Bayh-Dole (1980) הולכים ותופסים הקשרים בין התעשייה לאוניברסיטה מקום מרכזי בהבנת תפקידה המשתנה של האוניברסיטה בחברה. חוק ה-Bayh-Dole אפשר לאוניברסיטאות לשייך לעצמן את התגליות שפיתחו בעקבות תוכניות מחקר הממומנות על-ידי הממשל ולהוציא רישיון על המצאות. החוק יצר תמריץ ועידוד לאוניברסיטאות לשתף פעולה עם התעשייה על מנת לקדם את השימוש בתגליות אלה, דבר שהשפיע על הפיריון ועל הצמיחה הכלכלית (Jamison & Jansen, 2000). ברוב האוניברסיטאות בארה"ב חל גידול בהעברה הטכנולוגית מהאקדמיה לתעשייה לאחר חקיקת חוק Bayh-Dole. האוניברסיטאות הקימו חברות יישום וקבעו מדיניות למסחור הידע. בארה"ב, עד סוף שנות ה-80, פחות מ-250 פטנטים הונפקו על-ידי האוניברסיטאות מידי שנה, ורק כ-25 מוסדות אקדמיים היו מעורבים בהעברה טכנולוגית. לעומת זאת מ-1991 עד-1998 חלה עלייה של 164 אחוזים בבקשות לרישום פטנטים שהוגשו על-ידי האוניברסיטאות, המשקפים עלייה ממוצעת של כ-15 אחוז בשנה. לפי נתוני סקר AUTM בשנת 1998 בלבד, יותר מ-2,600 פטנטים נרשמו על-ידי 132 אוניברסיטאות ו-33.5 מיליארד דולר ו-280,000 מקומות עבודה נתמכו על-ידי מסחור פטנטים אוניברסיטאיים (AUTM, 1999). כיום, יותר ממאתיים אוניברסיטאות בארה"ב עוסקות בהעברה טכנולוגית, פי שמונה יותר מאשר ב-1980. חוק Bayh-Dole עזר לצמצם את הפער הטכנולוגי בין מחקר לפיתוח מוצר, על-ידי כך שאפשר לתעשייה להיות מעורבת יותר בפיתוח מחקר הממומן על-ידי הממשל (Jamison & Jansen, 2000).

בשנים האחרונות פותחו מספר שיטות שמטרתן לנסות לאמוד את היעילות של תהליך העברת הטכנולוגיות בכלל, ושל חברות היישום בפרט. שיטות הערכה אלו מתבססות על פרמטרים כמותיים, כגון: חשיפת המצאות; רישום פטנטים; פטנטים מניבים; תמלוגים ורישיונות; כמו גם על פרמטרים איכותיים, ביניהם הערכה של

התקרבותם של חברי הסגל האקדמי לתחומי התעשייה, התייחסות המוסדות האקדמיים לנושא העברת הטכנולוגיה והשפעת המבנה הארגוני ואופן הפעילות של המשרדים להעברת הטכנולוגיות- חברות היישום. על מנת לקבל תמונה רחבה יותר של המנגנונים באמצעותם האוניברסיטה תורמת לתעשייה יש לבחון כמה שיותר אינדיקטורים. ישנה תמימות דעים על כך שאין מדדים מוחלטים לבחינת ההשפעות של ההעברה הטכנולוגית. מכיוון שתהליך יצירת הידע והחדשנות אינו ליניארי, גם מכלול הקשרים והאינטראקציות המרכיבים אותו הינו מורכב (NAE, 2005; Scott, Steyn, Geuna, Brusoni, & Steinmueller, 2001; Agrawal, 2001; Martin & Salter, 2001). קשה מאוד להעריך את השפעה של ההעברה הטכנולוגית בכלים כלכליים מסורתיים, משום שקשה לכמת את ההשפעה בדרך בעלת משמעות. לכן, נעשה שימוש בשיטות הערכה נוספות של סקרים, חקרי מקרה ושיטות מחקר איכותיות המאפשרות לעקוב אחר חדשנות טכנולוגית בחברות קיימות, לעקוב אחר בוגרים ואנשי סגל המעורבים בהקמת חברות חדשות ובפיתוח מוצרים מסחריים בהתבסס על המחקר האקדמי (Brooks & Randazzese, 1998; Florida & Cohen, 1999; Mowery, Nelson, Sampat, 1999). להלן נסקור את המנגנונים המרכזיים המשמשים להעברת טכנולוגיה מהאקדמיה לתעשייה ואת השיטות להערכת מנגנונים אלה.

9.1 תוכניות ממשלתית לעידוד שיתופי פעולה בין האקדמיה לתעשייה

למדיניות הממשלתית יש השפעה ניכרת על עידוד שיתופי הפעולה בין האקדמיה לתעשייה ועל האופן שבו תתקיים העברה טכנולוגית. מדיניות ממשלתית התומכת בשיתופי פעולה בין מוסדות אקדמיים לבין התעשייה באמצעות השקעות, עשויה אף היא להשפיע רבות על התפתחות התעשייה (NAE, 2005). בישראל, מנוהלות תוכניות ממשלתיות לעידוד הקשר בין התעשייה לאקדמיה על-ידי לשכת המדען הראשי שבמשרד התעשייה, המסחר והתעסוקה. שלוש מתוכן הן מגנ"ט (סיוע לפיתוח תשתיות טכנולוגיות), מגנטון (העברת טכנולוגיה מהאקדמיה לתעשייה) וחממות טכנולוגיות (מרכזים ליזמות טכנולוגית).

תוכנית מגנ"ט – מו"פ גנרי טכנולוגי – היא מסגרת המטפלת בעידוד השקעות במחקר ופיתוח תעשייתי ויצירת תשתית טכנולוגית לתעשייה בישראל. התוכנית, הפועלת משנת 1993, מבוססת על שיתוף פעולה בין מספר חברות תעשייתיות לבין עצמן, ובינן לבין מוסדות מחקר אוניברסיטאיים הפועלים במשותף במסגרת של מאגד, תוך חלוקת עבודה עניינית לצורך פיתוח מרכיבי הידע הדרושים לכל אחד מהם. הרציונל מאחורי רעיון שיתוף פעולה זה הוא לאפשר לכל חברה להשיג ידע גדול יותר ולפתח טכנולוגיה גנרית הדרוש לה, בתמיכת המדינה, ולהגיע להישגים גבוהים מאלה שהיה ביכולתה להשיג על-ידי שימוש במשאביה בלבד.

תוכנית המגנטון מבוססת על קיום שיתוף פעולה דואלי בין קבוצת מחקר אחת באקדמיה לבין תעשייה אחת. מטרת התוכנית להגדיל את נגישות התעשייה הישראלית להישגי המחקר המדעי שלו אוריינטציה כלכלית-תעשייתית, ולהביא למיצוי רחב ומעמיק יותר של היכולת הטכנולוגית במוסדות המחקר האקדמיים בישראל, לתועלת התעשייה והחברה בישראל.

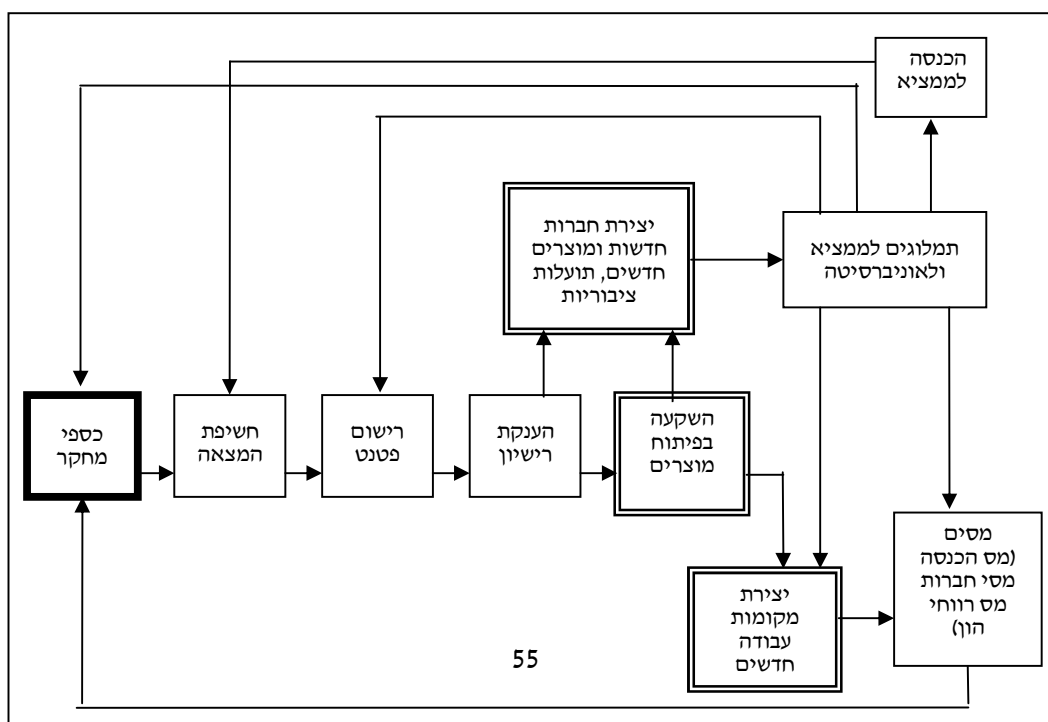
חממות טכנולוגיות (מרכזים ליזמות טכנולוגית) היא תוכנית לאומית שהוחל ביישומה ב-1991, המהווה מסגרת ארגונית תומכת, המאפשרת ליזמים מתחילים, בעלי רעיונות טכנולוגיים מקוריים וחדשניים, לפתח את רעיונותיהם למוצר מסחרי ולהקים עסק חדש לצורך מסחורו, בתנאי חממה.

9.2 חברות היישום להעברת טכנולוגיה מהאקדמיה לתעשייה

חברת היישום (Office of Technology Transfer-OTT) הינה חברת-בת בבעלות האוניברסיטה, שמטרתה העיקרית היא יישום הידע הנוצר באוניברסיטה, מסחורו והעברתו לשוק הפרטי. במשך השנים קמה כמעט ליד כל אוניברסיטה חברת יישום הפועלת לקשר בין חברי הסגל באקדמיה לבין התעשייה, לסייע לחוקרים בהגשת בקשות לרישום פטנט ולהגן על הקניין הרוחני של האוניברסיטה, תוך שיווקו לחברות פרטיות. מטרתה המשנית של חברת היישום היא לסייע לאוניברסיטה בהשגת תקציבי מחקר דרך קבלת תמלוגים והטבות כספיות אחרות, בעיקר על-ידי איתור שותפים/משקיעים פוטנציאליים וניהול המו"מ בין החוקרים לחברות המסחריות בשלב עריכת חוזי התקשרות ביניהם (Parker & Zilberman, 1993).

תהליך העברת הטכנולוגיות, המתרחש באמצעות חברות היישום, הנו תהליך מורכב, הכולל מספר שלבים (איור 3): השלב הראשון כולל זיהוי ההמצאה החדשה. שלב זה מסתיים כאשר ההמצאה החדשה מדווחת ומועברת לרשויות האוניברסיטה להמשך טיפול. השלב השני עוסק ברישום פטנט על ההמצאה. לאחר שהאוניברסיטה רושמת עצמה כבעלת הפטנט (תוך ציון שם הממציא), היא יכולה להעניק רישון לשימוש בו לארגון אחר. בשלב השלישי חברה מסחרית מתעניינת ברכישת הרישון מחברת היישום על ההמצאה או הטכנולוגיה החדשה שפותחה, ובשלב הרביעי נחתם חוזה לגבי השימוש ברישון. בעקבות חתימת החוזה, הפטנט הראשוני מפותח למוצרים/תהליכים יישומיים, הנמכרים בשוק החופשי. ההכנסה ממכירת המוצרים מתחלקת בין המחזיקים ברישון (הפירמות המסחריות) לבין האוניברסיטה והממציא, וזאת מתוקף הסכם הזיכיון (Rogers, Yin, & Hoffman, 2000).

איור 3: תהליך העברת טכנולוגיות מהאקדמיה לתעשייה (Pressman & Kaiser, 2000)



במהלך העשור האחרון, פותחו מספר שיטות שמטרתן לבחון האם חברות היישום אכן תורמות להרחבת תהליך העברת הטכנולוגיות מהאוניברסיטאות לתעשייה ולנסות לאמוד את יעילות תהליך העברת הטכנולוגיות. במחקר שבחן את הגורמים להרחבה של הפעילות המסחרית ב-62 אוניברסיטאות מרכזיות בארה"ב נעשה ניתוח האמפירי התבסס על סקר על חברות היישום באוניברסיטאות ונתונים מסקר ה-AUTM. תוצאות המחקר הראו כי הכוח העיקרי המניע את התהליך הינו פעולתם של חברות היישום למסחור תוצאות המחקר. נמצא כי העלייה החדה במספר הבקשות שהוגשו לרישום פטנטים (17.1 אחוז לשנה, על-פי נתוני ה-AUTM, עבור השנים 1994-1998) נובעת מהניסיונות להגן על הידע המיוצר באוניברסיטה, ולא מהגידול במספר החשיפות של המצאות חדשות (7.1 אחוז לשנה, על-פי נתוני ה-AUTM) (Thursby & Thursby, 2000).

במחקר אחר נבחנה יעילותה של העברת הטכנולוגיות מהאוניברסיטאות לתעשייה כמושפעת ממספר משתנים כמותיים ואיכותיים. בחינת השפעתם של המשתנים השונים נערכה תוך שימוש בפונקציה ייצור סטוכסטית כמדד להערכת פעילות חברות היישום במתן רשיונות לשימוש בפטנטים. תוצאות המחקר הראו כי תהליך מתן רשיונות לפירמות מאופיין על-ידי תשואה קבועה לגודל. החוקרים הניחו כי סטייה מפונקציה הייצור מעידה על חוסר יעילות טכנית, הנובע ממשתנים הקשורים לסביבה ומוסד. לפי תוצאות המחקר מספר הרשיונות שניתנו בכל אוניברסיטה מוסבר באופן חלקי על-ידי המשתנים של מספר החשיפות של המצאות חדשות; מספר העובדים בחברות היישום; סך כל ההוצאות המשפטיות שנעשו לצורכי העברת טכנולוגיות; סך כל ההשקעה במו"פ בתעשייה; וסך כל הגידול בתפוקה. על מנת למצוא הסבר שלם, ציינו החוקרים כי יש לכלול תשומות נוספות, כגון גיל חברת היישום, מדיניות המדינה והאוניברסיטה בנוגע להעברת טכנולוגיות, פעילות הון מקומית, ומידע נוסף לגבי פעילות מו"פ מקומית. התוצאות האיכותיות של המחקר הראו כי ברמת הארגון, הסיבות העיקריות לחוסר יעילות בהעברת טכנולוגיות נובע מתגמול לא נאות לחברי הסגל האקדמי, מחסמי מידע ותרבות, ומחוסר מיומנות של צוות העובדים בחברות היישום (Siegel, Waldman, & Link, 1999).

בישראל, הוגשה לכנסת הצעת חוק, שחלה גם על אוניברסיטאות המחקר, "לעידוד העברת ידע וטכנולוגיה מגופים ומוסדות מחקר ממשלתיים וציבוריים אל המגזר הפרטי לתועלת הציבור". ההצעה מטילה על אוניברסיטאות המחקר חובות דיווח על "תוצרי ידע" שיש בהם מרכיב כלשהו בעל פוטנציאל מסחרי ושמירת סודיותם, ובכך היא מעניקה לאוניברסיטאות בעלות בלעדית על כל תוצרי הידע הנובעים מן הפעילות השוטפת או המחקרית של חברי הסגל שלהן. מידת היכולת המוגבלת של חברות היישום באוניברסיטאות לפעול למיצוי הקניין הרוחני המופקד בידיהם היא הגורם העיקרי הקובע את מידת היעילות של העברת הידע מהאקדמיה לתעשייה (גרבי, 2005).

