



השכלה גבוהה

פרסומים מדעיים

גיבוש מדיניות לאומית כוללת
בפיתוח וקידום המחקר המדעי
במדינת ישראל

ד"ר דפנה גץ
ד"ר נועה לביד
אלה ברזני

חברה

חינוך

כלכלה

מדע
וטכנולוגיה

סביבה
ואנרגיה

תיכנון
ארוך טווח

תעשייה
וחדשנות

תשתיות
פיזיות

בריאות

הון
אנושי

אודות מוסד שמואל נאמן

מוסד שמואל נאמן הוקם בטכניון בשנת 1978 ביוזמת מר שמואל (ס) נאמן והוא פועל להטמעת חזונו לקידומה המדעי-טכנולוגי, כלכלי וחברתי של מדינת ישראל.

מוסד שמואל נאמן הוא מכון מחקר המתמקד בהתווית מדיניות לאומית בנושאי מדע וטכנולוגיה, תעשייה, חינוך והשכלה גבוהה, תשתיות פיסיות, סביבה ואנרגיה ובנושאים נוספים בעלי חשיבות לחוסנה הלאומי של ישראל בהם המוסד תורם תרומה ייחודית. במוסד מבוצעים מחקרי מדיניות וסקירות, שמסקנותיהם והמלצותיהם משמשים את מקבלי ההחלטות במשק על רבדיו השונים. מחקרי המדיניות נעשים בידי צוותים נבחרים מהאקדמיה, מהטכניון ומוסדות אחרים ומהתעשייה. לצוותים נבחרים האנשים המתאימים, בעלי כישורים והישגים מוכרים במקצועם. במקרים רבים העבודה נעשית תוך שיתוף פעולה עם משרדים ממשלתיים ובמקרים אחרים היוזמה באה ממוסד שמואל נאמן וללא שיתוף ישיר של משרד ממשלתי. בנושאי התוויית מדיניות לאומית שעניינה מדע, טכנולוגיה והשכלה גבוהה נחשב מוסד שמואל נאמן כמוסד למחקרי מדיניות המוביל בישראל.

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

יו"ר מוסד שמואל נאמן הוא פרופ' זאב תדמור וכמנכ"ל מכהן פרופ' משה סידי.



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

טלפון: 04-8292329, פקס: 04-8231889

כתובת דוא"ל: info@neaman.org.il

כתובת אתר האינטרנט: www.neaman.org.il



מוגש למשרד המדע



גיבוש מדיניות לאומית כוללת
בפיתוח וקידום המחקר המדעי במדינת ישראל

פרסומים מדעיים

דו"ח מסכם



חוקרות:

ד"ר דפנה גץ

ד"ר נועה לביד

אלה ברזני

דצמבר, 2017

המחקר נערך במימון ובהנחיית המועצה הלאומית למחקר ופיתוח אזרחי (המולמו"פ) במשרד המדע והטכנולוגיה. אנו מודים לד"ר גורי זליכה, יועץ המולמו"פ, על הערותיו הטובות והבונות בשלב דו"ח הביניים ובשלב הטייטה הסופית שסייעו לשפר עבודה זאת.

אין לשכפל כל חלק מפרסום זה ללא רשות מראש ובכתב ממשרד המדע והטכנולוגיה ו/או ממוסד שמואל נאמן מלבד לצורך ציטוט של קטעים קצרים במאמרי סקירה ופרסומים דומים תוך ציון מפורש של המקור. הדעות והמסקנות המובאות בפרסום זה הן על דעת המחבר/ים ואינן משקפות בהכרח את דעת מוסד שמואל נאמן.

תוכן עניינים

3.....	רשימת איורים
5.....	רשימת טבלאות
6.....	תקציר מנהלים
9.....	הקדמה
10.....	1. פרסומי ישראל במבט כללי
19.....	2. שטחים ראשיים
28.....	3. ניתוח הפעילות המדעית בשטח מדעי המוח
45.....	4. הקשר בין מספר החוקרים לממוצע הציטוטים
60.....	5. השוואת ישראל למדינות נבחרות במדדים שונים
70.....	נספח א': ביאור מושגים
72.....	נספח ב': מתודולוגיות

- איור 1: מספר הפרסומים הישראליים בהשוואה לפרסומי העולם וה-OECD
- איור 2: חלקם של פרסומי ישראל בפרסומי העולם וה-OECD
- איור 3: מיקום ישראל בדירוג המדינות לפי מספר הפרסומים
- איור 4: ישראל - השינוי במספר הפרסומים למיליון נפש
- איור 5: דירוג המדינות לפי מספר פרסומים למיליון נפש – 2012-2016
- איור 7: ממוצע ציטוטים מנורמל (FWCI) – ישראל בהשוואה למדינות נבחרות (1996-2016)
- איור 8: התפלגות הפרסומים הישראליים לפי שטחים – השוואה בין 2 תקופות
- איור 9: התפלגות הפרסומים לפי שטחים – ישראל בהשוואה לעולם, 2012-2016
- איור 10: מספר הפרסומים בקטגוריית מדעי המוח ושיעורם מפרסומי העולם
- איור 11: מספר הפרסומים בקטגוריית מדעי המוח – ישראל בהשוואה למדינות נבחרות
- איור 12: דירוג המדינות לפי מספר הפרסומים בקטגוריית מדעי המוח – 2012-2016
- איור 13: התפלגות החוקרים במדעי המוח לפי מוסדות
- איור 14: מפת הקשרים בתחום מדעי המוח בין האוניברסיטאות לשאר המוסדות
- איור 15: התפלגות התזות בתחום מדעי המוח לפי שנים
- איור 16: התפלגות התזות בתחום מדעי המוח לפי אוניברסיטאות
- איור 17: התפלגות המאמרים הישראליים בתחום מדעי המוח לפי מספר המחברים
- איור 18: מפת שיתופי הפעולה של חוקרים ישראלים בתחום מדעי המוח - 2015
- איור 19: מדעי המוח – השוואת מדינות נבחרות לפי שטח בינלאומי, 2012-2016
- איור 20: התפלגות הפטנטים בתחום מדעי המוח
- איור 21: התפלגות הפטנטים בתחום מדעי המוח לפי אוניברסיטאות וחברות, 1996-2016
- איור 22: השוואת מדדי ציטוטים של מדינות נבחרות¹⁵ בקטגוריית מדעי המוח – 2012-2016
- איור 23: מדעי המוח – השוואת מדינות נבחרות¹⁵ לפי Outputs in Top 1% citation percentile
- 2012-2016
- איור 24: מדעי המוח - השוואת מדינות נבחרות¹⁵ לפי Publications in Top 1% Journal
- 2012-2016 – Percentiles
- איור 25: מספר הפרסומים הישראליים בקטגוריית מדעי המוח שפורסמו ב-15 כתבי העת המובילים עפ"י SJR 2016
- איור 26: התפלגות הפרסומים הישראלי לפי נושאים, 2013
- איור 27: Medicine
- איור 28: Biochemistry, Genetics and Molecular Biology
- איור 29: Physics and Astronomy
- איור 30: Computer Science
- איור 31: Engineering

48.....	איור 32: Social Sciences
48.....	איור 33: Mathematics
49.....	איור 34: Agricultural and Biological Sciences
49.....	איור 35: Arts and Humanities
49.....	איור 36: Materials Science
49.....	איור 37: Chemistry
50.....	איור 38: Psychology
50.....	איור 39: Neuroscience
50.....	איור 40: Earth and Planetary Sciences
51.....	איור 41: Immunology and Microbiology
51.....	איור 42: Environmental Science
51.....	איור 43: Chemical Engineering
52.....	איור 44: Business, Management and Accounting
52.....	איור 45: Pharmacology, Toxicology and Pharmaceutics
52.....	איור 46: Economics, Econometrics and Finance
52.....	איור 47: Decision Sciences
53.....	איור 48: Nursing
53.....	איור 49: Energy
53.....	איור 50: Health Professions
54.....	איור 51: Dentistry
54.....	איור 52: Veterinary
63.....	איור 53: השוואה בין מספר האוניברסיטאות הנכללות בדירוג שנחאי
1996-2015	איור 54: התפלגות ההוצאה הלאומית למו"פ אזרחי בישראל לפי מגזר מבצע (באחוזים), 1996-2015
64.....	
64.....	איור 55: שיעורי ההוצאה הלאומית למו"פ אזרחי לפי מגזר מבצע – ישראל בהשוואה למדינות נבחרות, 2014
65.....	איור 56: המימון הממשלתי למו"פ כאחוז מהתמ"ג מול חלקה של הממשלה במימון ההוצאה למו"פ ³⁰ – ישראל בהשוואה למדינות נבחרות, 2015
66.....	איור 57: ההוצאה למו"פ בביצוע ההשכלה הגבוהה לפי מקורות מימון ²⁹ – ישראל בהשוואה למדינות נבחרות, 2013
66.....	איור 58: מו"פ בביצוע ההשכלה הגבוהה כאחוז מהתמ"ג - ישראל בהשוואה למדינות נבחרות ³⁰ , 2000-2013
67.....	איור 59: פרסומים למיליון נפש כנגד תמ"ג לנפש בישראל
68.....	איור 60: פרסומים למיליון נפש – ישראל בהשוואה למדינות נבחרות
68.....	איור 61: משרות מחקר בהשכלה הגבוהה למיליון נפש – 2015

רשימת טבלאות

- טבלה 1: דירוג 40 המדינות המובילות במספר הפרסומים בשנים נבחרות..... 12
- טבלה 2: השוואה בין נתוני הפרסומים הישראלים במאגר Scopus לעומת WoS..... 13
- טבלה 3: מדדי השפעה מדעית ושת"פ של ישראל והמדינה המובילה בדירוג העולמי בשתי תקופות:
2002-2006; 2012-2016..... 16
- טבלה 4: תיאור דירוג השטחים בישראל לפי שיעור הפרסומים מכלל פרסומי העולם בשטח – השוואה
בין שתי תקופות..... 22
- טבלה 5: המדינות המובילות במספר הפרסומים לנפש לפי שטח, 2012-2016..... 23
- טבלה 6: מדדי השפעה מדעית של ישראל והמדינה המובילה במדד 2012-2016 – חלק א'..... 25
- טבלה 7: מדדי השפעה מדעית של ישראל והמדינה המובילה במדד 2012-2016 – חלק ב'..... 26
- טבלה 8: השפעת שיתוף פעולה בינלאומי על ממוצע ציטטות לפרסום, 2012-2016..... 55
- טבלה 9: חלקם של פרסומים רבי מחברים ובשת"פ בינלאומי מכלל הפרסומים ומכלל הציטטות..... 56
- טבלה 10: ישראל בהשוואה למדינות נבחרות – 2012-2016..... 61

תקציר מנהלים

דו"ח זה מציג את תפוקות המחקר והפיתוח בישראל בהשוואה בינלאומית, כפי שהן באות לידי ביטוי בפרסומים מדעיים. פרסומים מדעיים מהווים תפוקה מרכזית של מחקר ופיתוח, במיוחד באקדמיות, ולפיכך ניתוחם משקף את הפעילות המדעית ומשמש כלי מרכזי בהערכת המחקר בדירוגים עולמיים שונים (מדד שנחאי, מדד ליידין, מדד טיימס) ובהחלטות השונות של פרטים, מוסדות ומדינות. בישראל, מדדי פרסומים מהווים כשליש ממרכיב המחקר במודל התקצוב של ות"ת לאקדמיות (יש לציין שכיום ות"ת מתבססת על מאגר מידע בלעדי ועל נתוני הציטוט של כתבי העת ולא של הפרסומים עצמם).

הדו"ח נערך תוך שימוש בכלים ביבליומטריים ונתוני מאגר המידע SciVal מבית Elsevier. הערכת תפוקות המחקר נעשתה מבחינה כמותית (מספר הפרסומים), מבחינת התפלגות הפרסומים לפי שטחי המדע במדינה (שיעור הפרסומים בשטח מדעי מכלל פרסומי המדע במדינה) ומבחינת ההשפעה המדעית (המשתקפת במספר הציטוטים ומדדים נוספים), כל זאת בהשוואה בינלאומית ולאורך זמן.

הניתוח נערך בשתי רמות: כלל הפרסומים הישראליים (פרק 1); שטחי מחקר ראשיים לפי הסיוג של מאגר המידע של SciVal - הכולל 26 שטחי מחקר ראשיים (פרק 2).

בנוסף, נערך דיון מפורט בשטח מדעי המוח (פרק 3); בחינה של השפעת מספר המחברים על מספר הציטוטים של פרסום (פרק 4); והשוואה בין ישראל למדינות נבחרות במדדים שונים (פרק 5).

פרסומי ישראל כמבט כללי

בחינה של כלל פרסומי ישראל בשנים 2000-2016 מצביעה על גידול מתון במרבית השנים, והמשך מגמת הקיפאון בשנים האחרונות הן במספר המוחלט והן במספר היחסי של פרסומים לנפש (מגמה עליה הצבענו בפרסומים קודמים - דוח פרסומים קודם).

בהשוואה בינלאומית, דירוגה של ישראל ממשיך במגמת ירידה במדדי פריון שונים: מספר הפרסומים, מספר הפרסומים לנפש, חלקה בפרסומי העולם ומדינות ה-OECD. ירידה זו נובעת הן מגורמים פנימיים של ישראל (שיעור צמיחה אקדמי נמוך המוביל למעשה לקיפאון במספר הפרסומים ובמיוחד במספר הפרסומים לנפש) והן מגורמים עולמיים (צמיחה תלולה במספר הפרסומים בכלל, ובמדינות מתפתחות בפרט).

ישראל מציגה עליה בכל מדדי ההשפעה המדעית, אולם זו אינה מדביקה את קצב העליה במדינות אחרות ולכן דירוגה של ישראל בין המדינות שפרסמו לפחות 0.5% מפרסומי העולם - יורד.

ישראל בולטת בשני מדדים בהם דירוגה גבוה מדירוגה במדד הציטוטים הכללי שלה: שיעור ניכר מפרסומיה המופיעים בכתבי העת המובילים; שיתוף פעולה עם התעשייה¹. ישראל בולטת במדד אחד בו דירוגה נמוך מדירוגה במדד הציטוטים הכללי שלה – שיתוף פעולה בינלאומי בפרסומים.

בהשוואה בינלאומית נמצא כי מדינות המציגות מיצוב מדעי גבוה של פרסומיהן במדדי פריון והשפעה מדעית הן מדינות בהן יש מספר גבוה של פרסומים לנפש, ושיעור גבוה מפרסומי המדינה נכתב בשיתוף פעולה עם חוקרים מחו"ל ומהתעשייה. אלה כיוונים בהם כדאי לפעול.

שטחים ראשיים

מאגרי המידע של Elsevier מקטלגים את הפרסומים המדעיים ל-26 שטחי מדע ראשיים. בפרק זה ניתחנו את תפוקות המדע בישראל ובהשוואה בינלאומית לפי שטחים ראשיים אלה.

¹ שיתוף פעולה עם חברות בארץ ובעולם

על פי מדדים כמותיים, השטחים בעלי מספר הפרסומים הגבוה ביותר בישראל הם (בסדר זה): רפואה; פיסיקה ואסטרונומיה; ביוכימיה, גנטיקה וביולוגיה מולקולרית; מחשבים.