במחקר בו נבחנה יעילותן של חברות היישום באמצעות "מתן רשיונות לשימוש בטכנולוגיה" תוך שימוש בנתוני AUTM, נעשה שימוש בשישה מדדים: (1) מספר החשיפות של תגליות/פיתוחים חדשים או פרסום תוצאות מחקר (2) מספר הפטנטים שנרשמו (3) מספר הרשיונות שניתנו (4) מספר חברות ההזנק שהוקמו (5) מספר הרשיונות שיצרו הכנסות (6) סך כל ההכנסות (ברוטו) שהתקבלו מהרשיונות שניתנו. נתוני כל האוניברסיטאות שנבחנו קובצו לעשירונים, כאשר העשירון העליון כלל את האוניברסיטאות שמדד היעילות שלהן בהעברת טכנולוגיות נמצא גבוה ביותר. הדבר התבטא במספר גבוה יחסית של חשיפת תגליות חדשות, של רישום פטנטים, של מתן רשיונות ושל הקמת חברות הזנק. באוניברסיטאות בהן נמדדה רמה גבוהה של העברת טכנולוגיה, נמצא

דמיון במאפיינים הבאים: ממוצע המשכורות של חברי הסגל גבוה יחסית; מספר גדול של עובדים בחברת היישום; רמות גבוהות של תרומות, מענקים וחוזים ותקציבי מחקר גדולים יחסית הנובעים ממקורות תעשייתיים וממשלתיים-פדרליים (ציבוריים) (Rogers et al., 2000).

גם למבנה הארגוני של חברת היישום יש השפעה על יעילות העברת הטכנולוגיות. במחקר שבחן את מאפייניהן המבניים/ארגוניים של שלוש חברות יישום באוניברסיטאות בארה"ב נמצא כי מבנה מטריוני, כפי שנמצא בחברת היישום באוניברסיטת Duke, הוא המתאים ביותר עבור חברות יישום, והשפעתו על יעילות העברת הטכנולוגיה מהאקדמיה לתעשייה היא הגדולה ביותר. מבנה מטריוני מאופיין בהצלבה בזמנית של יחידות-פונקציונליות (יחידת פטנטים ורשיונות, יחידת תוכניות משותפות, מחקר ממומן, Spin-offs) ויחידות-לפי תחומי מחקר (ביוטכנולוגיה, רפואה, מכשור רפואי, מדעים מדויקים והנדסה). בראש כל תחום מחקר עומד סמנכ"ל, אשר בנוסף להתמקצעותו בתחום מחקר מסוים, הוא גם אחראי על אחת או יותר מהיחידות הפונקציונליות. במחקרם נבחנה יעילותן של חברות היישום באמצעות מספר מדדים הקושרים את המבנה הארגוני של חברת היישום לתוצאות העברת טכנולוגיות (יכולות התיאום בין היחידות השונות, העברת המידע בתוך הארגון ומערך התמריצים הקיים בארגון). היתרון העיקרי של שיטה זו הוא בכך, שמבנה ארגוני זה מסוגל לקלוט ולעבד מידע רב ומורכב, בעיקר בתחומי פעולה דינמיים, עתירי ידע וטכנולוגיה, המאופיינים בחידושים תכופים. מבנה זה מעודד העברת מידע עדכני, יישום של ידע, קשר ישיר עם לקוחות ומשוב על תגובות הסביבה לתוצרי הארגון. מנגנוני התקשורת, התיאום ושיתוף הפעולה בתוך הארגון משמשים אמצעים עיקריים לטיפול יעיל ותכליתי במידע חיוני (Bercovitz, Feldman, Feller, & Burton, 2001).

בחינת תפקודן של חברות יישום בישראל בתהליך העברת טכנולוגיות נעשתה על-ידי Meseri & Maital (2001). החוקרים בחנו את תהליך קבלת ההחלטות שנעשה בחברות היישום באוניברסיטאות בישראל לגבי בחירת ההמצאות (הטכנולוגיות/הפרוייקטים) שבהם יושקעו משאבים בניסיון למסחרם. נמצא כי חברות היישום בוחנות פרוייקטים על-פי מספר פרמטרים, שהעיקריים בהם: קיומו של פטנט, סיכויי ההצלחה בשלב המו"פ, רמת החדשנות, רמת הבשלות של הרעיון, צורכי השוק וגודל השוק. ממצאי הסקר מראים כי הקריטריונים שבהם משתמשות חברות היישום על מנת לבחור את הפרוייקטים להשקעה דומים לקריטריונים שבהם משתמשים מוסדות בסקטור הפרטי (כגון קרנות הון סיכון ובנקים להשקעות). ההשוואה לסקטור הפרטי משמשת אבן חן למידת יעילותן של חברות היישום כחברה עסקית כיוון שהסקטור הפרטי פועל על-פי העיקרון הקלאסי של השגת רווחים.

במחקר אחר פותח מדד השוואתי, המבחין בין סוגי אוניברסיטאות. על-פי מדד זה, האוניברסיטאות מוגדרות על-פי ארבע קטגוריות: (1) אוניברסיטאות שממוקדות סביב בתי ספר לרפואה (2) אוניברסיטאות טכנולוגיות (3) אוניברסיטאות הכוללות בי"ס לרפואה (4) אוניברסיטאות ללא בי"ס לרפואה. בחינת מדדים שונים המייצגים העברת טכנולוגיה לבין מספר חברי הסגל האקדמי העלה כי האוניברסיטאות היעילות ביותר מבחינת מענקי מחקר, חשיפת המצאות חדשות, רשיונות ובקשות לרישום פטנטים הן האוניברסיטאות הטכנולוגיות. בתי הספר לרפואה נמצאו יעילים ביותר על-פי מדדים של רשיונות המניבים תמלוגים וסך כל הפעילות הקשורה לרשיונות פעילים. האוניברסיטאות הכוללות בתי ספר לרפואה נמצאו יעילות ביותר מבחינת היקף התמלוגים והרשיונות. בחינת המדדים ביחס לסך כל מענקי המחקר מעלה תמונה שונה. בהתבסס על יחסים אלה,

האוניברסיטאות הטכנולוגיות הן היעילות ביותר רק בנושאים של חשיפת המצאות חדשות ובבקשות לרישום פטנטים. לעומת זאת, האוניברסיטאות, שאינן כוללות ב"ס לרפואה, נמצאו כיעילות ביותר במדדים של רישונות המניבים תמלוגים, פעילות הקשורה לרישונות פעילים, וסך כל רישונות. המשתנים רישונות פעילים ורישונות המניבים תמלוגים נמצאו כבעלי יכולת הסבר הטובה ביותר לביצועי האוניברסיטה (הנמדדים בתמלוגים במיליוני דולרים) (Trune, 1996).

שיטה נוספת להערכת יעילות חברת היישום הינה באמצעות שימוש ב"אינדקס ביצועים" הכולל חמישה מדדים המתארים את פעילות העברת הטכנולוגיות: חשיפת המצאות, הערכת ההמצאות על-ידי פירמות שיכולות להיות בעלות עניין בהמצאות, הכנסה נובעת והסכמי מימון עם התעשייה, פטנטים (היתכנות לרישום פטנטים, הגשת בקשות לרישום פטנטים ופטנטים רשומים), ותמיכה ממסדית בחברת היישום. כל מדד מורכב מיחס שבין מספר משתנים. לכל המשתנים הללו חושב ממוצע פשוט, המהווה את ממוצע המדד. חישוב המדד המשולב נעשה על-ידי חישוב ממוצע פשוט בין הממוצעים של חמשת המדדים. ניתן לשכלל את המדד על-ידי מתן משקלות שונים למדדים, בהתאם לחשיבותם היחסית ובהשוואה ליתר המדדים. חישוב מדד זה בכל אחת מהאוניברסיטאות יכול להביא ליצירת מדד לאומי אחיד, הבוחן, מעריך ומשווה בין חברות היישום באוניברסיטאות השונות. חסרון השיטה נעוץ במדד בוחן את הנושא בצורה צרה יחסית, ועוסק בהערכת תפקוד חברות היישום על-פי הקריטריונים הספציפיים של חברת היישום. העברת טכנולוגיות מהאקדמיה לתעשייה כוללת היבטים נוספים, כגון התרומה הנוספת של העברת טכנולוגיות למשק ולכלכלה הלאומית באמצעות זליגת ידע (spillovers), שאינם נכללים בשיטה זו (Muir, 1993).

במחקר שבוצע במסגרת מוסד שמואל נאמן בטכניון, להערכת שיתוף הפעולה בין האוניברסיטה לתעשייה בשבע אוניברסיטאות מרכזיות בארה"ב נמצא, שאין קשר ישיר בין מספר הפטנטים המקבלים רישון בשנה מסוימת, או בין מספר הרישונות הטכנולוגיים המוענקים בשנה מסוימת לרווחיות חברת היישום. דוגמא לכך היא חברת היישום של אוניברסיטת קולומביה, שהינה בעלת הרווחים הגבוהים ביותר, אך עם זאת היא מדורגת באופן יחסי נמוך במספר רישונות הפטנטים, ובמספר הרישונות הטכנולוגיים (Morag, 2000).

9.3 מסחור פטנטים והענקת רישונות

פטנט הוא זכות חוקית לבעלות על קניין רוחני המונפק לממציאים על-ידי גופים מוסמכים בכל מדינה. ציטוטי מאמרים המופיעים בפטנטים, יכולים לשמש מדד לתרומת המחקר האקדמי לפטנטים.

במחקר שנערך בארה"ב זיהו החוקרים גידול בקשרים שבין ציטוטי פטנטים ומאמרי מחקר. חל גידול של פי שלושה בפטנטים המצטטים מאמרי מחקר, מ-17,000 ב-1987-1988 ל-50,000 ב-1993-1994. בעוד שבתקופה זו הגידול במספר הפטנטים היה רק בשלושים אחוז. החוקרים הסיקו, שלמחקר יש תפקיד חיוני בתמיכה בתעשייה בארה"ב. הנתונים הראו שהמדע התורם לטכנולוגיה ברמה גבוהה הינו בזרם המרכזי, בסיסי, מצוטט בכתבי עת בעלי השפעה רבה, ונכתב באוניברסיטאות ובמעבדות מרכזיות (Narin et al., 1997).

היות שהאוניברסיטה רואה עצמה כבעלת הפטנטים הנוצרים במהלך עבודות המחקר המתבצעות בתחומה, היא פועלת למסחורם ובכך היא מאפשרת העברה של טכנולוגיות ותהליכים חדשים, אשר פותחו

בתחומי האקדמיה, לשוק המסחרי ולחברה כולה. בנוסף, מסחור הפטנטים מסייע לאוניברסיטאות להרחיב את בסיסן הכלכלי וקשריהן עם התעשייה.

בשנת 2003 נרשמו בלשכת הפטנטים הישראלית בסך הכל 5,898 בקשות לפטנטים, עלייה של כ-50 אחוז לעומת שנת 1990. תחומי המכאניקה והכימיה האורגנית מהווים כ-70 אחוז בממוצע מסך הבקשות לפטנטים בארץ; תחום ה-ICT, שכולל בתוכו תקשורת, מחשבים ואלקטרוניקה מהווה כ-14 אחוז בממוצע מסך הבקשות. הגנה על פטנט חלה רק במדינות בהן הוא נרשם. היות, שבישראל החדשנות הטכנולוגית מיועדת בעיקר לייצוא, לכן מרבית הממציאים מעדיפים לרשום את הפטנטים שלהם במדינות היעד: ארה"ב ואירופה (גץ ועמיתיה, 2005).

מנתונים שאספו שפר ופרנקל (2003) בנוגע לרישום פטנטים חדשים באוניברסיטאות מובילות בארה"ב ובישראל, ניתן לראות מגמה של עלייה במספר הפטנטים החדשים שנרשמו בשנים 1993-2001. האוניברסיטה המובילה ברישום פטנטים חדשים בארה"ב היא MIT, שרשמה בשנים אלה בממוצע 144 פטנטים בשנה, לעומת המובילה ברישום פטנטים בארה"ב. מהאוניברסיטאות בישראל שמהן התקבלו נתונים, רק האוניברסיטה העברית נמצאת ברמת רישום הפטנטים של האוניברסיטאות בארה"ב עם ממוצע של 63 פטנטים בשנה, לעומת שאר האוניברסיטאות בארץ שרשמו בשנים אלה בממוצע 15-31 פטנטים חדשים. על אף הפערים הקיימים ברישום הפטנטים באוניברסיטאות בארה"ב ובישראל, בכל האוניברסיטאות ניתן להבחין במגמת גידול, שאפשר להסבירה באמצעות הגידול בהיקף של תקציבי המחקר של האוניברסיטאות, או בשל מודעות גדולה יותר לנושא מסחור הידע באוניברסיטאות בשל הפעילות האינטנסיבית של חברות היישום באוניברסיטאות.

פעולת רישום הפטנטים אינה מהווה מטרה, אלא אמצעי בדרך למסחור הפטנט. מסחור הידע הנוצר באוניברסיטה הוא אחת הדרכים בהן מתבטא שיתוף הפעולה בין האקדמיה לתעשייה. לפי הסכמי מחקר ורישוי (Research and Licensing Agreement) או הסכם תמלוגים ורישוי (Royalties and Licensing Agreement) מחקר שלתעשייה יש בו עניין עובר אליה, והיא ממשיכה בו את התהליך של המחקר והפיתוח הטכנולוגי, הייצור והשיווק. שיטה זו מאפשרת לאוניברסיטה לנצל את יתרונה בחלק המחקרי, ולתעשייה במו"פ היישומי. למשל הדוגמא של חברת כ"ל, שהקימה בירושלים את "תכשירי פריו", שמפתחת ומייצרת שבב פריודונטי לשחרור מושהה לטיפול בחניכיים. זהו מוצר שנבע מעבודה משותפת של רופאים במרכז הרפואי "הדסה" ושל חוקרים במחלקה לרוקחות ובפקולטה לרפואת שיניים באוניברסיטה העברית. הידע נרשם כפטנט, הועבר לתעשייה הישראלית, ופותח, בין היתר, בשיתוף פעולה בינלאומי (ויגדור, 1998).

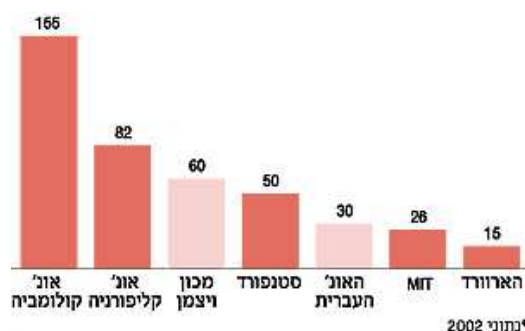
מחקר שנערך בארה"ב כלל ניתוח ציטוטים של כל המקורות הבאים: כל הפטנטים שמקורם באוניברסיטאות בשנים 1965-1992, מדגם מקרי של אחוז אחד מסך כל הפטנטים בארה"ב באותה תקופה, כל הפטנטים לאחר 1974 שציטטו את הפטנטים באוניברסיטאות, וכל הפטנטים לאחר 1974 שציטטו את המדגם המקרי של הפטנטים. החוקרים מצאו כי למרות ציטוט רב של פטנטים שמקורם באוניברסיטאות, חלה ירידה בשיעור הציטוטים שלהם לאחרונה. החוקרים הסיקו, שלחוק Bayh-Dole יש השפעה הפוכה על פטנטים באוניברסיטאות. בעוד שמספר הפטנטים גדל באופן משמעותי, לא חל גידול בהעברת הטכנולוגיה, אלא חלה אפילו ירידה. לטענת החוקרים, האוניברסיטאות ניסו באופן ישיר ליצור חידושים מסחריים, במקום להתמקד ברעיונות חדשים שהתעשייה יכולה למסחר (McMillan & Hamilton, 2003).