בהשוואה לעולם, בישראל יש דירוג גבוה יותר לשטחים מתמטיקה; פסיכולוגיה; מדעי המוח, פיסיקה ואסטרונומיה; ודירוג נמוך יותר לשטחים אנרגיה; מדעי הסביבה; הנדסה; הנדסה כימית; חומרים. בשטחים אנרגיה, הנדסה וסביבה חלקה של ישראל בפרסומי העולם נמוך יחסית לחלקה בשטחים האחרים, וגם דירוגה במדדי השפעה מדעית נמוך יחסית.

ניתוח השטחים על פי מדד הציטוטים הכללי (אימפקט מנורמל) מראה כי ברוב השטחים דירוגה של ישראל אינו גבוה. עם זאת, ניתוח מרכיבי השפעה מדעית יחידים מעלה כי ישראל מגלה מצוינות (להבדיל ממוצע) המתבטאת בחלקה היחסי הגבוה בין הפרסומים המצוטטים ביותר, בחלקה היחסי הגבוה בפרסומים בכתבי העת המובילים, ובשיעור הפרסומים שלה שנכתבו בשיתוף פעולה עם התעשייה. מצוינות זו מופיעה בחלק נכבד של השטחים, למרות שאינה מתבטאת ברמה הכללית הממוצעת של השטח והמדינה.

ניתוח הפעילות המדעית בשטח מדעי המוח

שטח מדעי המוח בישראל מציג דירוג גבוה ביחס לעולם בשיעור הפרסומים שלו מכלל פרסומי המדינה, עליה נמשכת במספר הפרסומים, במספר התזות, בשיתופי הפעולה הבינלאומיים, ובשיעור הפרסומים המופיעים בכתבי העת המובילים. שני מרכזי המצוינות (I-CORE) העוסקים בתחום זה גייסו חוקרים חדשים.

כן עולה זרימת הידע מן האקדמיה לתעשייה (באופן ישיר על ידי שיתופי פעולה או באופן עקיף על ידי בוגרי האקדמיה) כפי שמתבטא בעליה במספר הפטנטים, ובקיומו של מאגד מגנט.

הקשר בין מספר המחברים לממוצע הציטוטים של פרסום

ההשפעה המדעית של פרסומים נבחנת כיום בעיקר על סמך נתוני ציטוטים: באופן ישיר - ממוצע ציטוטים לפרסום; שיעור הפרסומים המצויים באחוזונים העליונים של הפרסומים המצוטטים ביותר, או באופן עקיף - שיעור הפרסומים שהופיעו בכתבי העת המובילים (שנקבעו כמובילים על פי מספר הציטוטים שהתקבלו עבורם). מדדים אלו משמשים להערכת המחקר בדירוגים עולמיים שונים (מדד שנחאי, מדד לייזן, מדד טיימס) ומכאן גם על ההחלטות השונות של פרטים, מוסדות ומדינות.

במהלך השנים עסקנו רבות במדדים אלה, ונוכחנו לדעת כי מספר הציטוטים הממוצע לפרסום עשוי להיות מושפע מגורמים רבים וביניהם: מספר המחברים; שיתוף פעולה בינלאומי בפרסומים; שיתוף פעולה עם התעשייה בפרסומים; מספר הפרסומים. בעבודה הנוכחית בדקנו את השפעת מספר המחברים ושיתוף פעולה בינלאומי על מספר הציטוטים לפרסום.

מצאנו מתאם חיובי בין מספר המחברים של פרסום למספר הציטוטים שהוא מקבל, ומתאם חיובי בין שת"פ בינלאומי בפרסום למספר הציטוטים שלו. פרסומים שנכתבו בשיתוף פעולה בינלאומי ועל ידי מספר מחברים גבוה מ-10 זוכים בממוצע למספר ציטוטים רב יותר מפרסומים שאינם כאלה (ללא שת"פ בינלאומי; מספר נמוך של מחברים).

במספר שטחים (בעיקר במדעי החיים ובפיסיקה), פרסומים כאלה מהווים כ-12% ממספר הפרסומים אך תורמים כשליש מהציטוטים לפרסומי ישראל, למרות שמספר החוקרים מישראל שהשתתפו בפרסום עומד על אחוזים ספורים ולפעמים פחות מאחוז מכלל המחברים שלו.

אכן, המחקר המדעי כיום הוא גלובלי במידה רבה, ויש מאמץ ועידוד רב להמשיך בכיוון זה שנושא פירות רבים וטובים. אך בעוד המחקר הוא בינלאומי, המימון הוא לאומי, העולם עדיין מאורגן לפי מדינות והן אלה שמכשירות את אזרחיהן לעסוק במדע וממנות את המחקר המדעי. לכן נראה כי השיטה

הנהוגה כיום לשיוך פרסומים למדינה – מחבר אחד לפחות שכתובתו ישראל – עדיין מניבה תמונה משמעותית. אולם כדאי להיות מודעים לשינוי בתמונת המחקר המדעי – יותר מורכב, יותר גלובלי - ולהטיות אפשריות כתוצאה מכך.

✚ השוואת ישראל למדינות נבחרות במדדים שונים

בפרק זה ביצענו השוואה בין ישראל למדינות מצטיינות במחקר ואשר דומות לה במאפיינים שונים כמו גודל האוכלוסייה והקצאת משאבים למחקר, על מנת ללמוד מהישגיהן. המדינות שנבחרו להשוואה הן: בלגיה, דנמרק, הולנד, נורווגיה, סינגפור, פינלנד, שוודיה, שווייץ.

התמונה הכללית מצביעה על כך שהישגי ישראל במספר הפרסומים לנפש ומדדי השפעה מדעית אינם גבוהים ביחס למדינות הנבחרות, למרות שיש בישראל מצוינות מדעית (המתבטאת בעיקר במענקי ERC וכן במדד שנחאי ובפרסי נובל).

עולה איפא השאלה: מדוע הישגי האקדמיה בישראל אינם גבוהים ביחס למדינות הנבחרות למרות מצוינות מוכחת?

מצאנו כי חלקו של המו"פ בביצוע מגזר ההשכלה הגבוהה הוא נמוך בכלל המו"פ האזרחי בישראל ונמוך בהשוואה למדינות הנבחרות (12% בישראל לעומת ממוצע 28% במדינות הנבחרות), ואף יורד עם השנים (היה 21% בשנת 1996 וכיום כ-12%).

בעוד כ-86% מהמו"פ האזרחי בשנת 2015 בוצע ע"י המגזר העסקי, רק כ-12% בוצע ע"י מגזר ההשכלה הגבוהה. יחס זה נשאר כמעט קבוע משנת 2000.

העליה בחלקו של המגזר העסקי באה על חשבון חלקו של מגזר ההשכלה הגבוהה, שירד לאורך השנים מ-29% בשנת 1989 ל-12% כיום. כלומר, המחקר המבוצע בהשכלה הגבוהה אינו מצליח לעקוב אחרי הגידול המסיבי בהוצאות למו"פ שמבוצעות בעיקר על ידי המגזר העסקי. תמהיל המו"פ – בין מחקר בסיסי, מחקר יישומי ופיתוח עשוי להיות מושפע בצורה מהותית מהעליה הגדולה בשיעור המו"פ בישראל המבוצע על ידי המגזר העסקי.

המשמעות – שיעור קטן יחסית של המו"פ בישראל מבוצע ע"י מגזר ההשכלה הגבוהה, בעוד מו"פ זה הוא היחיד העוסק במדע בסיסי, בלתי תלוי ומרחיק ראות. האקדמיה היא הבטרייה המזינה את המחקר והפיתוח בישראל – באקדמיה עצמה, ובכל ענפי המשק בזכות בוגריה. לפיכך, חלקה ההולך ומצטמצם של האקדמיה במו"פ האזרחי בישראל מהווה סיבה לדאגה ולנקיטת צעדים לשינוי המצב.

כן מצאנו כי המימון למו"פ במגזר ההשכלה הגבוהה מגיע בעיקר ממימון ממשלתי, והוא נמוך: הוצאות המו"פ של ישראל בביצוע מגזר ההשכלה הגבוהה מהוות כ-0.6% מהתמ"ג שלה. שיעור זה אינו חריג בהשוואה בינלאומית. עם זאת, להבדיל מהמדינות הנבחרות, שיעור זה יציב ואף מצטמצם לאורך שנים, וההוצאה האבסולוטית נמוכה יחסית למדינות אלה. במגזר ההשכלה הגבוהה מתבצע רוב המחקר הבסיסי. אי לכך, צמצום תפקידו של מגזר זה יכול לפגוע בטווח בינוני-ארוך בתחרותיות של כלל המו"פ הישראלי.

עוד מצאנו כי בישראל המספר הנמוך ביותר של משרות מחקר באקדמיה למיליון נפש בקבוצת המדינות שנבדקו. חוסר גידול מתאים בסגל אקדמי, בעיקר ביחס לאוכלוסייה הגדלה, בוודאי משפיע אף הוא על הפריון האקדמי.

אכן, השוואת מספר הפרסומים לנפש בישראל מול המדינות הנבחרות לאורך שנים מלמדת כי עד ראשית שנות התשעים (של המאה העשרים) ישראל הובילה במדד זה בקבוצת השוואה זו (ובעולם). אולם מאז הייתה עליה מתונה מאוד, עד לקיפאון בתקופה האחרונה בהישגי ישראל במדד זה, בעוד יתר המדינות בקבוצת השוואה מראות עליה תלולה.

מטרת מחקר זה לתת תמונת מצב עדכנית המשקפת פעילות מקיפה ומתמשכת לתיאור וניתוח של תפוקות המו"פ האקדמי בישראל ומגמותיו לאורך זמן כפי שהן מתבטאות בפרסומים מדעיים, ולשמם כלי חשוב לגיבוש ולקביעת מדיניות לאומית בתחומי המדע, הטכנולוגיה והחדשנות.

השוואה בינלאומית של הפעילות המדעית על משאביה והישגיה מהווה כלי להערכת המדיניות הממשלתית ותוצאותיה ומאפשרת זיהוי גורמים תומכים ומעכבים בצמיחת פעילות זו.

מסמך זה מוגש במסגרת פרויקט "גיבוש מדיניות לאומית כוללת בפיתוח וקידום המחקר המדעי במדינת ישראל - פרסומים מדעיים" (חלק מתשתית נתונים הכוללת בנוסף מדדים, פטנטים וכ"א טכנולוגי).

מאגרי מידע: קיימים שני מאגרי מידע ייעודיים מובילים לניתוחים ביבליומטריים - המאגרים של Elsevier ושל Thomson-Reuters (Clarivate Analytics). כמו בדו"ח הקודם שפירסמנו ב-2016 "תפוקות מחקר ופיתוח בישראל: פרסומים מדעיים בהשוואה בינלאומית" בחרנו גם הפעם להשתמש במאגרים הביבליומטריים של Elsevier. בנוסף לסיבות המפורטות בפרק הראשון של הדו"ח הנ"ל, פורסם ב-2016 מסמך של Science-Metrix בנושא Bibliometrics and Patent Indicators for the Science and Engineering Indicators 2016 – Comparison of 2016 Bibliometric Indicators to 2014 Indicators המשווה בין 2 המאגרים הביבליומטריים המובילים Scopus (Elsevier) ו-Web of Science (Thomson Reuters). למרות ההבדלים בין המאגרים מחברי המסמך קובעים כי:

The report also confirms that both databases can be used for the production of robust bibliometric data, if the statistics are compiled and analyzed with a careful knowledge of the database coverage.

הבחירה שלנו במאגרי Elsevier נעשתה משני טעמים עיקריים:

(1) כיסוי רחב יותר של מאמרים מכנסים אשר משפיע על ניתוח הפרסומים בתחומים כמו מדעי המחשב והנדסה

(2) אפשרויות לבדיקה מעמיקה יותר של המידע היות והנתונים מקושרים לרשימות המאמרים באופן שמאפשר בדיקה מיקרו-ביבליומטרית של התוצאות

במקרים מסויימים ביצענו בדיקה של הממצאים גם במאגר Web of Science (WoS) על-מנת לוודא שיש מתאם בין המגמות העולות משני מאגרי המידע.

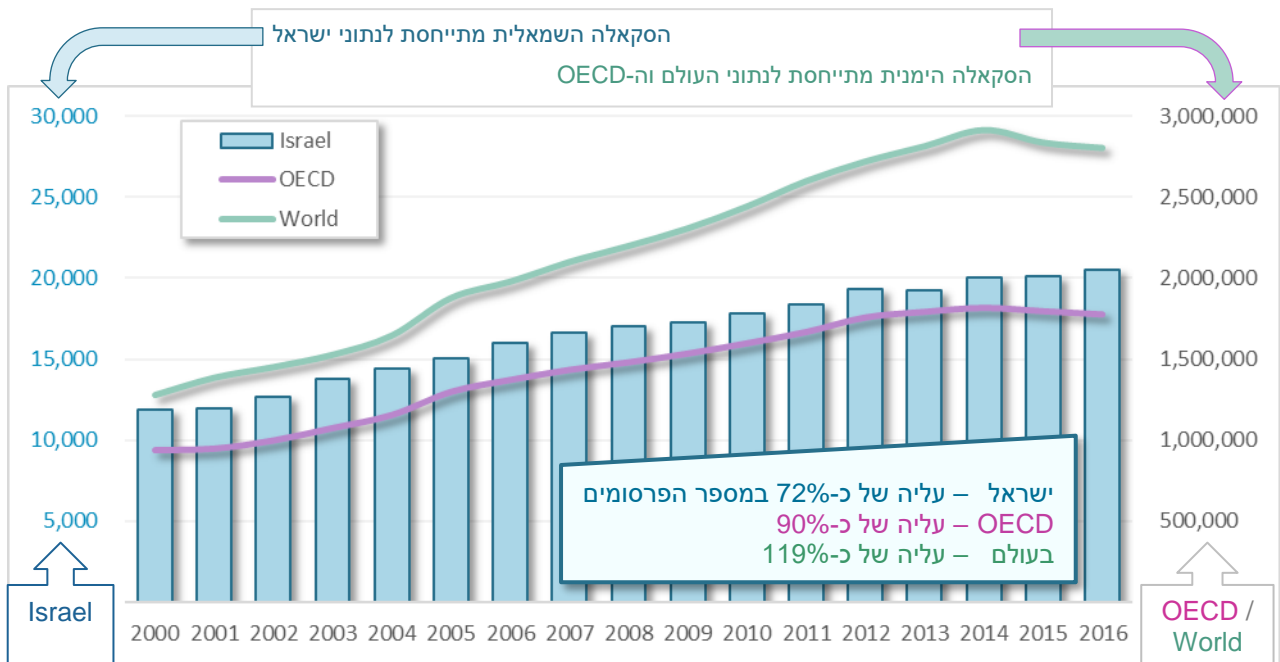
² Grégoire Côté, G. R. (2016). Bibliometrics and Patent Indicators for the Science and Engineering Indicators 2016 – Comparison of 2016 Bibliometric Indicators to 2014 Indicators. Science-Metrix

1. פרסומי ישראל במבט כללי

מדדי פרויט 2000-2016

בחינה של כלל פרסומי ישראל בשנים 2000-2016 (איור 1) מצביעה על גידול מתון במרבית השנים, והמשך מגמת הקיפאון בשנים האחרונות (מגמה עליה הצבענו בפרסומים קודמים - דוח פרסומים קודם).