במשך שנים רבות מספר פטנטים שימש אינדיקטור להישגים טכנולוגיים של חברות. הנגישות לפטנטים מאפשרת ניתוחים רחבים והשוואות בין תעשיות ובין מדינות. לא כל התגליות החדשות שנחשפות באקדמיה נרשמות כפטנטים, ולא כל הפטנטים הרשומים מגיעים לידי מסחור או מניבים הכנסות לאוניברסיטאות. לכן יש לבחון לא רק את סך כל הפטנטים החדשים שנרשמים מידי שנה, אלא גם, ובעיקר, את מספר הפטנטים המניבים שיש לכל אוניברסיטה (Trune, 1996). על-פי הנתונים שנאספו במחקרם של שפר ופרנקל (2003), מספר הפטנטים המניבים הינו קטן בהשוואה לסך כל הפטנטים הרשומים הנמצאים בבעלות האוניברסיטאות, אם כי אף הוא נמצא במגמת עלייה, המאופיינת בהכפלת מספר הפטנטים המניבים לאורך העשור האחרון.

יש קושי לאפיין את היקף מסחור הידע של האוניברסיטאות בישראל בעיקר עקב העדר שיתוף פעולה של הגורמים השונים באוניברסיטאות ובחברות היישום. במסגרת ראיונות שערכו שפר ופרנקל (2003) עם ראשי האוניברסיטאות וחברות היישום בישראל, נטען כי הכנסות האוניברסיטאות מפטנטים קטנות יחסית, ועומדות על מיליוני דולרים בודדים בשנה. במכון ויצמן ובאוניברסיטה העברית המצב שונה, ההכנסות מפטנטים עומדות על מספר עשרות מיליוני דולרים בשנה. בתרשים 1 מוצגות הכנסות מתמלוגים על פטנטים (במיליוני דולרים). ניתן לראות שההכנסות מתמלוגים על פטנטים של מכון ויצמן והאוניברסיטה העברית גבוהים יותר מאלה של אוניברסיטאות הארוורד ו-MIT. דוגמא לפטנט שמקורו באוניברסיטה העברית ומניב תמורה כלכלית החוזרת כהשקעה במו"פ לאוניברסיטה, היא התמלוגים ממכירת רוב סוגי העגבניות בארץ, משום שהזרעים שלהן פותחו בתהליך שפותח באוניברסיטה העברית (ויגדור, 1996). דוגמא לטענה כי רישום מספר גדול של פטנטים חדשים מידי שנה אינו מהווה בהכרח ערובה להשגת תוצאות כספיות היא אוניברסיטת MIT, אשר רשמה בממוצע כ-40% יותר פטנטים חדשים מידי שנה מאוניברסיטת סטנפורד, אולם מספר הפטנטים המניבים בה נמוך יותר מאשר באוניברסיטת סטנפורד.

איור 4: הכנסות מתמלוגים על פטנטים במיליוני דולרים

("הארץ", 8 ביוני, 2004)



גם מספר הפטנטים המניבים אינו מהווה אינדיקטור ודאי לתוצאות כספיות, שכן ידוע כי מרבית הכנסותיהן של האוניברסיטאות ממסחור פטנטים מקורו במספר פטנטים בודדים (לרוב פחות מ-5 פטנטים). בבדיקה שנערכה באוניברסיטת ייל נמצא כי בין השנים 1982-1996, ארבעה אחוז מכלל הפטנטים הניבו תשעים

אחוז מכלל ההכנסות ממסחור, ו-88 אחוז מהפטנטים הניבו פחות מ-10,000 דולר כל אחד, שזוהי העלות המוערכת של תהליך המסחור (Allan, 2001).

הניהול הפורמאלי של זכויות הקניין הרוחני הן תופעה חדשה ברוב האוניברסיטאות, לכן קיימת מידה לא מועטה של חוסר ודאות בנוגע למבנה הארגוני האופטימאלי ובנוגע לתלות של יעילות העברת טכנולוגיות בגורמים מוסדיים וסביבתיים שאינם מצויים בשליטת האוניברסיטאות (לינק וסיגל, 2002). בישראל יש מספר יוזמות חקיקה בנושא זה: הצעת חוק נוהל פיתוח המצאות ופטנטים, התש"ס-1999 (ח"כ: נודלמן, כהן, ליברמן, שטרן) כנסת 14, ו-15; הצעת חוק לעידוד העברת ידע וטכנולוגיה לתועלת הציבור, התשס"ה-2004 (מלי פולישוק ואח'); והחלטת ממשלה 4150 מיום 9.8.2005 בדבר יישום מדיניות בנוגע לתוצרי ידע וקניין רוחני שנוצרים בבתי חולים ממשלתיים ובתאגידי בריאות (חל על חברי סגל באוניברסיטאות מחקר). הצעות חוק אלה בניסיונם להידמות לחוק Bayh-Dole האמריקאי, מעניקים לאוניברסיטאות בעלות בלעדית על כל תוצרי הידע הנובעים מהפעילות השוטפת או המחקרית של חברי הסגל שלהן, ובצידה חובה ניהולית למסחר אותם כהלכה על-פי חוק. ההצעות מטילות על אוניברסיטאות המחקר חובות דיווח על "תוצרי ידע" שיש בהם מרכיב כלשהו בעל פוטנציאל מסחרי ושמירת סודיותם. חובות אלה יחולו הן ברמה המוסדית והן ברמה האישית, ומכאן שתישלל מחברי סגל אקדמי הסמכות האישית להחליט אם לפרסם את עבודותיהם המדעיות ברבים או לנתבן במסלולי הקניין הרוחני והמסחור. כך, למשל, הצעת החוק מטילה על חוקרים אלה ועל תלמידיהם הגבלות אישיות ומקצועיות, שהפרתן תיחשב עבירה על החוק. היא מטילה עליהם חובות ציות להוראות מנהליות, כגון דרישה אפשרית להעברת ידע לחברות עסקיות, גם אם אינם חפצים במסחור המצאותיהם. בכל אלה יש לדעתו של גרבי (2005) פגיעה ממשית בעקרון החופש האקדמי באוניברסיטאות המחקר.

9.4 הקמת פארקים מדעיים

בבעלות האוניברסיטה יש מבנים, מעבדות ותשתיות נוספות, שבהם תעשיות וחברות יכולות להתמקם ולבצע מחקרים תוך שיתוף פעולה עם חוקרים מהאקדמיה (Felsenstein, 1994). כפי שנטען בפרק העוסק בזליגת ידע גיאוגרפית, הקמת פארקים תעשייתיים קטנים לתעשייה מתוחכמת ליד האוניברסיטאות, יכולה להביא לסביבה האוניברסיטאית משקיעים ויזמים שיש להם עניין לפעול תוך הישענות על תשתית מחקר אוניברסיטאית (ויגדור, 1996). הקשרים שבין התעשייה למוסדות האקדמיה והמחקר הם דו כיווניים. המוסדות האקדמיים נהנים מקשרים אלה בקבלת כספי מחקר מהתעשייה, בהעברת טכנולוגיה ויישומה בתעשייה, ובעקיפין לאספקת מקומות תעסוקה לבוגרי המוסדות וקשרים מסחריים ומדעיים נוספים (וידר ושפר, 1993). לפירמות התעשייתיות יש יכולת לזהות ולהגדיר את הצרכים ואת כיווני המחקר שבהם טמונים יתרונות שיווקיים וכלכליים והם מביאים עימם כוח אדם ניהולי ברמה מקצועית גבוהה, המסוגל להגדיר יעדים וטווחי ביצוע כמו גם לנהל את הרצת הפרויקטים מבחינה כלכלית, וכן עומד לרשותם פוטנציאל כוח האדם היצירתי המרוכז במוסדות האקדמיים. (קוזיאטין, 1998). דוגמא לקשרים הדדיים אלה ניתן למצוא באוניברסיטאות סטנפורד ו-MIT, שהשפיעו רבות על תהליך התפתחותן של פירמות עתירות ידע באזור. עם הגידול בתעשייה הותאמו תוכניות הלימודים וההשתלמויות במוסדות החינוך המקומיים לצרכים המיוחדים של התעשייה המתפתחת, פעולה שתרמה רבות להגדלת זמינותו של כוח אדם אשר הוכשר בהתאם לצרכי המפעלים (Saxenian, 1985).

במחקר שהשווה 160 חברות היי-טק בישראל, נמצא שהמיקום בפארק תעשייתי תורם לסטטוס ויוקרה של החברה, שתורמים באופן לא ישיר להעברת טכנולוגיה וזרימת אינפורמציה (Felsenstein, 1994).

9.5 פרמטרים ומדדים אפשריים להערכת ההשפעה של אוניברסיטאות על כלכלת האזור

Trune & Goslin (1998) חישוב את השפעת העברת הטכנולוגיה על כלכלת האזור באמצעות חיבור שלושת המרכיבים של: הכנסות הממציא מתמלוגים, סך כל הוצאות המוסד באזור, מענקי מחקר המתקבלים כתוצאה מהעברת טכנולוגיות. על-פי מדד זה, הכניסו בשנת 1995 כלל המוסדות שכללו במחקר 434 מיליון דולר לכלכלה של האזורים בהן הן ממוקמות, במוצע 2.37 מיליון דולר לכל מוסד. בבחינת המוסדות על-פי סיווגם, נמצא כי אוניברסיטאות הכוללות בי"ס לרפואה, בתי חולים ומכוני מחקר הכניסו לכלכלת האזור יותר כסף משאר המוסדות. אומדנים אלה מצביעים על כלל הכסף שהושקע ישירות על-ידי המוסדות במשכורות, וברכישת מוצרים ושירותים באזור.

שיטה נוספת להערכת ההשפעה הכוללת של העברת טכנולוגיות מהאקדמיה לתעשייה פותחה באוניברסיטת קליפורניה ומטרתה להעריך גם את ההשפעה הכלכלית שיש להעברת טכנולוגיות על המשק הלאומי. שיטה זו, המתבססת על שיעור התמלוגים הממוצע וסך כל ההכנסה מתמלוגים, מאפשרת לאוניברסיטה להעריך את הגידול במכירת מוצרים הנובעים מטכנולוגיות שהועברו ממנה לתעשייה (Carr, 1994).

במחקר אחר נבחנה ההשפעה הכלכלית של העברת טכנולוגיות באמצעות חישוב גובה ההשקעה של חברה מסחרית בשלב פיתוח הטכנולוגיה לרישיון לשנה. חישוב זה נעשה לגבי רישיונות בלעדיים שהעניקה אוניברסיטת MIT לפירמות מסחריות וכלל גם את מספר מקומות העבודה החדשים שנוצרו כתוצאה מאותם רישיונות בלעדיים. המחקר התבסס על נתונים שנאספו מחברות מסחריות/חברות הזנק שהחזיקו בידיהן רישיונות שהוענקו להן על-ידי האוניברסיטה, דרך חברת היישום באוניברסיטה. באמצעות נתונים אלה פותחו נוסחאות, המחשבות את ההשקעה הצפויה של הסקטור המסחרי בשלב הטרם יצרני בדולרים לרישיון לשנה, על-פי תחום הרישיון וסוג הפירמה. תוצאות המחקר הראו כי ההשקעה השנתית הממוצעת של הסקטור המסחרי ברישיון עומדת על קרוב למיליון דולר, כאשר הכנסות האוניברסיטה מכך הן רק 0.04 מסך-כל ההשקעה, ומספר מקומות העבודה שנוספו בכל שנה, מכל רישיון עמד על שמונה מקומות עבודה (Pressman, Guterman, Abrams, Geist, & Nelsen, 1995). סקר מקיף שנועד להעריך את ההשפעה הכלכלית שיש לתוכניות להעברה טכנולוגית נערך בארה"ב על-ידי ה-AUTM הסקר מועבר פעם בשנה, משנת 1991, נסקרות האוניברסיטאות, המכללות, בתי החולים ומוסדות המחקר, ומטרתו לבחון את מידת הזמינות של תוצאות המחקר האקדמי לציבור, מבחינת מוצרים מסחריים המשפרים את איכות החיים. AUTM מגדיר העברת טכנולוגיה אקדמית כמעבר של רעיונות, כלים ואנשים בין מוסדות להשכלה גבוהה, הסקטור העסקי והציבורי. דו"ח AUTM המתבסס על נתוני השאלון שמלאו המוסדות המשתתפים בסקר, מתפרסם פעם בשנה ומכיל אינפורמציה כמותית על מגוון פרמטרים של העברה טכנולוגית: המוצרים המסחריים שהוצגו לשוק על-ידי המוסד, הוצאות מחקר, מספר הגשות הפטנטים, מספר הסכמי הרישוי, ההכנסות כתוצאה ממתן רישיונות, מספר חברות ההזנק שהוקמו על בסיס רישיונות שנתנו לטכנולוגית האקדמיה, ומספר חברות ההזנק שהוקמו בסמוך למוסד האקדמי בו הטכנולוגיה נוצרה. בנוסף, הדו"ח

כולל סיכום קצר של ההשפעה שיש למספר מוצרים שפותחו על-ידי חוקרים באוניברסיטאות (הפרמטרים והמדדים בשאלון מוצגים בטבלה 12 (AUTM, 2003).

טבלה 12: הפרמטרים והמדדים בשאלון ה- AUTM להעברה טכנולוגית

(AUTM, 2003)

הפרמטר	המדד
תאריך תחילת התכנית	השנה בה המוסד התחיל לעסוק בפעילויות העברה טכנולוגית
עובדים במשרדי ההעברה הטכנולוגית	- מספר העובדים במשרה מלאה בתהליכי מתן רישיונות לפטנטים במשרדי העברת הטכנולוגיה. - מספר העובדים האחרים במשרדי העברת הטכנולוגיה
הוצאות מחקר	- סך כל הוצאות מחקר - סך כל הוצאות מחקר הממומנות על-ידי מקורות ממשלתיים - סך כל הוצאות: מקורות תעשייתיים
הסכמי רישיון	- סך כל הרישיונות שהמוסד הוציא לפועל ב-2003 - מספר הרישיונות שהינם בלעדיים/אינם בלעדיים - מספר הרישיונות שכללו מניות - מספר הרישיונות שהיו פעילים - מספר הרישיונות שנתנו לחברות הזנק (בלעדיים/שאינם בלעדיים) - מספר הרישיונות שנתנו לחברות קטנות (בלעדיים/שאינם בלעדיים) - מספר הרישיונות שנתנו לחברות גדולות (בלעדיים/שאינם בלעדיים)
מימון מחקרי הקשור לרישיונות	סך כל המימון למחקר הקשור להסכמי רישיון
הכנסות מרישיונות	- מספר הרישיונות הכולל שהוביל להכנסה - מספר הרישיונות שהובילו לתמלוגים שוטפים - מספר הרישיונות שהובילו להכנסה של יותר מ-1 מיליון דולר - הסכום הכולל של הכנסות מרישוי במוסד - כמה מהכנסות מרישיונות שולמו למוסדות אחרים
תשלומים משפטיים, הוצאות והחזרים	- הסכום ששולם לתשלומים משפטיים חיצוניים - הסכום שהתקבל מהחזרי תשלומים לרישיונות
פעילויות הקשורות לפטנטים	- מספר גילויי הפטנטים שהתקבלו - מספר בקשות הפטנטים שמולאו - מספר הפטנטים שהתקבלו
חברות הזנק	- מספר חברות ההזנק שהוקמו שהיו תלויות ברישיון הטכנולוגיה של המוסד - מספר חברות ההזנק שמיקמו את עסקיהם בסמוך למוסד - מספר חברות ההזנק שהיו תלויות בטכנולוגית המוסד שהפכו ללא פעילות - מספר חברות ההזנק שהיו תלויות בטכנולוגית המוסד שפעילות בסוף השנה המדווחת - בכמה מחברות ההזנק שהוקמו בשנה הנוכחית יש למוסד מניות.
טכנולוגיות ברישיון, פעילות רישיון בעבר	- מספר הטכנולוגיות ברישיון שנעשו זמינים לשימוש ציבורי או מסחרי
תאור המוצר	תאור קצר של הצלחת המוצר

נתוני הסקר האחרון שנערך ב-2003, מראים כי בהיבט הכלכלי הצר, הפירות המגיעים לאוניברסיטאות ממסחור ידע ומקשרים עם גורמים תעשייתיים הם שוליים יחסית, אך הם בעלי יתרונות רבים לקהילות המקומיות בהן היו המוסדות ממוקמים. תוכניות ההעברה הטכנולוגית באוניברסיטאות בארה"ב השקיעו במשותף יותר מ-434 מיליון דולר בקהילות המקומיות, פיתוח כלכלי שהתבטא במשכורות, תשלומים משפטיים, הכנסה לממציא, ומענקי מחקר חדשים. אוניברסיטאות שיש בהן בתי ספר לרפואה ומחקר בבתי חולים היו בממוצע אלה שהכניסו את הכסף הרב ביותר לכלכלה המקומית, בכספים שהושקעו ישירות על-ידי האוניברסיטאות במשכורות, סחורות ושירותים בקהילות. השקעה כלכלית נוספת של החברות ממסחור הטכנולוגיות מתבטאת ביצירת מקומות תעסוקה, ברכישת סחורות ושירותים מקומיים, בתשלומי מיסים ובהשקעת הון. בנוסף, פעילויות קבלת הרישיונות

של האוניברסיטאות והפקולטות מהווים מניע כלכלי משמעותי על-ידי הכוונת משאבי האוניברסיטה לקהילה המקומית ומספקים גורם ממריץ לפיתוח מקומי (Trune & Goslin, 1998).

גישה נוספת המוצעת לכימות ההשפעה של המחקר האקדמי על ביצועי התעשייה, משלבת שימוש במספר אינדיקטורים המעריכים את ההשפעה במספר רמות, על מנת שניתן יהיה להסיק מסקנות, ולהימנע מהחסרונות שבשימוש בכל מדד בנפרד (Jaffe, 1989).

Cyert & Goodman (1997) טוענים, שהמיקוד בשיתופי פעולה בין האוניברסיטה לתעשייה על העברה טכנולוגית של כלים, מתודולוגיות ומוצרים, שמטרתם לשפר איכות או תוצרים, משקף ראייה צרה. שיתופי פעולה בין האוניברסיטה לתעשייה הם הזדמנות ללמידה. למידה יכולה להשפיע על החשיבה האסטרטגית של הארגון, התרבות, כישורי פתרון בעיות ובסיס הידע. שינויים אלה יכולים להשפיע על יכולת הקיום של הארגון לטווח ארוך יותר מאשר כל כלי, שיטה או מוצר ספציפי.

10. הערכת השותפות בין האוניברסיטה לתעשייה בתהליך החדשנות

בכלכלה המונעת על-ידי ידע גלובלי וחדשנות טכנולוגית, ההעברה המהירה והיעילה של ידע חדש למוצרים, תהליכים ושירותים היא קריטית לצורך תחרותיות, גידול בפריון לטווח ארוך ויצירת רווחה. השגת יתרון בחדשנות טכנולוגית דורש מנהיגות בכל האספקטים של ההנדסה: מחקר הנדסי- המגשר בין גילויים מדעיים ליישומים; השכלה הנדסית- הנותנת למהנדסים את המיומנויות ליצירת ידע וחדשנות טכנולוגית; ויישום ההנדסה- תרגום הידע לחדשנות (מוצרים תחרותיים ושירותים) (NAE, 2005).

ההישגים הטכנולוגיים המדהימים של חמישים השנה האחרונות לא היו אפשריים ללא המחקר ההנדסי. המחקר ההנדסי מוביל לידע ההכרחי לשם הפיכת גילויים מדעיים למוצרים ושירותים פונקציונליים, מסחריים ורווחיים. לדוגמה, הבנת הפיזיקה של תהודה המגנטית בסקאלת האטום (Magnetic resonance on the atomic scale) לא נעשתה שימושית בחיי היום יום עד שמהנדסים יצרו את מכונות ה-MRI ואת המחשבים המריצים אותן, והמאפשרים הדמיה של גוף האדם. חוקרים לא היו יכולים לגלות את תכונות המגנטיות (Magnetic properties) עד שהמהנדסים יצרו מכשירי מדידה שאפשרו להם לקדם מחקר בסקאלות אטומיות. ללא מחקר הנדסי, חדשנות, בעיקר חדשנות פורצת דרך, שיכולה ליצור תעשיות חדשות ולהעביר תעשיות ישנות שינוי רדיקלי, לא יכולה להתרחש. לפי ה-NAE, חדשנות זו הינה הכוח מאחורי ההצלחה האמריקאית במאה האחרונה. דוגמה לכמה הישגים בתחום הרפואה הינם, שיתוף הפעולה בין המהנדסים לרפואה בפיתוח טכנולוגיות רפואיות לציוד רפואי ובתמיכה במחקר רפואי. מהנדסים יצרו את הכלים לפיתוח תרופות ולייצורן, לייצר לניתוחי עיניים, מכונות לב-ריאה לניתוחי לב פתוח וטכנולוגיות הדמיה רבות. פריצות דרך עתידיות תלויות במחקר הנדסי שייצור טכנולוגיות נוספות, תעשיות חדשות, ורווחה לחברה.

לפי ה-NAE, הדרך הטובה ביותר הינה יצירת רשת של מוסדות לגילוי חדשנות (Discovery innovation institutes) בקמפוסים האוניברסיטאיים שיערכו מחקר לצורך יישום. קיימים מודלים למחקר מכוון יישום ומרכזים טכנולוגיים בקמפוסים אוניברסיטאיים כדוגמת ה-MIT's Lincoln Laboratory ו-MIT's Carnegie Mellon's Software Engineering Institute או מרכזים אקדמיים רפואיים המשלבים מחקר, השכלה ופרקטיקה בתשתיות מתקדמות

ולפי סדרי עדיפות לאומיים. על המוסדות לגילוי חדשנות להתאפיין בשיתוף פעולה, מחקר בין תחומי, השכלה, ויכולת לקדם את יישום ההמצאות והתגליות (NAE, 2005).

חברות מבצעות תהליכי חיפוש אחר רעיונות למוצרים חדשים, צורות ארגון חדשות או פתרונות לבעיות קיימות, על מנת לשמר את יתרון התחרותי לאורך זמן (Eisenhardt & Martin, 2000). בתהליך חיפוש זה על החברות למצוא את האיזון הנכון שבין מחקר מקורי לבין ניצול של ידע קיים, תוך העברת משאבים בין מחקר ליישום על מנת להשיג פיתוח מוצלח של מוצר (March, 1991).

מחקר שבחן את תפקיד המחקר באוניברסיטאות כמעצב פעילויות חדשניות של חברות תעשייתיות, נערך על מדגם של 2655 חברות ייצור שנלקחו מסקר החדשנות בבריטניה Community Innovation Survey – CIS שנערך ב-2001. תוצאות המחקר הראו, שההשפעה הישירה של האוניברסיטאות על פרקטיקות תעשייתיות מרוכזת במספר קטן של סקטורים תעשייתיים. בחברות בעלות יכולות מו"פ ואסטרטגיה יותר "פתוחה" של שימוש במקורות ידע חיצוניים, יש נטייה להשתמש יותר באינטנסיביות בידע ממחקר באוניברסיטאות. בנוסף, נמצא מתאם בין תקציב המו"פ של החברה וגודלה למידת השימוש שהיא עושה בידע שנוצר ממחקר אוניברסיטאי. חברות בעלות תקציב מו"פ גדול וחברות גדולות, נוטות יותר להשתמש בידע ממחקר אוניברסיטאי מחברות בעלות תקציב מו"פ קטן ומחברות קטנות. ממצא מעניין נוסף היה שחברות הזנק לא משתמשות יותר מאשר חברות אחרות בידע ממחקר אוניברסיטאי (Laursen & Salter, 2004).

במחקר אחר נבחנה השפעת המו"פ על החדשנות, והשפעת החדשנות על צמיחה כלכלית ב-103 אזורים באירופה. חדשנות נמדדה באמצעות מספר הבקשות לרישום פטנטים למיליון אנשים באזור מסוים. הנתונים הצביעו על קשרים חזקים בין רמת הרווחה ההתחלתית, רמת המיומנות באזור מסוים, החשיבות המיוחסת לסקטורים טכנולוגיים שונים והיכולת שלהם לייצר מספר גדול של בקשות לרישום פטנטים. נמצא שאזורים יותר מפותחים מסוגלים לפתח יותר חדשנות. הסבר אפשרי לכך הינו קיומה של תשתית מתאימה באזורים אלה, ויכולת למידה המאפשרת להם ליישם מו"פ לכדי מוצרים ותהליכים חדשניים, כמו גם יכולת ספיגה ושימוש בטכנולוגיה. כמו כן נמצא, שככל שאחוז האוכלוסייה בעל השכלה בסיסית בלבד גדול יותר, כך קטן מספר הבקשות לרישום פטנטים. החוקרים מצאו, שחדשנות באזורים מרכזיים מושפעת בעיקר ממחקר בסקטור הפרטי, בעוד שחדשנות באזורים פריפריאליים מושפעת בעיקר ממחקר באוניברסיטאות. החוקרים מצאו שגידול מובהק במספר הפטנטים מצביע על כך, שגידול בחדשנות מקדם צמיחה כלכלית באזורים פריפריאליים, וכלא קשור לצמיחה כלכלית באזורים שאינם פריפריאליים (Bilbao-Osorio & Rodriguez-Poste, 2004).

10.1 רשתות עבודה ואינטראקציות חברתיות (Networks and social interactions)

מחקר ממומן יוצר רשתות עבודה ואינטראקציה חברתית בין קהילות מקומיות, לאומיות ובינלאומיות, הקשורות לתהליך החדשנות, ומאפשר ליחידים ולארגונים את האמצעים להשתתף בקהילה בינלאומית של מחקר ופיתוח טכנולוגיה (Price, 1984). היתרונות הכלכליים של רשתות אלה לא קלים למדידה. חברות מוצאות בשיטות לא פורמאליות של אינטראקציה אמצעים ללמידה על מחקר ופעילות טכנולוגית (Cohen et al., 1998). מחקרים מראים שחברות מקושרות למחקר בדרכים שונות, ושבמקרים רבים הדרכים אינן פורמאליות. לדוגמא, Faulkner

Senker & (1995) מצאו, שקשרים אישיים טובים בין חברות ומדענים הינם המפתח לשיתוף פעולה מוצלח. יחסים אישיים הכרחיים לפיתוח ההבנה והאמון שעליהם קשרים ארוכי טווח נבנים. רשתות יכולות גם לספק גישה לכלים וציוד רגיש עבור חברות קטנות (Salter et al., 2000).

במחקר על רשתות עבודה נמצא, שישנן קהילות טכנולוגיות שבהן מספר יחידים מתלכדים לקראת מטרה משותפת. החוקרים הראו שלמרות הרצון לפרסום ממצאים ולתקשר גילויים חדשים הקיים באקדמיה, גם יחידים העובדים בחברות מעוניינים להחליף דעות, והם עושים זאת במסגרת הקהילות הטכנולוגיות שלהם. כניסה לקהילה טכנולוגית מושגת על-ידי תרומה בולטת בתחום (Neice, 2000). החשיבות של רשתות עבודה אלה הינה השיתוף הלא פורמאלי בידע סמוי בין חברות ואוניברסיטאות (Cooke & Morgan, 1993).

10.2 הקמת חברות הזנק/ Spin off

במחקרים נמצא שנכחותן של אוניברסיטאות טובות מנבאת את הקמתן של חברות חדשות (Zucker & Darby, 1997). יש נתונים סותרים לגבי השאלה האם מחקר אוניברסיטאי יוצר חברות הזנק/חברות Spin off מוצלחות. דוגמאות להצלחה של חברות שמתקבצות מסביב לאוניברסיטה הם של החברות סביב MIT ו- אוניברסיטת Stanford. בסקר של AUTM (2003) נמצא, ש- 374 חברות חדשות המבוססות על גילויים אקדמיים הוקמו בשנת 2003, ירידה של 6.7 אחוז לעומת 401 חברות ההזנק שהוקמו ב-2002. מאז שנת 1980 הוקמו 4,081 חברות הזנק, שמתוכן 2,274 עדיין פעלו בשנת 2003.

הנתונים מצביעים על תלות סקטוריאלית. המתאם בין מחקר אוניברסיטאי ליצירת חברות הינו חיובי ומובהק סטטיסטית בסקטור של ציוד אלקטרוני, בעוד שבסקטורים אחרים הוא לא נמצא מובהק סטטיסטית (Banja, Eberts, & Fogarty, 1993). לרוב, חברות הנוצרות כ-Spin off על-ידי אוניברסיטאות הן קטנות ושיעור ההצלחה שלהן נמוך (לדוגמה בסקטור התוכנה) (Massey, Quintas, & Wield, 1992). בתחום הביוטכנולוגיה והתוכנה נוצרים Spin offs רבים כתוצאה ממחקר אקדמי. דפוס זה יכול לעבור גם לענפים אחרים. שימוש לא נכון בנתוני מספר ה-Spin offs שהוקמו נעשה על-ידי ממשלת בריטניה, המשתמשת במדד זה להערכת ביצועי האוניברסיטאות. מאחר שאין הוכחות לגבי ההשפעה של חברות Spin-off על חדשנות, לא ברור שיש הצדקה לשימוש במספר חברות ה-Spin off שהוקמו כמדד להערכה של ביצועי חדשנות (Salter et al., 2000).

קיימת מחלוקת ביחס לדרך המוצלחת למסחור המצאה המבוססת על מחקר; האם להקים חברת הזנק או למכור את הידע לחברה מבוססת, שיכולה להמשיך ולפתח אותו. שתי שיטות להערכה יכולות לשפוך אור על נושא זה: חקרי מקרה מדוקדקים או השוואות רחבות יותר של דפוסי הרישוי של חברות ההזנק. במיוחד יש לבחון את המקרים בהן חברות הזנק לא הצליחו לעניין חברות גדולות בטכנולוגיה שלהן. כמו כן, לחקור האם ומתי החברות שנוצרו נכשלו במסחור הטכנולוגיה והפסיקו את השימוש ברישיונות (Lowe & Quick, 2004).

11. הערכת השפעת המחקר על צמיחה כלכלית באמצעות מודלים כלכליים

לעיתים קרובות, קצב הצמיחה הכלכלית של אזור שקיימת בו תעשייה מתקדמת, קשור בצורה הדוקה לקיומה של אוניברסיטה מקומית. עדויות להשפעה הדינאמית של מחקר אוניברסיטאי ניתן למצוא בדוגמאות כמו אזורי התעשייה המתקדמים בעמק הסיליקון, או בדרך 128 בשולי בוסטון (Martin & Trudeau, 1998; Saxenian, 1985).