איור 1: מספר הפרסומים הישראליים בהשוואה לפרסומי העולם וה-OECD



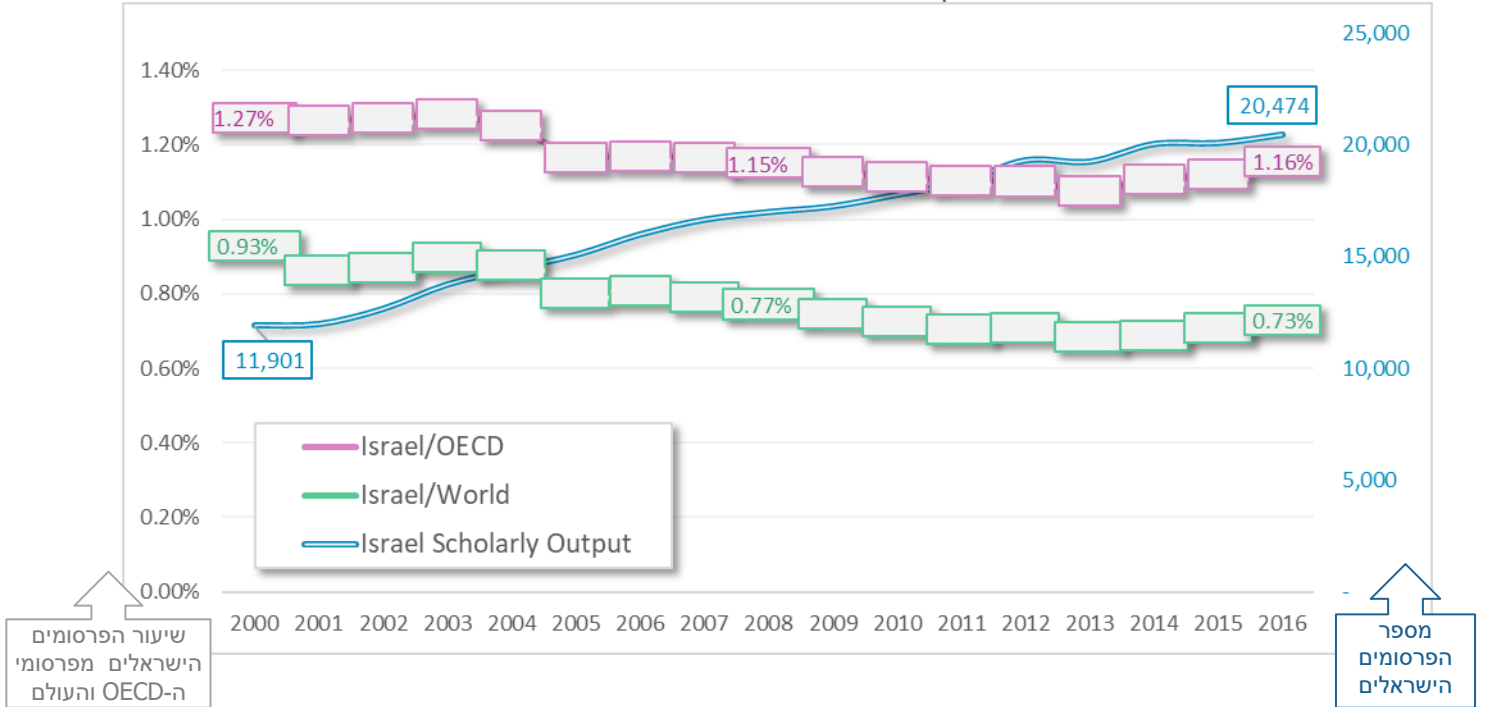
ניתן לראות כי על אף שחלה עליה במספר פרסומי ישראל לאורך השנים, עליה זו מתונה הן ביחס לעליה במדינות OECD (מדינות מפותחות) והן ביחס לעליה בעולם כולו (שהיא משמעותית בעיקר במדינות מתפתחות). לכן, בהשוואה בינלאומית דירוגה של ישראל ממשיך במגמת ירידה במדד מספר הפרסומים (ראו בהמשך).

בעוד מספר פרסומי ישראל לא עלה בשנים האחרונות הן באופן מוחלט והן באופן יחסי לגודל אוכלוסייתה (איור 4), בעולם חלה עליה תלולה במספר הפרסומים. משתי סיבות אלה (קיפאון בישראל ועליה בפרסומי העולם), תרומת ישראל לפרסומי העולם נמצאת במגמת ירידה מזה מספר שנים: בשנת 2000 שיעור הפרסומים הישראליים מכלל פרסומי העולם עמד על 0.93%, בשנת 2016 שיעור זה עמד על 0.73% בלבד (איור 2). יש לזכור שתרומת הפרסומים של ישראל למדע עדיין גבוהה בהשוואה למספר התושבים בישראל שמהווים כ-0.1% בלבד מאוכלוסיית העולם.

הארגון לשיתוף פעולה ולפיתוח כלכלי (OECD) מונה כיום 34 מדינות מפותחות. בשנת 1996 היוו פרסומי מדינות הארגון 74.4% מפרסומי העולם, אולם לאור הגידול שחל במספר הפרסומים שמקורם במדינות מתפתחות, ניכרת מגמה ברורה של ירידה בשיעור הפרסומים של מדינות הארגון מפרסומי העולם: בשנת 2000 היה שיעור זה 73.0% מפרסומי העולם, ובשנת 2016 רק 63.0% מפרסומי העולם.

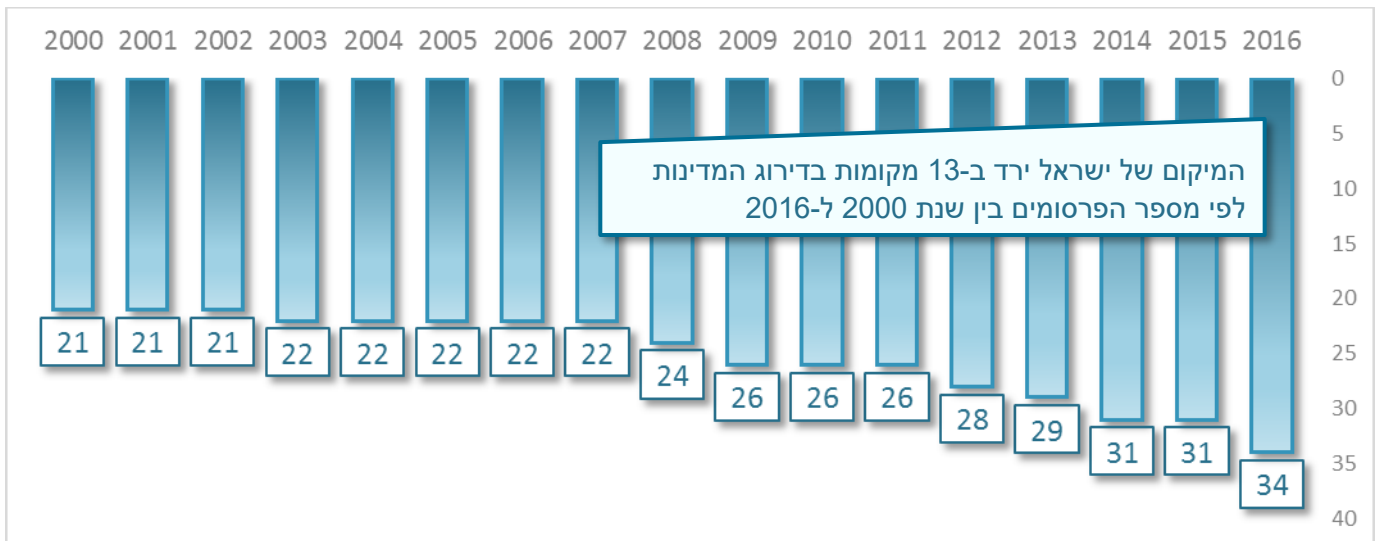
גם בקרב פרסומי ה-OECD חלקה של ישראל יורד, באופן דומה לירידה בחלקה בפרסומי העולם (איור 2). תמונה זו מצביעה על כך שבפרסומי העולם, חלקה של ישראל יורד הן ביחס למדינות המתפתחות והן ביחס למדינות המפותחות.