במחקר שבחן את הזיקה בין מחקר אקדמי, חדשנות טכנולוגית לצמיחה סקרו החוקרים את המנגנונים התורמים לצמיחה כלכלית, והגיעו למסקנה, ששיפורים טכנולוגיים היו הכוח האמיתי מאחורי העלייה המתמשכת ברמת החיים. שני הגורמים האחרים הם שיפור רמת ההשכלה והצבר ההון. שיפור טכנולוגי יוצר ידע שתכונותיו שונות ממוצרים כלכליים רגילים. למשל, רבים יכולים להפיק תועלת מידע שנוצר על-ידי חוקר אחד. כתוצאה מכך, קיים עניין ציבורי להעמיד את הידע לרשות החברה כולה ובכך לתרום לפריון הכולל של המשק. אולם יש לסייג את האמור בהקשר של שמירה על זכויות הקניין של חוקרים, כדי לעודד ולתמרץ את ההשקעה במו"פ (Helpman & Grossman, 1993; Helpman, 2000).

באמצעות מודלים כלכליים, אפשר להצביע על הקשר שבין שינויים טכנולוגיים לבין צמיחה כלכלית ונתפרסמו בנושא סקירות רבות (Martin & Trudeau, 1998; לינק וסיגל, 2002; Salter & Martin, 2001). מהמחקרים הייתה, שהקשרים בין הוצאות פרטיות על מו"פ ובין מדדים כמו פריון וצמיחה הם משמעותיים וחיוביים. אולם קשרים אלה בעייתיים, כשעוסקים בחקר של מו"פ ציבורי, שבו הקשרים אינם כל כך ישירים ומובנים (Griliches, 1995; Tasse, 2005). רוב המו"פ ציבורי אינו מכוון באופן ישיר לצמיחה כלכלית ולהשגת ידע והשפעתו הינה באמצעות העברת ידע ומנגנוני זליגת ידע. קיים קושי להבדיל בין מחקר בסיסי לבין מחקר יישומי ובנוסף, המודלים הקושרים השקעה במו"פ עם צמיחה ופריון אינם יכולים למדוד במדויק שינויים רדיקליים. למרות בעיות אלה, מודלים כלכליים משמשים כלי חשוב במדידת ההשפעות הכלכליות של מחקר ציבורי באמצעות כלים אנליטיים משוכללים, ומחקרים אקונומטריים רחבי היקף נותנים תמונת מצב על סמך ניתוח של נתונים אגרגטיביים רבים (Georghiou, & Roessner, 2000; Salter & Martin, 2001; Roessner, 2002).

הערכות כלכליות של מחקר מתחלקות לשתי קטגוריות בסיסיות: ניתוחים של פונקציות ייצור (Production function analyses) ומחקרים האומדים את שיעור התשואה החברתית (Social rate of return). למחקר מדעי-בסיסי ולמחקר הנדסי-יישומי יש הרבה תוצרי לוואי ויתרונות לא ישירים. יש קושי בשיור של מוצרים ותהליכים חדשים למחקר אקדמי מסוים, וקשה לעקוב אחרי זרימת הידע מהמחקר ליישומים השונים שלו. כמו כן, לעיתים קרובות לוקח זמן רב עד שידע מדעי חדש יוצר השפעה כלכלית הניתנת למדידה. Adams (1990) מצא, שבממוצע חולפות עשרים שנה מזמן עריכת מחקר בסיסי עד לזיהוי השפעה כלכלית הניתנת ולמדידתה. הטווח הרחב של היתרונות הכלכליים והערוצים הרבים שבהם הם מתקבלים, אשר לעיתים קרובות הם לא ישירים ומורכבים, גורמים לקושי שבמדידתם (David, Mowery, & Steinmuller, 1992).

11.1 מודלים המשתמשים בפונקציות ייצור (Production function analyses)

מודלים של פונקציות ייצור מציגים את סך התוצר או הפרייון (Total Factor Productivity) כפונקציה של ההוצאה בעבר על מו"פ, ומנסים לאמוד בצורה סטטיסטית את החלק של הצמיחה בפרייון שנובע מהוצאות מו"פ. Georghiou & Roessner (2000), סקרו מחקרים בהם נעשה שימוש במודלים של פונקציות ייצור על מנת להעריך את ההשפעות של שינויים טכנולוגיים או הגדלת הידע הטכנולוגי, שאפשר לקשור אותם למדד הוצאות על מו"פ ומדדים כלכליים אחרים. שיפורים בפרייון נמדדים כשינויים ביחס שבין התשומות (inputs) לתפוקות (outputs). מחקרי פונקציות ייצור מניחים, שהקשרים בין השקעות במו"פ ובין מדדי צמיחה כלכלית ופרייון הם חיוביים וחזקים. קיימות מספר בעיות בסיסיות בגישה זו: נתוני הוצאות המו"פ הינם אמדן בלבד ל"אינפורמציה הטכנית" המופיעה בפונקציות הייצור, ובכל מקרה, ההשפעה שלהם על מערכת הייצור הרחבה יותר, אינה מובנת היטב; בגישה זו לא ניתן להבחין בין התרומה של מחקר מדעי-בסיסי למחקר הנדסי-יישומי, הבחנה החשובה למטרות של קביעת מדיניות; הגישה נועדה להתייחס ליתרונות כלכליים שהינם תוצאה של שינויים הדרגתיים קטנים ביעילות ייצור, אך איננה מטפלת בצורה טובה בהשפעה של מוצרים חדשים או שינויים רדיקליים ביעילות הייצור (Cozzens, Popper, Bonomo, Koizumi, & Flanagan, 1994). דיון קלאסי לגבי שימוש במודל פונקציות ייצור ומגבלותיו, עם דגש על הנתונים הדרושים, ניתן למצוא ב-Griliches (1979).

דוגמא לשימוש במודל פונקציות הייצור הוא מחקרם של Jamison & Jansen (2000). החוקרים השתמשו בפונקציות ייצור קוב-דגלאס, תוך כדי התאמתה, על-ידי הכללה של מו"פ כתשומת ייצור נוספת, לתיאור גורם החדשנות כממריץ לצמיחה. בצורה כזו, גידול במו"פ משפיע בצורה ישירה על פרייון אמצעי הייצור, הון ועבודה, על-ידי הגדלת התוצר בהינתן כמויות הון ועבודה קבועות. לפי ניתוח כזה, קידמה טכנולוגית, המושגת באמצעות מו"פ, הנה מקור חיוני והכרחי לצמיחה כלכלית. המחקר האוניברסיטאי, המרכז את מרבית המו"פ במדינות רבות, הינו בתיאור שכזה, בעל חשיבות עליונה כגורם לצמיחה הכלכלית של המדינות.

במחקרים אחרים נעשה שימוש ב"פונקציות ייצור של ידע" כדי לתאר כיצד ידע וחדשנות עסקית "מיוצרים" על-ידי מחקר ופיתוח. כך למשל, במאמר של Autant-Bernard (2001), חדשנות עסקית (הנמדדת באמצעות פטנטים), מתוארת כפונקציה של ההשקעות על מו"פ פרטי (הנמדד באמצעות הוצאות פנימיות על מו"פ), ומחקר ציבורי (הנמדד באמצעות רישומים ביבליומטריים), תוך התייחסות גם ליחידות גיאוגרפיות. מסקנותיה, המתבססות על נתונים לגבי המחקר בצרפת, מאוששות את המסקנות כי המחקר הציבורי מגביר חדשנות, הן באופן ישיר, והן באופן בלתי ישיר, על-ידי הגדלת המחקר הפרטי. עם זאת, השפעות אלה מוגבלות לאזורים גיאוגרפיים קרובים לאוניברסיטאות, ומתפשטות לתחומים מדעיים קרובים.

עד כה, ההתייחסות לטכנולוגיה הייתה כמקשה אחת ללא הפרדה בין שלושת מרכיביה: טכנולוגיה גנרית, טכנולוגיה תשתית ויישומים חדשניים. לשני האלמנטים הראשונים יש מאפיינים של מוצר ציבורי, לכן חשוב להבדיל בינם לבין האלמנט השלישי. בשל מידת הסיכון הגבוהה הכרוכה בפיתוח שני האלמנטים הראשונים אין לתעשייה תמריץ להשקיע בהם, לכן הממשלות הן אלה, שצריכות לתמוך באוניברסיטאות אשר מטבען מפתחות טכנולוגיה בשלביה הראשונים. התעשייה מפתחת את האלמנט השלישי, מוצרים חדשניים, על מנת להשיג יתרון בשוק תחרותי ולשם כך מסתמכת על שני האלמנטים הראשונים. המוצרים הציבוריים נוצרים במסודות המחקר הציבוריים, שחלקם במערכת החדשנות המודרנית הולך וגדל (Tassey, 2005).

11.2 שיעור התשואה החברתי (Social rate of return)

מחקרי אגרגציה של שיעור תשואה חברתית מנסים להעריך את היתרונות החברתיים המושגים כתוצאה משינויים בטכנולוגיה, ומייחסים את הערך של יתרונות אלה לעלות של ההשקעות במחקר, שיצר את השינויים. בכל הניסיונות האקונומטריים להערכת ההשפעה של המחקר על הפיריון נמצאו שיעורי תשואה חיוביים, וברוב המקרים, ההשפעות היו באופן יחסי גבוהות (McMillan & Hamilton, 2003). גם לגישה זו בעיות רבות: המכניזם הסיבתי המקשר בין השקעות מו"פ לתשואה חברתית הינו של תלות אך אינו ישיר; מכיוון שחישובי יתרות הצרכנים והיצרנים מתבססים על קיומן של עקומות ביקוש והיצע, הן אינן מתאימות למוצרים ושירותים המובחנים באופן קיצוני מהקודמים להם (שזה המקרה במוצרים ושירותים חדשניים שהם תוצאה של מחקר מדעי); החישובים מסתמכים על נתונים של מקרים בודדים ולכן קשה להכליל מהם ויקר לבצעם, והמודלים מסתמכים על חישובי השקעה לטווח קצר, ולא על יתרונות לטווח ארוך שיכולים להתקבל ממחקר. לבסוף, כמו בגישות אחרות קשה לזהות זליגת ידע, המתרחשת כאשר ידע שנוצר במקום מסוים גולש החוצה, דבר שיכול להועיל לחברות אחרות באזור האוניברסיטה, למרות שלא לקחו חלק בפיתוח (Cockburn & Henderson, 1994; Cozzens et al., 2000). דוגמא ליתרונות משניים אלה הינה ההבחנה שבין היתרון האישי שיש לאדם שניתן לו חיסון, לבין היתרונות החברתיים של הפחתת השכיחות הכללית של המחלה ועקב כך הקטנת הסבירות שאנשים אחרים בחברה יחלו בה.

במחקר שנערך על מדגם של 76 חברות בארה"ב השייכות לשבעה סקטורים שונים בתעשייה. מנהלי מו"פ בחברות התבקשו להעריך מהי פרופורציית המוצרים והתהליכים שלא ניתן היה לפתח בחברה, ללא מחקר אקדמי, בעשר השנים האחרונות. ממצאי הסקר הראו ש-11 אחוז מהמוצרים ותשעה אחוז מהתהליכים לא ניתן היה לפתח ללא עיכוב משמעותי בהעדר מחקר אקדמי. כמו כן הראו הממצאים ש-2.1 אחוז מהמכירות של מוצרים חדשים ו-1.6 אחוז מהתהליכים החדשים לא היו מתבצעים ללא מחקר אקדמי. על סמך נתונים אלה חושב שיעור תשואה של 28 אחוז ממחקר אקדמי (Mansfield, 1991). ב-1998 פרסם Mansfield מחקר המשך בו מצא, שהעבודה האקדמית נעשתה חשובה עוד יותר לפעילות התעשייתית. על סמך סקר שערך ב-70 חברות הוא העריך ש-15 אחוז מהמוצרים החדשים ו-11 אחוז מהתהליכים החדשים לא ניתן היה לפתח ללא עיכוב משמעותי בהעדר מחקר אקדמי. סך כל החדשנות שלא יכלה להגיע לפיתוח היוותה חמישה אחוז מסך כל המכירות. Mansfield הציע שהעלייה בקשרים שבין המחקר באקדמיה לתעשייה היא תוצאה של המעבר של האקדמיה למחקר יותר יישומי וקצר מועד, ושל מאמצי האוניברסיטאות לעבוד יותר צמוד עם התעשייה.

במחקר אחר הוערך שיעור התשואה החברתי מסורקי CT ביותר ממאתיים אחוז. קשה לבודד את התרומה של המחקר האקדמי ולכמתה, עם זאת, גילויי מחקר מדעיים היוו את הבסיס לייצור סורקי ה-CT (Trajtenberg, 1999).

על מנת להעריך את ההשפעה של הסיוע הכספי למו"פ, יש צורך לדעת מה החברה המקבלת את הסיוע הייתה מוציאה על מו"פ אילולא קיבלה את הסיוע. במחקר שבחן את ההשפעה המצטברת של מימון ממשלתי למו"פ על המו"פ העסקי ב-17 מדינות החברות ב-OECD בתקופה שבין 1981-1996, נמצא שדולר אחד של מימון ציבורי גורם לחברות להשקיע 1.70 דולר במו"פ. תוצאות המחקר מצביעות על כך, שתמריצים מעודדים

עסקים לממן מו"פ. עם זאת, ההשפעה הממריצה של מימון ממשלתי מגדילה את ביצוע המו"פ רק עד תקרה מסוימת שלאחריה מתרחשת ירידה (Guellec & Van Pottelsberghe, 2000).

במחקר דומה שנערך בישראל, נמצאה עדות לכך שהסיוע הכספי למו"פ המוענק על-ידי משרד התעשייה המסחר והתעסוקה מגדיל את ההוצאות למו"פ לטווח ארוך של החברה הממומנת. ממצאי המחקר הראו שכל דולר נוסף של סיוע ממשלתי למו"פ מגדיל את מימון החברה להוצאות מו"פ ב-41 סנט בממוצע (סך כל ההוצאות למו"פ גדלות ב-1.41 דולר). למרות, שהשקעה זו גדולה מספיק על מנת להצדיק את תוכנית הסיוע, היא נמוכה מההשקעה המצופה בסיוע לפרויקטים, לפיה על כל דולר סיוע תשקיע החברה דולר. השקעה לא מלאה זו מצד החברות נובעת מכך, שלעיתים ניתן סיוע לפרויקטים שהיו מבוצעים גם ללא הסיוע, וכן מכך שחברות מאטות או סוגרות פרויקטים שלא ניתן להם סיוע ממשלתי (Lach, 2000).

בקנדה נמצא, שמחקר אוניברסיטאי מניב גידול חיובי של 1.5 מיליארד דולר ב-תמ"ג ויצירת של 13,500 משרות חדשות. מחקר אוניברסיטאי משמעותו יותר ידע חדש ושיפור בתהליכים שהופכים זמינים לחברות באמצעות חוזים, יעוץ ופרסומים. חברות משתמשות בתוצרים אלה לשפר את ייצור ההון שלהן, ליצור מוצרים, תהליכים ושירותים חדשים, שיוצרים מקומות עבודה, ייצוא ורווחים. המחקר האוניברסיטאי תורם גם לכלכלה ולרווחת החברה בבריאות, לכידות חברתית ושיפור איכות החיים (Martin & Trudeau, 1998).

12. הערכת ההשפעה של המחקר על החברה (רווחת הציבור)

מחקר הממומן על-ידי הציבור אינו מהווה יעד לכשעצמו אלא משמש בין שאר האמצעים, מכשיר להגשים מטרות למען החברה. מחקרים המבוצעים באוניברסיטאות תומכים בנושאים שמטרתם לשפר את איכות החיים כמו: הפחתת נזקי סביבה, שירותי רפואה, מחשוב, אינטרנט, תקשורת, שירותים לאזרח, נזקי סביבה, מקורות אנרגיה ומים וכדומה. מקבלי החלטות צריכים לראות את הבעיות ואת הכלים העומדים לרשותם בפרספקטיבה רחבה על מנת לקבוע סדרי עדיפויות (Lynch & Aydin, 2004).

הטכנולוגיה היא הכוח שמניע את העלייה ברמת החיים. אפשר לזהות שלושה גורמים חשובים שמשפיעים על העלייה ברמת החיים: השיפור ברמת ההשכלה של האוכלוסייה, שיפורים טכנולוגיים והצבר ההון (הגדלת מלאי ההון לייצור מעלה את התפוקה לנפש ואת רמת החיים). המפתח להעלאת רמת החיים הוא בפיתוח מוצרים חדשים ושונים ממוצרי העבר למילוי צרכי המשק (Grossman & Helpman, 1994). כשליש מהגידול הכולל בפריון במשק הישראלי ניתן להסביר בשיפורים בתעסוקה ואת שני השלישים האחרים לשיפורים טכנולוגיים (הלפמן, 2000).

קיימות דוגמאות רבות להשפעת המחקר על החברה. השימוש במחקר ביוטכנולוגי לנושאי בריאות, לקביעת איזה גנים אחראיים ליצירת מחלות, כיצד גנים אלה שולטים בתהליכים, ומה ניתן לעשות על מנת לעצור אותם. ליישומים של פריצות דרך ברפואה ובחקלאות יש פוטנציאל להאצת התפתחות האנושות. לידע ביוטכנולוגי יש את הפוטנציאל לפתח טיפול טוב יותר וחיסונים לאיידס, סרטן, מחלות לב, והפרעות במערכת העצבים. דוגמאות לכך: חוקרים באוניברסיטת קורנל בארה"ב יצרו עגבניות ובננות המכילות את החיסון כנגד Hepatitis B. שימוש ביוטכנולוגי בחקלאות בתחום של גידול צמחים, מבטיח תהליכי גידול קצרים, ויצירת עמידות מפני מזיקים

ומחלות. הטכניקות החדשות מאפשרות לבצע שינוי תכונות של צמחים שאינן תלויות במאפייני זן מסוים. ניתן להשתמש בטיפול גנטי בצמח מסוים ולהעביר אותו לקוד הגנטי של כל צמח אחר. יישומים בטכנולוגיות מידע ותקשורת מובילים בהרבה את יישומי הביוטכנולוגיה. דוגמא לכך היא התרחבות השימוש באינטרנט מ-16 מיליון משתמשים ב-1995 ליותר מ-400 מיליון בשנת 2000. רק באמריקה הלטינית התרחבות האינטרנט הינה ביותר משלושים אחוז מידי שנה.

12.1 השפעת המחקר האקדמי על התעסוקה

ניתן להעריך את התרומה של המחקר האקדמי באוניברסיטאות בשיעור התוספת לתעסוקה במספר אפיקים: הערכה מצטברת של כלל המשרות שנוצרו על-ידי העברת טכנולוגיות שמקורן באקדמיה למשק (אפשר להעריך בשווי של משרות שלמות או של מספר המועסקים). הערכת מספר המועסקים בחברות שנוסדו על בסיס פטנטים אוניברסיטאיים- מתן רישיונות לחברות גורם להעסקה של כוח אדם נוסף במו"פ תעשייתי לשם מסחור הרעיונות, כולל כוח אדם הקשור לאדמיניסטרציה של המשרדים להעברת טכנולוגיות. רמה משנית של גידול בתעסוקה- משרות שנוצרו כדי לספק לאוניברסיטה שירותים ומוצרים. ברמה זו נכללות משרות בסקטור של השירותים: מסעדות, בינוי חדש וכדומה. בשל הקושי למדוד ישירות את ההשפעה ברמה זו, יש להעריך את הגידול בתעסוקה על-ידי הכפלת מספר המשרות החדשות ברמה הראשונית. האתגר הוא לאמוד את המספר הכולל של משרות שנוצרו מכל מחקר אוניברסיטאי, שהוביל להעברת טכנולוגיה לתעשייה. אתגר נוסף הוא להפריד בין המשרות החדשות שנוצרו כתוצאה מהעברת הטכנולוגיות ובין משרות אחרות.

במחקר שנערך לבחינת ההשפעה הכלכלית שיש לאוניברסיטאות ומרכזי המחקר בפלורידה נעשה שימוש במודל Regional Economic Model Inc. - REMI, שפותח במיוחד בעבור מדינת פלורידה, על מנת לחזות, בין השאר, את הגידול בתעסוקה וגידול ברמת ההכנסה. מניתוח ההוצאות של האקדמיה ומימונה על-ידי המדינה וממקורות חיצוניים אחרים, נמצא שעל כל 17,829 דולר שהשקיעה מדינת פלורידה באקדמיה, נוצרה משרה מלאה אחת (Harrington, Lynch, Aydin, & Deokro, 2003).

Stevens (1997), סקר כחמישים מחקרים בנושא ההשפעות הכלכליות של העברת טכנולוגיות, והעריך אותן באמצעות המרה של ההטבות השונות המתקבלות כתוצאה מהעברת הטכנולוגיה, למספר מקומות העבודה החדשים שנוצרו כתוצאה מתהליך זה. התהליך של יצירת הטכנולוגיה והעברתה למוצרים, תהליכים ושירותים, כולל מספר שלבים אשר בכל אחד מהם נוצרים מקומות עבודה חדשים. סיכום של כל מקומות העבודה החדשים מאפשר לקבל אומדן להשפעה הכלכלית של תהליך זה.

טבלה 13: מדדים אפשריים להערכת השפעת המחקר על התעסוקה*

נתונים	אופן המדידה	מדדים
למ"ס	מספר האקדמאים המועסקים	תעסוקה של אקדמאים
AUTM NSF	מספר המועסקים או ממוצע המשכורות	משרות שנוצרו כתוצאה מהפעילות האקדמית: רמה ראשונית – חברות SPINOFF רמה משנית – גידול ברמת התעסוקה של סקטורי שירות ומוצרים
למ"ס		גידול ברמת ההכנסה של האוכלוסייה (משכורות)

* חלק מהנתונים נאספו ומופיעים בפרסום של ג'ן ועמיתיה (2005) במסגרת מוסד נאמן. תהליך איסוף הנתונים נמשך.

12.2 מעורבות נשים במחקר הנדסי

מעבר לתרומה הישירה למחקר הנדסי עצמו, כניסת נשים רבות יותר לתחום ההנדסה מהווה השפעה על מבנה החברה ותפקודה ולמידת ניצול הפוטנציאל של ההון האנושי במדינה. ב-1993 הוקמה באריזונה בארה"ב תוכנית WISE - Women in Applied Science and Engineering Program, על מנת לתמוך בצרכי נשים במכללות ההנדסה. מטרת התוכנית להביא נשים להירשם ולסיים בהצלחה את לימודי ההנדסה באוניברסיטה, באמצעות שיפור סביבת המכללות להנדסה והבטחת ייצוג נשים במכללות ובכוח העבודה הנדסי. הודות לקרבה במיקומן של חברות תעשייתיות לאוניברסיטת אריזונה, נוצרו קשרים מיוחדים בין תוכנית הנשים בהנדסה לתעשייה המקומית. מעורבות התעשייה בתוכניות WISE מתבטאת בתמיכה כלכלית, באינפורמציה לסטודנטים לגבי החברה ואפשרויות פיתוח הקריירה בה, ובהזדמנויות תעסוקה למהנדסות בוגרות התוכנית. נתונים ראשוניים מראים עלייה של 12 אחוז במספר הנשים הנרשמות ללימודי הנדסה, ושל 17.9 אחוז במספר הנשים המסיימות את לימודי ההנדסה, בעקבות התוכנית. התוכנית מקנה יתרונות הן לאוניברסיטאות והן לתעשייה. האוניברסיטאות זוכות למימון ומשאבים, ולסטודנטיות ניתנת אפשרות לקשרים ישירים עם התעשייה שמשקיעה בפיתוחן האקדמי. חברות רבות מבינות שגיוון בכוח העבודה שלהן מהווה חלק אינטגרלי מהפרקטיקות העסקיות התחרותיות שלהן. התעשייה הבינה שכוח עבודה מגוון מספק פתרונות טובים וייחודיים יותר לבעיות (Schumaker, 1998). על-ידי תמיכה בתוכניות הגיוון באוניברסיטאות, התעשייה מבטיחה באופן ישיר שמיעוטים ונשים יהיו זמינים לעמוד בדרישות ההנדסה בעתיד. כמו כן, מימון התוכניות משרת כאמצעי פרסום לחברות ובכך מגביר את סיכוייהן לגייס סטודנטים מצטיינים (Flecher, Anderson-Rowland, & Blaisdell, 1998).

מהשוואת שיעור הנשים המועסקות במו"פ במגזר העסקי בין ישראל לבין מדינות אחרות, ניתן לראות ששיעור הנשים שמועסקות במו"פ בשנת 1999 בישראל היה 23 אחוז מסך כל המועסקים במו"פ, לעומת 28 אחוז בדנמרק, 23 אחוז בשוודיה, 22 אחוז בפינלנד ובספרד ו-17 אחוז באיטליה (ג'ן ועמיתיה, 2005).

12.3 חקרי מקרה של השפעות המחקר על רווחת הציבור

חקרי מקרה (Case studies), מאפשרים באמצעות התמקדות במקרים ספציפיים להבין את השפעות של מוסדות, ארגונים, וגורמים טכניים על תהליך המחקר. הבעיה בחקרי מקרה הינה עלותם הגבוהה, ואי יכולת להשוות בין המקרים השונים. דו"ח ה-AUTM כולל גם סיכום של חקרי מקרה בנוגע להשפעה החברתית שיש למוצרים שפותחו על-ידי חוקרים באוניברסיטאות (AUTM, 2003). דוגמאות של מקרים שפורסמו בדו"ח בתחום הרפואה: ב-1982 University of California, San Francisco פרסמה פטנט על ריאות מלאכותיות וב-1992 שפרה את יכולת התפקוד של ראות מלאכותיות אלה המאפשרות טיפול חדש למקרים קשים של פגיעה בריאות ממנה סובלים מידי שנה כ-100,000 מבוגרים וכ-5000 עד 10,000 תינוקות. דוגמא נוספת להשפעת מחקר בתחום הרפואה הינה של חוקרים מ-Texas A&M University, שהמציאו מבחן כולסטרול המאפשר לרופאים לזהות חולים בסיכון למחלות לב. המבחן שנכנס לשימוש בתחילת 2003 מאפשר לתת טיפול מניעה שמאט את קצב התפתחות מחלות הלב. דוגמא להשפעת המחקר באוניברסיטאות על הסביבה הינה פיתוח תוכנת ה-EnergyPlus על-ידי Lawrence Berkley National laboratory מאפשר למשתמשים לחשב את ההשפעות של ציוד לחימום, קירור ואורור על מנת למצות את יעילות האנרגיה בבניין. שימוש יכול לתרום לחיסכון באנרגיה של תשעה מליון דולר בעשרים שנה ולחיסכון של מליון דולר וחצי בעלויות בנייה. בנוסף ל-24,000 המשתמשים בתוכנה על סמך רישיונות יותר משבעים אקדמיות הצטרפו כשותפות למחקר. דוגמא נוספת הינה של פיתוח טכנולוגיה הנקראת Super Ensemble Multi model forecasting בנושא דפוסי חיזוי של מזג-אוויר שנעשה על-ידי חוקרים מ-Florida State University. הקלט מתקבל משמונה עד חמש עשרה תוכנות חיזוי המכסות אזור מסוים. המודל נותן חיזוי מזג אויר מדוייק שהינו בעל חשיבות רבה מאוד.

קיימות דוגמאות רבות למהפכות ולשינויים דרמטיים באיכות החיים שהם פירות של תגליות והמצאות שנבעו ממחקר הנדסי/מדעי. במחקרים רבים התרומה לרווחת הציבור הינה לטווח ארוך ולא ניתן לראות החזר מידי להשקעה במחקר. חברות בסקטור הפרטי משקיעות במחקרים בהם ניתן לראות מייד את התשואה הפרטית על ההשקעה, בעוד שקיים קושי להשיג מימון למחקרים לטווח ארוך. מכאן, שעל האקדמיה לעודד חוקרים לערוך מחקרים שקיים בהם סיכוי לתרומה לציבור לטווח ארוך, ועל המדינה להשקיע במימון מחקרים אלה.

רשימת מקורות

- אשל, ר. (1998). **תרומת המדע לתעשייה האזרחית במדינת ישראל**. מוסד שמואל נאמן למחקר מתקדם במדע וטכנולוגיה, חיפה: הטכניון- מכון טכנולוגי לישראל.
- גץ, ד., מנסור, ה., פלד, ד. ושומאף-תחאוכו, מ. (2005). **מדדים למדע וטכנולוגיה בישראל: תשתית נתונים השוואתית**, חיפה: מוסד שמואל נאמן.
- ג'רבי, א. (2005). למי שייכים תוצרי הידע האוניברסיטאות הן שצריכות להחליט כיצד לנתב ידע לזירות המסחר, **הארץ**.
<http://www.haaretz.co.il/hasite/pages/ShArtPE.jhtml?itemNo=589418>
- הועדה לתכנון ותקצוב – **דין וחשבון לשנת תשס"ג**, (2005).
- הלפמן, א. (2000). פריון בעידן של גלובליזציה, **רבעון לכלכלה**, (2)47: 167-177.
- ויגדור, מ. (1998). מנגנונים להעברת טכנולוגיות, בתוך: אילון, י. (עורך). **מדע וטכנולוגיה בשירות הצמיחה הכלכלית: כינוס מדיניות מדע**, ירושלים: משרד המדע, 67-69.
- וידר, ע. ושפר, ד. (1993). **מרכזי ידע ומיקום תעשיות ידע בישראל – חקר אירוע: אזור רחובות – נס-ציונה בישראל**, מוסד שמואל נאמן למחקר מתקדם במדע וטכנולוגיה והמרכז לחקר העיר והאזור, הטכניון, חיפה.
- חרמוני, ע. (8 יוני, 2004). התמלוגים של האוניברסיטה העברית ומכון ויצמן ממכירת פטנטים - 100 מיליון דולר בשנה, **הארץ**.
<http://www.haaretz.com/hasite/pages/ShArtPE.jhtml?itemNo=436535>
- כהן, ד. ושלו, א. (1998). **תרומת בוגרי הטכניון לכלכלת ישראל**, חיפה: מוסד שמואל נאמן למחקר מתקדם וטכנולוגיה.
- לינק, א.נ. וסיגל, ד.ס. (2002). הערכת יעילות העברת הטכנולוגיות מן האוניברסיטאות לתעשייה: התפקיד של תמריצים מוסדיים ומסורות חקיקתיות, **רבעון לכלכלה**, (4)49: 638-657.
- קוזיאטין, א. (1998). **מיסחור פירות המחקר האוניברסיטאי בישראל וסיוע ממשלתי להגברתו**. בהזמנת המדען הראשי, משרד התעשייה והמסחר, ירושלים.
- רזין, א. (2001). תקצוב האוניברסיטאות: ריכוזיות לעומת ביזור. **רבעון לכלכלה**, 48:1, מרץ 2001, 52-61.
- שפר ד. ופרנקל, א. (2003). **ניתוח וגיבוש מדיניות להעברת טכנולוגיות מהאוניברסיטאות לתעשייה, דוח סופי**. חיפה: מוסד שמואל נאמן.
- Adams, J. (1990). Fundamental stocks of knowledge and productivity growth. **Journal of political economy**, 98(4): 673-702.
- Agrawal, A. K. (2001). University-to-industry knowledge transfer: literature review and unanswered questions, **International Journal of Management Reviews**, 3(4): 285-302.
- Agrawal, A. & Henderson, R. (2000). **Putting patents in context: Exploring knowledge transfer from MIT**. Mimeo, Massachusetts Institute of Technology.
- Allan, M.F. (2001). A Review of Best Practices in University Technology Licensing Offices, **Journal of the AUTM**, 13, 57-69.