איור 2: חלקם של פרסומי ישראל בפרסומי העולם וה-OECD



אכן, כפי שניתן לראות באיור 3, מיקומה של ישראל בדירוג המדינות על פי סך הפרסומים שלהן היה יציב בשנים 2000-2007 (מקום 22-21), אך צנח ב-13 מקומות (מקום 34) בעשור האחרון.

איור 3: מיקום ישראל בדירוג המדינות לפי מספר הפרסומים



טבלה 1 מציגה את דירוג 40 המדינות המובילות במספר הפרסומים בשנים נבחרות. ניתן לראות את העליה בדירוגן של מדינות כסין, הודו, טורקיה ואיראן, את השמירה על מקומן של מדינות כדנמרק, שווייץ ואוסטריה, ואת הירידה בדירוגה של ישראל.

טבלה 1: דירוג 40 המדינות המובילות במספר הפרסומים בשנים נבחרות

Rank	2000	2005	2010	2015
1	United States	United States	United States	United States
2	United Kingdom	China	China	China
3	Japan	United Kingdom	United Kingdom	United Kingdom
4	Germany	Germany	Germany	Germany
5	France	Japan	Japan	India
6	China	France	France	Japan
7	Canada	Canada	Canada	France
8	Italy	Italy	Italy	Italy
9	Russia	Spain	India	Canada
10	Spain	Australia	Spain	Australia
11	Australia	India	Australia	Spain
12	Netherlands	Russia	South Korea	South Korea
13	India	South Korea	Brazil	Brazil
14	Sweden	Netherlands	Netherlands	Russia
15	Switzerland	Switzerland	Taiwan	Netherlands
16	South Korea	Brazil	Russia	Switzerland
17	Brazil	Taiwan	Switzerland	Iran
18	Poland	Sweden	Turkey	Turkey
19	Taiwan	Poland	Poland	Poland
20	Belgium	Turkey	Sweden	Sweden
21	Israel	Belgium	Iran	Taiwan
22	Denmark	Israel	Belgium	Belgium
23	Austria	Austria	Austria	Malaysia
24	Finland	Denmark	Denmark	Denmark
25	Turkey	Finland	Greece	Austria
26	Hong Kong	Greece	Israel	Portugal
27	Greece	Hong Kong	Czech Republic	Czech Republic
28	Norway	Mexico	Finland	Mexico
29	Mexico	Singapore	Mexico	Norway
30	Czech Republic	Norway	Norway	Singapore
31	Ukraine	Czech Republic	Portugal	Israel
32	Singapore	New Zealand	Malaysia	South Africa
33	New Zealand	Portugal	Singapore	Finland
34	Hungary	Iran	Hong Kong	Saudi Arabia
35	Argentina	South Africa	Romania	Greece
36	South Africa	Hungary	South Africa	Hong Kong
37	Portugal	Ukraine	New Zealand	Egypt
38	Ireland	Ireland	Ireland	Romania
39	Egypt	Argentina	Argentina	New Zealand
40	Slovakia	Thailand	Thailand	Argentina

מעניין לראות שלמרות השינויים בדפוסי הפרסום העולמיים – מדינות כמו דנמרק ואוסטריה הצליחו לשמור על מיקומן בדירוג העולמי בזמן שישראל צנחה ב-10 מקומות בין 2000 ל-2015 (הצבעים מסמנים את המדינות שעקפו את ישראל בדירוג)

כדי לוודא מגמות אלה ערכנו השוואה בין נתוני הפרסומים הישראליים במאגר Scopus לעומת מאגר WoS. כפי שניתן לראות בטבלה 2, מגמות אלה דומות בשני מאגרי המידע, אף כי המספרים אינם זהים (עקב ההבדל ביניהם בהרכב מקורות המידע).

טבלה 2: השוואה בין נתוני הפרסומים הישראליים במאגר Scopus לעומת WoS

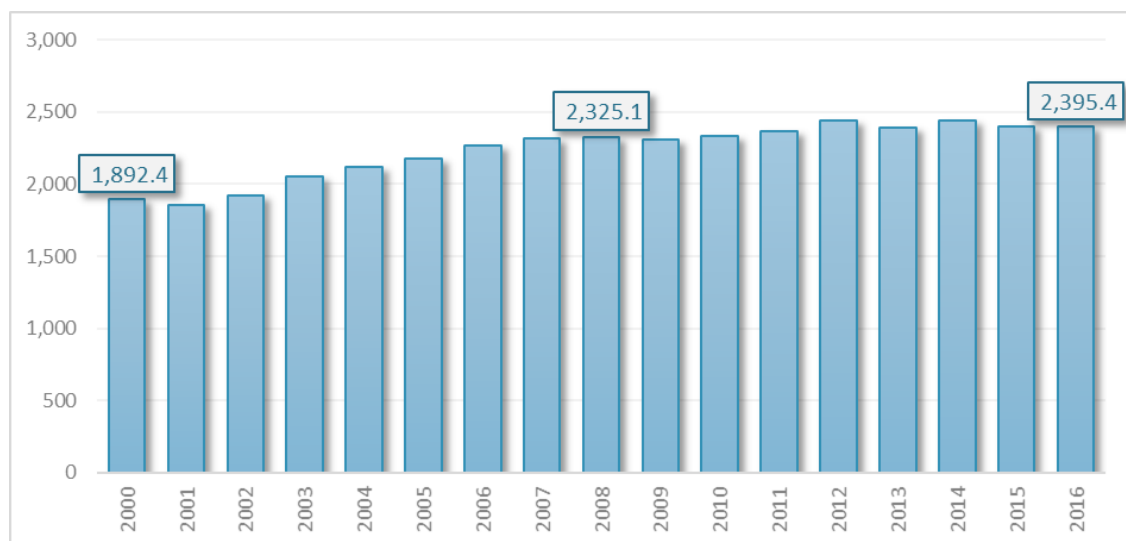
2000	2005	2010	2015	מאגר	
21	22	26	31	Scopus	המיקום של ישראל בדירוג המדינות לפי מספר הפרסומים
20	23	26	27	WoS	
0.92%	0.80%	0.73%	0.70%	Scopus	שיעור הפרסומים הישראליים מכלל הפרסומים בעולם
0.99%	0.95%	0.85%	0.81%	WoS	

מספר הפרסומים של מדינה תלוי, בין השאר, גם בגודל האוכלוסייה שלה. לפיכך, כדי להשוות בין מדינות מקובל להציג את מספר הפרסומים שלהן לנפש. איור 4 מציג את השינוי במספר הפרסומים למיליון נפש בישראל לאורך השנים 2000-2016. ניתן לראות שבתקופה האחרונה לא חל שינוי ממשי במספר זה.

איור 5 מציג את דירוג המדינות לפי מספר פרסומים לנפש בתקופה האחרונה. במדד זה מדורגת ישראל במקום ה-14 בעולם במספר הפרסומים לנפש, המהווה פחות ממחצית הפרסומים לנפש בשווייץ המדורגת ראשונה (ובעלת אוכלוסייה דומה לזו של ישראל), וכשליש פחות ממספר הפרסומים לנפש בדנמרק המדורגת שניה (ובעלת מחצית האוכלוסייה בהשוואה לישראל).