Ariav, G. & Goodman, S.E. (1994). Israel: of swords and software plowshares. **Communications of the ACM**, 37(6), 17-21.

Arundel, A., Van de Paal, G., & Soete, L. (1995). **PACE Report: Innovation Strategies of Europe's Largest firms: Results of the PACE Survey for Information Sources, Public Research, Protection of Innovations, and Government Programmers**. Final Report, MERIT, University of Limburg, Maastricht.

Autant-Bernard, C. (2001) Science and knowledge flows: evidence from the French case. **Research Policy**, 30(7), 1069-1078.

AUTM licensing survey. (1999). FY 1998, The Association of University Technology Managers, Inc. (AUTM).

AUTM Licensing survey: FY (2003). Ashley, S. and Steven, D. (Eds.) The Association of University Technology Managers, 2004.

Bania, N., Eberts, R.W., & Fogarty, M.S. (1993). Universities and the startup of new companies: Can we generalize from route 128 and Silicon Valley? **Review of Economics and Statistics**, 75, 761-766.

BankBoston. (1997). **MIT: The impact of innovation**. Special report of the BankBoston economics department. <http://web.mit.edu/newsoffice/founders/summary.html>

Bates, M.J.A (1980). A criterion citation rate for information scientists. **Proceedings of the American Society of Information Scientists Annual Meeting**, 17: 276-278.

Bercovitz J., Feldman M., Feller I. & Burton R. (2001). Organizational Structure as a Determinant of Academic Patent and Licensing Behavior: An Exploratory Study of Duke, John Hopkins and Pennsylvania State Universities, **Journal of Technology Transfer**, 26, 21-35.

Berghoff, S. (2005). Das Hochschul Ranking: Vorgehensweise und indikatoren, Arbeitspapier Nr. 63, CHE **Hochschul Ranking**.
http://www.che.de/downloads/CHE_HochschulRanking_Methoden2005.pdf

Bilbao-ostorio, B. & Rodriguez-Pose, A. (2004). From R&D to innovation and economic growth in the EU. **Growth and Change**, 35(4), 434-455.

Bozeman, B., Dietz, J.S., & Gaughan, M. (2001). Scientific and technical human capital: An alternative model for research evaluation, **International Journal of Technology Management**, 22 (7-8), 716-740.

Brooks, H. & Randazzese, L.P. (1998). University-Industry Relations: The Next Four Years and Beyond, in Branscomb, L.M., Kodama, F. and Florida, R. (Eds.), **Industrializing Technology: University- Industry Linkages in Japan and the United States**, Cambridge, Mass.: The MIT Press.

Brunsson, N. & Jacobsson, B. (2000). **A world of standards**. Oxford: Oxford University Press.

Bush, V. (1945). **Science – The Endless Frontier: A Report to the President by Vannevar Bush, Director of the Office of Scientific Research and Development**, July 1945. United States Government Printing Office, Washington.:
<http://www1.umn.edu/scitech/assign/vb/VBush1945.html#summary>

Cambridge University (2005). **Strategy for the Department of Engineering**
<http://www.eng.cam.ac.uk/news/stories/strategy/>

Carr R.K. (1994). A Proposal for a Framework for Measuring and Evaluating Technology Transfer from the Federal Laboratories to Industry. In Kassicieh and Radosevich, **From Lab to Market**, Plenum Press, New York.

CHE Centrum für Hochschulentwicklung (2005).
<http://www.che.de/cms/?getObject=44&getName=Methodik+CHE-Ranking&getLang=de>

Cicchetti, D. (1991). The reliability of peer review for manuscript and grant

Cole, J.R. & Cole, S. (1974). Citation analysis. **Science**, 183(4120): 31-32.

Cockburn, I.M. & Henderson, R.M. (2000). Publicly funded science and the productivity of the pharmaceutical industry. **NBER Conference of Science and Public Policy**, Washington, DC.

Cohen, W.M., Florida, R., Randazzese, L., & Walsh, J. (1998). Industry and the academy: Uneasy partners in the cause of technological advance. In Noll, R.G. (Ed.), **Challenges to Research Universities**, Ch. 7. Washington, DC: Brookings Institute Press.

Cohen, W. & Levinthal, D. (1989). Innovation and learning: The two faces of R&D. **The Economic Journal**, 99: 569-596.

Cooke, P. & Morgan, K. (1993). The network paradigm: New departures in corporate and regional development. **Environment and Planning**, 11(3), 543-564.

Cooke, P. & Morgan, K. (1998). **The associational economy: Firms, regions, and innovation**. Oxford Univ. Press, Oxford.

Conceicao, P., Heitor, M.V., & Olivera, P.M. (1998). Expectations for the university in the knowledge-based economy. **Technological forecasting and Social change**, 58, 203-214.

Cornell University College of Engineering (2004). **Strategic Plan**
<http://www.engineering.cornell.edu/explore/strategic-planning/upload/StrategicPlan.pdf>

Cozzens, S., Popper, S., Bonomo, J., Koizumi, K., and Flanagan, A. (1994). **Methods for evaluating fundamental science**. RAND/CTI DRU-875/2-CTI, Washington, DC.

Craig, D.D. (2002). **Top American Research Universities: Overview**. University of Florida, The Center Reports (January 2002), <http://thecenter.ufl.edu/TARUChina.pdf> (Presented at the 3rd International Conference on Quantitative Evaluation of Research Performers. Dalian University of Technology, Dalian, China, August 6, 2001).

Cubin, D.E. & Moitra, S.D. (1975). Content analysis of references: adjunct or alternative to citation counting? **Social studies of Science**, 5(4): 423-441.

Cyert, R.M. & Goodman, P.S. (1997). Creating effective university-industry alliances: An organizational learning perspective. **Organizational Dynamics**, 25, 45-57.

Czapski, G. & Ilan, Y. (2004). **International status of Israel research: A comparative analysis using scientometric indices**. Samuel Neaman Institute.

David, P.A., Mowery, D., & Steinmuller, W.E. (1992). Analyzing the economic payoffs from basic research. **Economics of innovation and new technologies**, 2(4), 73-90.

Dietz, J.S., Chompalov, I., Boozeman, B., Lane, E.O., & Park, J. (2000). Using the Curriculum vita to study the career paths of scientists and engineers: An exploratory assessment. **Scientometrics**, 49(3), 419-442.

Dosi, G., Pavitt, K., Freeman, C., Nelson, R., & Soete, L. (1998). **Technical change and economic theory**. Cambridge University Press, Cambridge.

Edge, D. (1979). Quantitive measures of communication in science: a critical review. **History of science**, 17: 102-134.

Eisenhardt, K.M. & Martin, J. (2000). Dynamic capabilities: what are they? **Strategic Management Journal**, 21, 1105-1121.

Faulkner, W. & Senker, J. (1995). **Knowledge Frontiers: Public Sector Research and Industrial Innovation in Biotechnology, Engineering Ceramics, and Parallel Computing**. Clarendon Press, Oxford.

Feldman, M. & Florida, R. (1994). The geographic sources of innovation: technological infrastructure and product innovation in the United States. **Annals of the Association of American Geographers**, 84(2), 210-229.

Felsenstein, D. (1994). University-related science parks – 'seedbeds' or 'Enclaves' of innovation? **Technovation**, 14, 2: 93-110.

Felsenstein, D. (1996). High technology firms and metropolitan locational choice in Israel; A look at the determinants, **Geogr. Ann.** 78A(1), pp. 43-58.

Fletcher, S., Anderson-Rowland, M.R., & Blaisdell, S. (1998). **Industry involvement in the women in applied science and engineering (WISE) recruiting and retention programs**. 1998 FIE Conference.

Florida, R. & Cohen, W.M., (1999). Engine or Infrastructure? The University Role in Economic Development, in Branscomb, L.M., Kodama, F. and Florida, R. (Eds.), **Industrializing Technology: University-Industry Linkages in Japan and the United States**. Cambridge, Mass.: The MIT Press

Foss, H.H. & Borum, F. (2000). The local construction and enactment of standards for research evaluation. The case of the Copenhagen Business School. **Evaluation** 6(3).

Frederiksen, L.F., Hansson, F., & Wenneberg, S.B. (2003). The Agora and the role of research evaluation. **Evaluation**, 9(2), 149-172.

Frenkel, A. (1998). **Why High Technology Firms Choose to Locate in or Near Metropolitan Areas**. Paper presented at The XII AESOP Congress Aveiro, Portugal.

Garfield, E. (1979). **Citation Indexing – Its theory and application in science, technology and humanities**. Philadelphia, PA.: ISI Press.

Garfield, E. (1986). Do Nobel prize winners write citation classics, **Current contents**, 23, 182.

Garfield, E. (1991). Nobel prize winners were all citation superstars. **Current contents**, 5, 3-9.

Gami, A.S., Montori, V.M., Wilczynski, N.L. & Haynes, R.B. (2004). Author self citation in the diabetes literature. **Canadian Medical Association Journal**, 170(13), p.1925.

Gaughan, M. & Robin, S. (2004). National science training policy and early scientific careers in France and the United States, **Research Policy**, 33(4), 569-581.

Georghiou, L. & Roessner, D. (2000). Evaluating technology programs: tools and methods. **Research Policy**, 29(4-5): 657-678.

Getz, D. & Kahane, B. (2002). **How Users Build the Innovation Partnership they Need**. Neaman Institute for Advanced Studies in Science and Technology, at the Technion, Israel Institute of Technology.

Geuna, A. & Martin, B.R. (2001). **University research evaluation and funding: An international comparison**. SPRU, Science and Technology Policy Research.

Gibbons, M. (1999). Science's new social contract with society. **Nature**, 402, C81 - C84.

Gibbons, M., & Georghiou, L. (1987). **Evaluation of Research – A selection of Current Practices**. OECD, Paris.

Godin, B. & Dore, C. (2003). **Measuring the impacts of science: Beyond the economic dimension**. http://www.csiic.ca/PDF/Godin_Dore_Impacts.pdf

Goldberger, M.L., Maher, B.A., & Flattau, P.E. (Eds.) (1995). **Research-Doctorate Programs in the United States Continuity and Change**, Washington, D.C.: National Research Council National Academy of Sciences. <http://books.nap.edu/html/researchdoc/>

Government Performance and Results Act of 1993 (Public Law 103-62).

Grilliches, Z. (1979). Issues in Assessing the Contribution of Research and Development to Productivity Growth. **The Bell Journal of Economics**, 10(1), 92-116.

Grilliches, Z. (1995). R&D and productivity. In: Stoneman, P. (Ed.), **Handbook of Industrial Innovation**. Blackwell, London, 52-89.

Guellec, D. & Van Pottelsberghe (2000). The impact of public R&D expenditure on business R&D. **OECD Directorate for Science, Technology and Industry (STI) Working Papers, 2000**. Paris, 1-26.

Guston, D.H., Woodhouse, E.J. and Sarewitz, D. (spring 2001) A Science and Technology Policy Focus for the Bush Administration. **Issues in Science and Technology** online <http://www.issues.org/issues/17.3>.

Guston, D.H., Woodhouse, E.J., & Sarewitz, D. (2002). **A Science and technology policy focuses for the Bush administration**. Issues online. www.issues.org/issues/17.3/p_guston.htm

Hanson, F. (2002). **Best practice in research evaluation? How to evaluate and select new scientific knowledge by introducing the social dimension in the evaluation of research quality.** To be presented at the European Evaluation Society 2002 Conference, Seville, Spain.

Harrington, J, Lynch, T., Aydin, N., & Deokro, L. (2003) The Economic Impact of Academic Centers and Institutes on State-Level GRP. **The Empirical Economics Letters**, 2(6), 229-245. http://www.cefa.fsu.edu/empirical_paper.doc

Helpman, E. & Grossman, G.M. (1993). **Innovation and growth in the global economy**, Cambridge, MA: MIT Press.

HERO – **Higher Education and Research Opportunities in the United Kingdom.** RAE 2001 Results. 2001 Research Assessment Exercise.

Hicks, D. (1995). Published papers, tacit competencies and corporate management of the public/private character of knowledge. **Industrial and Corporate Change**, 4, 401-424.

Hicks, D.M., Isard, P.A., & Martin, B.R. (1996). Morphology of Japanese and European corporate research networks. **Research policy**, 25, 359-378.

Hicks, D. & Katz, J.S. (1997). **The British Industrial Research System.** SPRU Working Paper, University of Sussex, Brighton.

Hicks, D. & Olivastro, D. (1998). Are there strong in state links between technology and scientific research. **Issue Brief, Division of Science Resources Studies, CHI Research**, Cherry Hill.

Hughes, R.M. (1925). **A study of the graduate schools of America.** Oxford, OH: Miami University Press.

Inhaber, H. & Prezednowek, K. (1976). Quality of research and the Nobel prizes. **Social Studies of Science**, 6, 33-50.

Institute of Higher Education, Shanghai Jiao Tong University (2005), **Academic Ranking of World Universities – 2005** http://ed.sjtu.edu.cn/rank/2005/ARWU2005_Top100.htm

Irvine, J. & Martin, B.R. (1985). Basic research in the east and west: A comparison of the scientific performance of high-energy physics accelerators. **Social Studies of science**. 15(2): 293-341.

Jacob, M., Lundqvist, M., & Hellsmark, H. (2002). Entrepreneurial transformations in the Swedish university system: The case of Chalmers University of technology. **Research Policy**, 32, 1555-1568.

Jaffe, A. (1989). Real effects of academic research. **American Economic Review**, 79(5), 957-970.

Jaffe, A.B. (1997). The importance of "spillovers" in the policy mission of the advanced technology program. **Journal of Technology Transfer**, 23(2), 11-19.

Jaffe, A.B., Trajtenberg, M. & Henderson, R. (1993). Geographic Localization of Knowledge Spillovers as Evidenced by Patent Citations. **Quarterly Journal of Economics**, 108(3):577-598.

Jamison, D.W. & Jansen, C. (2000). Technology Transfer and Economic Growth. **The Journal of the Association of University Technology Managers**, 12(1): 23-46.

Kahane, B. & Getz, D. (2003). **Users Involvement in R&D Consortia: Israel as a Showcase**. Shmuel Neaman Institute for Advanced Studies in Science and Technology, Technion-Israel Institute of Technology.

Katz, J.S. (1994). Geographical proximity and scientific collaboration. **Scientometrics**, 31(1), 31-43.

Kostoff, R.N. (1997). Peer review: The appropriate GPRA metric for research. **Science**, 277, Issue 5326, 651-652.

Lach, S. (2000). **Do R&D Subsidies stimulate or displace private R&D? Evidence from Israel**. **Science**, Technology and the Economy Program (STE), working papers series. Shmuel Neaman Institute for advanced studies in science and technology.

Laursen, K. & Salter, A. (2004). Searching high and low: what types of firms use universities as a source of innovation? **Research Policy**.

Lindsey, D. (1982). Future evidence for adjusting for multiple authorship. **Scientometrics**, 4(5): 389-395.

Liu, N.C. & LiLiu, Y.C. (2005). Academic ranking of world universities using a scientometric – A comment to the "Fatal attraction". **Scientometrics**, 64(1), 101-109.

Lombardi, J.V., Capaldi, E.D., Reeves, K.R., & Gater, D.S. (2004). **The Top American Research Universities: An Annual Report from the Lombardi Program on Measuring University Performance**. The Center, University of Florida, December 2004. <http://thecenter.ufl.edu/research2004.pdf>

Los, B. & Verspagen, B. (1996). **R&D Spillovers and productivity: Evidence from US manufacturing microdata**. Paper presented at the 6th conference of the Joseph A. Schumpeter Society, 2-5 June. Stockholm, Sweden.

Lowe, R.A. & Quick, S.K. (2004). Measuring the Impact of university technology transfer: A guide to methodologies, data needs, and sources. **The Journal of the Association of University Technology Managers**, 16(1):43-59.

Lundvall, B.A. (1988). Innovation as an interactive process: from user-producer interaction to the national system of innovation. In: Dosi, G. (Ed.), **Technical change and Economic Theory**. Frances Pinter, London, pp. 349-369.

Lynch, T. & Aydin, N. (2004). **Literature review of the economic and social impact of higher education research funding**. Leadership board for applied research and public service, Florida State University.

MacRoberts, M.H. & MacRoberts, B.R. (1989). Problems of Citation Analysis: A Critical Review. **Journal of the American Society for Information Science**, 40(5), 342-349.

Malpas, C.B.E, FREng, R., & Watson, S.J.J. (1991). **Technology and Wealth Creation**, The Fellowship of Engineering, London.

- Mansfield, E. (1991). Academic research and industrial innovation. **Research Policy**, 20, 1-12.
- Mansfield, E. (1998). Academic research and industrial innovation: an update of empirical findings. **Research Policy**, 26, 773-776.
- Mansfield, E. & Lee, J.Y. (1996). The modern university: contributor to industrial innovation and recipient of industrial R&D support. **Research Policy**, 25, 1047-1058.
- March, J.G. (1991). Exploration and exploitation in organization learning. **Organization Science**, 2, 71-87.
- Martin F. & Trudeau, M. (1998). The Economic Impact of Canadian University Research, **Research policy**, 27, 677-687.
- Massey, D., Quintas, P., & Wield, D. (1992). **High Tech Fantasies: Science Parks in Society, Science and Space**, Routledge, London.
- McMillan, G.S. & Hamilton, R.D. (2003). The impact of publicly funded basic research: An integrative extension of Martin and Salter. **IEEE Transactions on Engineering Management**, 50(2).
- Meredith, M. (2004). Why do universities compete in the ratings game? An empirical analysis of the effects of the US News and World Report college rankings. **Research in higher education**, 45(5): 443-461.
- Mervis, J. (2000). Graduate educators struggle to grade themselves. **Science**, 287(5453): 568.
- Meseri, O. & Maital, S. (2001). A Survey Analysis of University-Technology Transfer in Israel: Evaluation of Projects and Determinants of Success. **Journal of Technology Transfer**, 26, 115-126.
- Morag, N. (2000). **University-Industry cooperation: Policies at seven major American universities**. Shmuel Neaman Institute for Advanced Studies in Science and Technology. Technion-Israel Institute of Technology.
- Moravcsik, M.J. & Murugesan, P. (1975). Some results of the function and quality of citations. **Social Studies of Science**, 5(1): 86-92.
- Morillo, F., Bordons, M, & Gomez, I. (2003). Interdisciplinary in science: A tentative typology of disciplines and research areas. **Journal of the American Society for Information Science and Technology**, 54(13), p.1237.
- Mowery, D.C., Nelson, R.R., & Sampat, B. (1999). The Effects of the Bayh-Dole Act on U. S. University Research and Technology Transfer. In Branscomb, L.M., Kodama, F. and Florida, R. (Eds.), **Industrializing Knowledge: University-Industry Linkages in Japan and the United States**, MIT Press, Cambridge, MA.
- Muir, A.E. (1993). Technology Transfer Office Performance Index", **the Journal of the Association of University Technology Managers**, 5, 61-74

Murugesan, P. & Moravcsik, M.J. (1978). Variation of the nature of citation measures with journal and scientific specialties. **Journal of the American Society for Information Science**, 29(3): 141-147.

NAE - National Academy of Engineering of the National Academies (2005). **Assessing the Capacity of the U.S. Engineering Research Enterprise**, Preliminary Report for Public Review.

Narin, F. (1976). **Evaluation Bibliometrics: The use of publication and citation analysis in the evaluation of scientific activity**. Cherry Hill, NJ: Computer Horizons, Inc.

Narin, F., Hamilton, K., & Olivastro, D. (1997). The linkages between US technology and public science. **Research Policy**, 26, 317-330.

National Academy of Sciences. Evaluating Federal Research Programs: Research and the government performance and results act. Courtesy of the National Academy Press, Washington DC.

National Science Foundation. (1996). Chapter 4: Research and Development: Financial Resources and Institutional Linkages. National Trends in Research and Development Expenditures, Definitions: http://www.nsf.gov/statistics/seind96/ch4_defn.htm

Neice, D. (2000). **Conspicuous Contributions**, SPRU Doctoral Thesis, University of Sussex, in preparation.

Nelson, R.R. (1987). **Understanding technical change as an evolutionary process**. North Holland, Amsterdam.

Nowotny, H., Scott, P., & Gibbons, M. (2001). **Rethinking science: knowledge and the public in an age of uncertainty**. Oxford: Oxford Polity Press.

NSF, **Science and Engineering Indicators 2004**.

<http://www.nsf.gov/sbe/srs/seind04/figures.htm>

Okubo, Y. (1997). **Bibliometric Indicators and Analysis of Research Systems: Methods and Examples**. OECD, STI Working Papers 1997/1 (OCDE/GD(97)41) 05 May 1997.

Ostriker, J.P. & Kuh C.V. (Eds.). (2003). **Assessing Research-Doctorate Programs: A Methodology Study**. Committee to Examine the Methodology for the Assessment of Research-Doctorate Programs, National Research Council, The National Academy Press: Washington D.C.

Parker, D.D. & Zilberman, D. (1993). University Technology Transfers: Impacts on Local and US Economies. **Contemporary Policy Issues** XI: 87-99.

Persson, O., Luukkonen, & T, Hälikkä, S. (2000). **A Bibliometric Study of Finnish Science**. Working Paper No. 48/00. Technical Research Centre of Finland.

Peritz, B.C. (1983). Are methodological papers more cited than theoretical or empirical ones? **Scientometrics**. 5(4): 211-218.

Pressman, L. & Kaiser, D. (2000). Measuring Product Development Outcomes of Patent Licensing at M.I.T. <http://web.mit.edu/tlo/www/presentations.html>

Pressman, L., Guterman, S.K., Abrams, I., Geist, D.E., & Nelsen, L.L. (1995). Pre-Production Investment and Jobs Induced by MIT Exclusive Patent Licenses: A Preliminary Model to Measure the Economic Impact of University Licensing, **Journal of the Association of University Technology Managers**, Vol. 7, Pp. 49-82.

Price, D. (1984). The science/technology relationship, the craft of experimental science and policy for the improvement of high technology innovation. **Research Policy**, 13(1), 3-20.

RAE2008 Research assessment exercise, **Guidance to panels**. (2005). Higher Education Funding Council of England, Scottish Higher Education Funding Council, Higher Education Funding Council for Wales, Department for Employment and Learning Northern England.

Rinia, E.J., Van Leeuwen, T.N., Van Vuren, H.G., A.F.J., & Van Raan, A.F.J. (1998). Comparative analysis of a set of bibliometric indicators and central peer review criteria. Evaluation of condensed matter physics in the Netherlands. **Research policy**, 27: 95-107.

Rip, A. (2000). Social Challenges for R&D evaluation. In P. Shapira and S. Kuhkmann (Eds.). **Learning from Science and Technology Policy Evaluation**. Proceedings from the 2000 US-EU workshop of learning from science and technology policy evaluation. Bad Herrenalb, Germany.

Roessner, D. (2002) Outcome measurement in the USA: State of the art. **Research Evaluation**, 11(2): 85-93.

Rogers, E.M., Yin, J., & Hoffmann, J. (2000). Assessing the Effectiveness of Technology Transfer Offices at U.S. Research Universities. **The Journal of the Association of University Technology Managers**, 12, 47-80.

Rosenberg, N. (2000). **America's university/industry interface**, mimeograph, Stanford University.

Ruegg, R. & Feller, I. (2003). **A Toolkit for evaluating public R&D investment – models, methods and findings from ATP's first decade**. Prepared for economic assessment office advanced technology program. USA: Department of Commerce.

Salter, A.J. & Martin B.R. (2001). *The Economic Benefits of Publicly Funded Basic Research: A Critical review*, **Research Policy**, 30(3): 509-532.

Saxenian, A. (1985). Silicon Valley and Route 128: Regional Prototype or historical exceptions? In Castells, M. (Ed.). **High Technology, Space and Society**, Beverly Hills, Calif: Sage Publications, 81-115.

Schumaker, L.E. (1998). **Women in engineering program advocates network (WEPAN)** conference, Seattle, Washington.

Scott, A, Steyn, G., Geuna, A., Brusoni, S. & Steinmueller, E. (2001). **The Economic Returns to Basic Research and the Benefits of University-Industry Relationships: a literature review and update of findings for the Office of Science and Technology**, Brighton: SPRU - Science and Technology Policy Research.
http://www.sussex.ac.uk/spru/documents/review_for_ost_final.pdf

Shapira, P. & Kuhlmann, S. (Eds.) (2003). Learning from Science and Technology policy evaluation. Experiences from the United States and Europe. UK: Edward Elgar Publishing Inc.

Siegel, D., Waldman D., & Link A. (1999). **Assessing the Impact of Organizational Practices on the Productivity of University Technology Transfer Offices: An Exploratory Study.** Working Paper 7256, NBET Working Paper Series. Cambridge, Mass.: National Bureau of Economic Research.

Stanford School of Engineering (2006). **Strategic Initiatives: The future has no walls.**
<http://soe.stanford.edu/initiatives/index.html>

Stevens, A.J. (1997). **Assessing the economic impact of technology transfer activities-the state of the art.** Unpublished.

Stokes, D.E. (1997). **Pasteur's Quadrant: Basic Science and Technological Innovation.** Washington, D.C.: The Brookings Institution Press.

Storper, M. (1997). **The regional world: Territorial development in a global economy.** Guilford Press, New-York.

Stuart, D.L. (1995). Reputational Rankings: Background and development. In: Walleri, R.D., & Moss, M.K. (eds.), **New Directions for Institutional Research No. 88: Evaluating and Responding to College Guidebooks and Rankings**, Jossey-Bass, San Francisco, 13-20.

Taglicozzo, R. (1997). Self-citation in scientific literature. **Journal of documentation**, 33(4), 251-265.

Tassej, G. (2005). The disaggregated technology production function: A new model of university and corporate research. **Research Policy**, 34(3), 287-303.

The Royal Academy of Engineering. (2000). **Measuring Excellence in Engineering Research.**
http://www.raeng.org.uk/news/publications/list/reports/Measuring_Excellence.pdf

The Royal Academy of Engineering. (2000). **Measuring Excellence in Engineering Research.**
http://www.raeng.org.uk/news/publications/list/reports/Measuring_Excellence.pdf

The Times Higher Education Supplement, (2004). **World University Rankings**, 2004.
<http://www.thes.co.uk/worldrankings/>

Thompson Scientific. (2005). **Engineering, Computing & Technology Subject Categories:**
<http://www.isinet.com/cgi-bin/jrnlst/jlsubcatg.cgi?PC=T>

Thomson Science Citation Index. (2005).
<http://scientific.thomson.com/products/sci/>

Thursby, J.G. & Thursby, M.C. (2000), **who is Selling the Ivory Tower?**, Sources in Growth in University Licensing.

Trajtenberg, M. (1999). **Economic analysis of product innovation: The case of CT scanners.** Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

Trune, D.R. (1996). Comparative measures of university licensing activities. **The Journal of the Association of University Technology Managers**, 8: 63-106.

Trune, D.R. & Goslin, L.N. (1998). University Technology Transfer Programs: A Profit/Loss Analysis. **Technological Forecasting and Social Change**, 57(3):197-204.

Tijssen, R.J.W., Visser, M.S., & Leeuwen, N.V. (2002). Benchmarking international scientific excellence: Are highly cited research papers an appropriate frame for reference? **Scientometrics**, 54(3), 381-397.

Tsay, M.Y and Yung, Y.H. (2005). Bibliometric analysis of the literature of the randomized control trails. **Journal of the Medical Library Association**, 93(4), p.450.

Trune, D.R. & Goslin, L.N. (1998). University Technology Transfer Programs: A Profit/Loss Analysis. **Technological Forecasting and Social Changes**, 57, 197-204.

Toutkoushian, R.K., Halil D. & William E.B. (1998). The National Research Council Graduate Program Ratings: What Are They Measuring? **The Review of Higher Education**, 21:427-443.

Van Raan, A.F.G. (2005). Fatal Attraction: Ranking of Universities by Bibliometric Methods, **Scientometrics**, 62(1), 133.

Vinkler, P. (2001). An Attempt for Defining Some Basic Categories of Scientometrics and Classifying the Indicators of Evaluative Scientometrics. **Scientometrics**, 50(3), 539-544.

Wat-son, R. & Myers, M.D. (2001). IT Industry Success in Small Countries: The Cases of Finland and New Zealand. **Journal of Global Information Management**, 9(2), 4-14.

Webster, D.S. (1992). Reputational rankings of colleges, universities, and individual disciplines and fields of study, from their beginnings to the present. In: Smart, J.C. (Ed.), **Higher Education: Handbook of theory and research** (Vol. 8), Agathon Press, New-York, 234-304.

Weinstock, N. (1971). Citation indexes, In: Kent, A. (Ed.) **Encyclopedia of Library and Information Science**, New-York: Marcel Dekker, Vol 5, 16-41.

White, H.D., Wellman, B., & Nazer, N. (2004). **Journal of the American Society for Information Sciences and Technology**, 55(2), 111-126.

Wissenschaftliche Kommission Niedersachsen (2000). **Forschungsevaluation an niedersächsischen Hochschulen und Forschungseinrichtungen. Grundzüge des Verfahrens**, Hannover.

Wolfe, D., (1996). The emergence of the region state in: Courchene, T.J. (Ed.), **The nation state in a global/information area: Policy challenges**, John Deutsch institute for the study of economic policy, Queen University, Kingston, Ontario, 205-240

Zucker, L. & Derby, M. (1997). **Academic scientist-entrepreneurs and commercial success in biotechnology**. Presented at the Future of Biomedical Research in the United States, sponsored by the American Enterprise Institute, The Brookings Institution, and the Federation of American Societies for Experimental Biology.

ד"ר דפנה גץ, עמיתת מחקר בכירה במוסד שמואל נאמן.

D.Sc. בכימיה פיסיקלית בטכניון.

נושאי המחקר במוסד נאמן: הערכת מו"פ, ניהול מו"פ, מדיניות מו"פ, קידום טכנולוגיות חדשות,

קשר בין אקדמיה, תעשייה וממשלה.

daphne@technion.ac.il



ורד סגל, עוזרת מחקר במוסד שמואל נאמן.

M.Sc. במדעי ההתנהגות והניהול, מהפקולטה להנדסת תעשייה וניהול בטכניון.

נושאי המחקר במוסד נאמן: הערכת פרויקט לימודים לתעסוקה לעולים, הערכת ההשפעה של

תעשיית החלל על כלכלת ישראל.

vered@sni.technion.ac.il



אורלי נתן-שץ, מידענית במוסד שמואל נאמן.

MLS במידענות וספרנות מאוני' חיפה. משתלמת לתואר שני בלימודי מידע באוני' בר-אילן.

תחומי העיסוק במוסד נאמן: מרכזי מידע של מאגדי מגנט, מידע על מחקר ופיתוח,

מרכז המידע של תכנית STE.

shats@technion.ac.il



אורית ברל, לשעבר מידענית במוסד שמואל נאמן.

MLS במידענות וספרנות מאוני' חיפה.

תחומי העיסוק במוסד נאמן: מרכזי מידע של מאגדי מגנט, מידע על מחקר ופיתוח.



ISBN 965-90911-3-3



9789659091133

הטכניון - מכון טכנולוגי לישראל

מוסד שמואל נאמן למחקר מתקדם במדע וטכנולוגיה

טל. 04-8292329, פקס. 04-8231889

קרית הטכניון, חיפה 32000

www.neaman.org.il