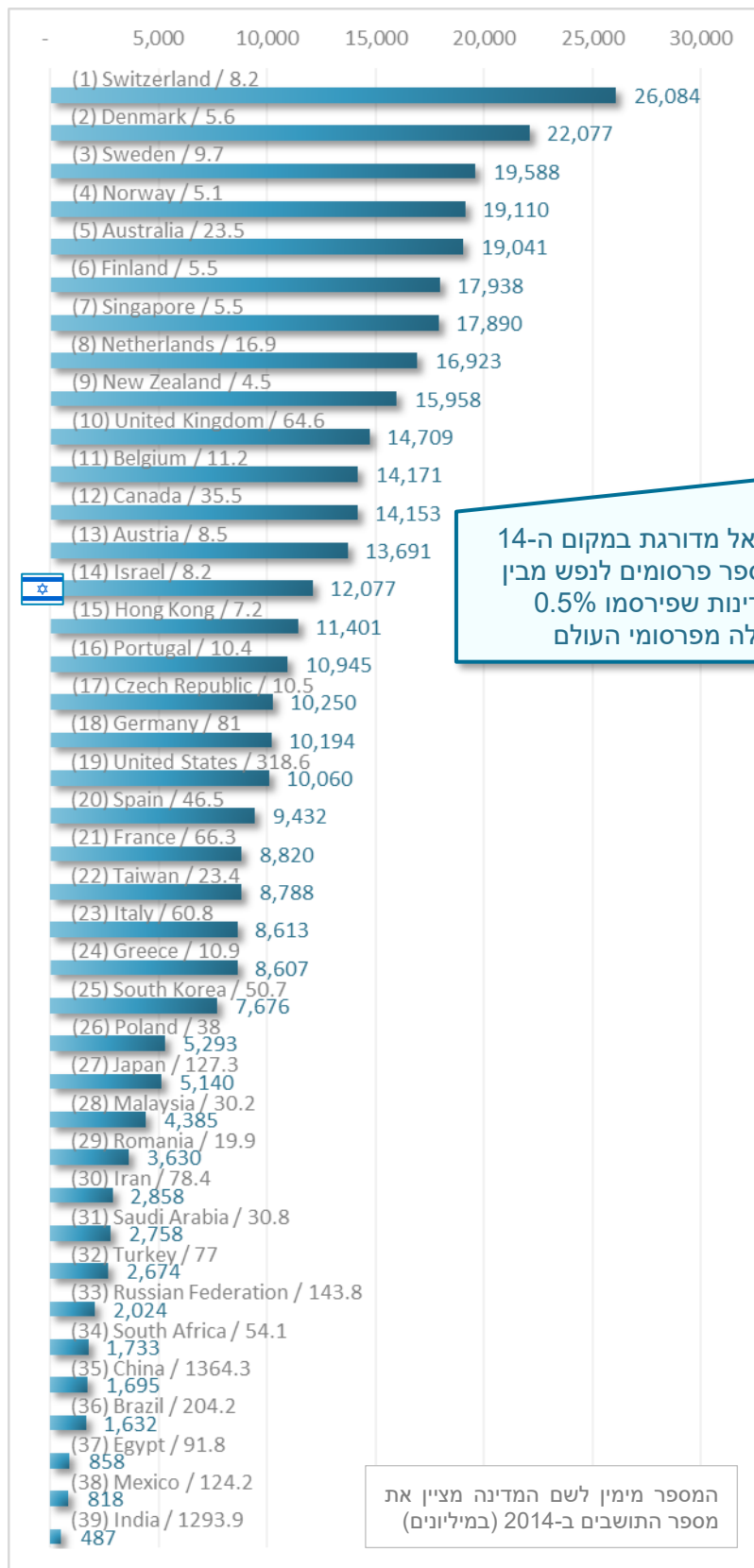
ניתן לראות באופן ברור כי בראש הדירוג ניצבות מדינות מפותחות ובתחתיתן - מדינות מתפתחות. אכן, מדד זה משקף היטב את מיצובה של מדינה ביחס למעמד המדע בה, ובעקיפין גם ביחס למדדים כלכליים וחברתיים בכלל.

איור 4: ישראל - השינוי במספר הפרסומים למיליון נפש³



³ המקור לנתוני האוכלוסייה בדו"ח זה: DataBank (מקור)

איור 5: דירוג המדינות⁴ לפי מספר פרסומים למיליון נפש – 2012-2016



⁴ הדירוג כולל את המדינות שפירסמו 0.5% ומעלה מפרסומי העולם בתקופה שנבדקה

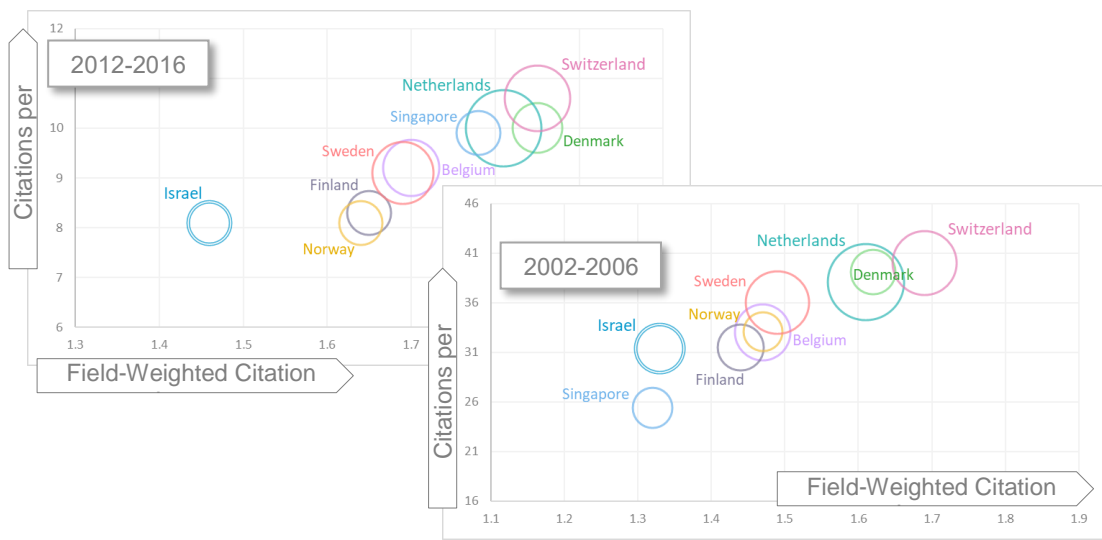
מדדי ההשפעה המדעית של מחקר נשענים בעיקר על מספר הציטוטים הממוצע לפרסום⁵ (כלל הציטוטים שנצברו בכל תקופה, חלקי סך כל פרסומי המדינה שראו אור באותה התקופה). כיוון שתרבות הציטוטים שונה בין תחומי המחקר, ומספר הציטוטים עולה עם הזמן, נהוג לנרמל את מספר הציטוטים הממוצע לפרסום (אימפקט) לפי התחום, השנה, והממוצע העולמי. ממוצע הציטוטים הנורמל (FWCI) מגלם מספר מרכיבים שיש להם השפעה רבה על העלאת האימפקט, והם ניתנים למדידה באופן נפרד מהאימפקט הכללי:

- אימפקט כללי: ממוצע ציטוטים (מנורמל) לפרסום, מתאר את ההישג הממוצע של המדינה
- שיתוף פעולה בינלאומי: שיעור פרסומי המדינה שנכתבו בשיתוף פעולה עם חוקרים מחו"ל
- פרסומים המצויים בעשירון העליון של המצוטטים ביותר: שיעור פרסומי המדינה המצויים בעשירון העליון של הפרסומים המצוטטים ביותר בעולם. זהו מדד מצויינות (ולא ממוצע)
- פרסומים המופיעים בעשירון העליון של כתבי העת המובילים: שיעור פרסומי המדינה שהתפרסמו בעשירון העליון של כתבי העת הטובים ביותר בעולם. מדד זה אינו תלוי ישירות במספר הציטוטים לפרסום אלא לכתב העת שבו פורסם, ולפיכך שונה באופן מהותי מהמדדים הקודמים. זהו מדד מצויינות (ולא ממוצע).

כל אחד ממדדים אלה מלמד על היבט שונה וחשוב בפעילות המדעית של מדינה. בדו"חות קודמים דנו בפירוט במדדים אלה. בפרק זה מתוארים ונבחנים בקצרה מדדים שונים של ההשפעה המדעית בפרסומי ישראל בהשוואה בינלאומית ובשתי תקופות.

איור 6 ו-איור 7 מתארים את ממוצע הציטוטים הנורמל (FWCI) של ישראל ומדינות נבחרות בשנים 1996-2016 (ממוצע הציטוטים הנורמל של העולם הוא 1 על פי ההגדרה). ניתן לראות כי בכל המדינות המתוארות יש עליה במדד זה. סינגפור מראה את העליה החדה ביותר (83%), אחר כך נורווגיה (41%), בלגיה (32%), פינלנד (30%), דנמרק (30%), הולנד (27%), ישראל (24%), שווייץ (22%), ושוודיה (16%). כלומר, ישראל עולה במדד זה, אך פחות ממדינות אחרות וממקום יותר נמוך.

איור 6: השוואת מדדי ציטוטים⁶ של ישראל ומדינות נבחרות - נתוני 2012-2016 לעומת 2002-2006

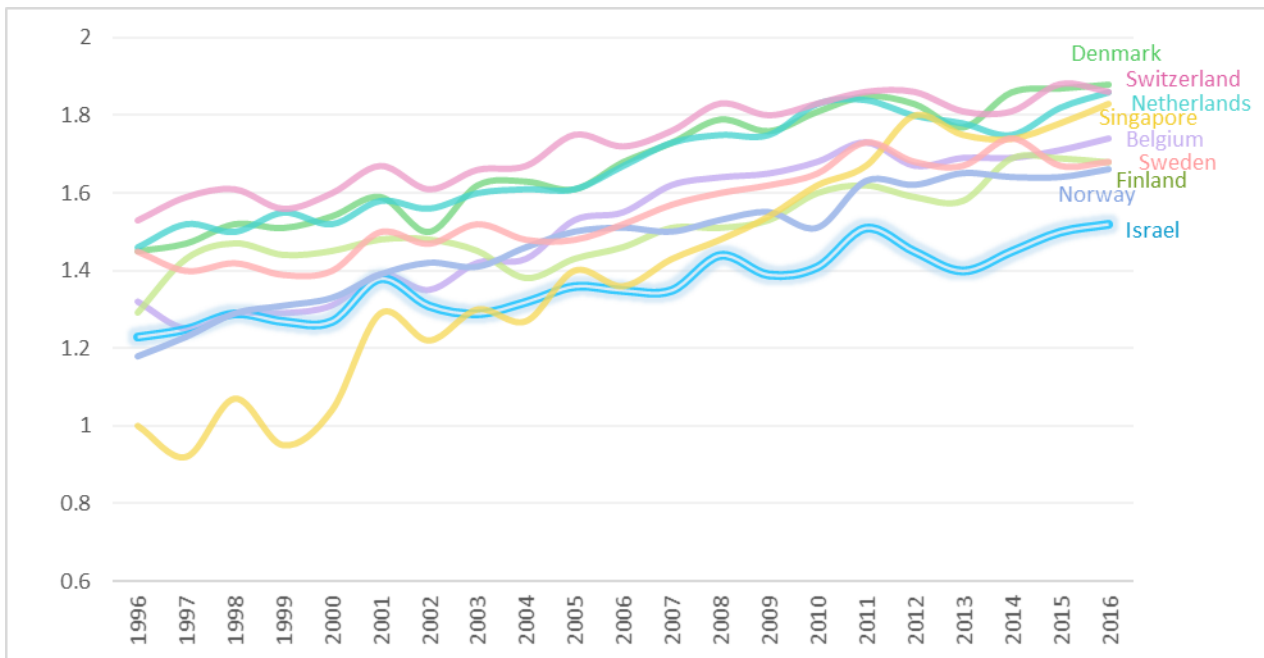


⁵ הגדרות מפורטות למדדים המופיעים בדו"ח זה ניתן למצוא בנספח א'

⁶ Citations per Publication: The average number of citations received per publication

- Field-Weighted Citation Impact: The ratio of citations received relative to the expected world average for the subject field, publication type and publication year

איור 7: ממוצע ציטוטים מנורמל (FWCI) – ישראל בהשוואה למדינות נבחרות (1996-2016)



טבלה 3 מתארת מדדי השפעה מדעית של ישראל בהשוואה בינלאומית בשתי תקופות:

טבלה 3: מדדי השפעה מדעית ושת"פ של ישראל והמדינה המובילה בדירוג העולמי בשתי תקופות:
2012-2016 ; 2002-2006

	2002-2006		2012-2016	
	Ranking (28 countries)	Value	Ranking (39 countries)	Value
Impact (FWCI)	Israel 12	1.33	Israel 17	1.46
	Switzerland 1	1.69	Switzerland 1	1.85
Outputs in Top Percentiles	Israel 10	15.3%	Israel 17	16.9%
	Switzerland 1	20.3%	Switzerland 1	23.4%
Publications in Top Journal Percentiles	Israel 5	25.0%	Israel 11	26.8%
	USA 1	27.4%	Hong Kong 1	34.2%
International Collaboration	Israel 11	37.4%	Israel 21	45.5%
	Hong Kong 1	54.9%	Saudi Arabia 1	70.2%
Corporate-Academy Collaboration	Israel 14	3.3%	Israel 12	3.5%
	Denmark 1	7.0%	Denmark 1	6.1%

בשנים 2002-2006 דורגו 28 מדינות שפרסמו 0.5% ומעלה מפרסומי העולם. בשנים 2012-2016 נוספו לקבוצה זו 11 מדינות: יוון, נורווגיה, ניו זילנד, פורטוגל, דרום אפריקה, מלזיה, רומניה, סעודיה, צ'כיה, מצרים ואיראן.

בטבלה 3 אפשר לראות שבתקופה האחרונה עלתה ישראל בכל המדדים בהשוואה לתקופה הראשונה, בדומה למדינה המובילה בדירוג (ומדינות רבות אחרות). אולם, להוציא במדד שיתוף הפעולה עם התעשייה, ירדה ישראל בכל הדירוגים. אכן, צדקה עליסה מארץ הפלאות: צריך לרוץ מהר כדי להישאר במקום, ומהר יותר אם רוצים להתקדם.

הסיבות העיקריות לירידה בדירוגים הן (1) שיפור רב יותר ולכן שמירה על דירוגן של המדינות המובילות (שווייץ, דנמרק, הולנד, בלגיה, שוודיה, פינלנד ואוסטריה). (2) כניסתן לדירוג של מדינות נוספות ובעיקר ניו זילנד ונורווגיה. (3) עלייתה המטאורית של סינגפור בצד עלייתה של הונג קונג. (4) עליה בדירוגן של מדינות כאוסטרליה ואיטליה.

בדרך כלל, יש מתאם גבוה בין מדדי ההשפעה המדעית השונים – ממוצע ציטוטים מנורמל (FWCI), שיתוף הפעולה הבינלאומי, שיעור הפרסומים של המדינה בעשירון העליון של הפרסומים המצוטטים ביותר – מפני שכל המדדים האלה נשענים על ממוצע הציטוטים ומגולמים למעשה באימפקט המנורמל (לעניין זה ראו את הדיון המפורט בדוח 2016).

ישראל יוצאת דופן בשלושה מדדים:

- דירוג גבוה (אם כי ירד בין התקופות) של שיעור הפרסומים שלה בכתבי העת המובילים: מדד זה בעצמו יוצא דופן, כי אינו נשען על ציטוטים לפרסום אלא לכתב העת. למעלה מרבע (!) מפרסומי ישראל מופיעים בעשירון העליון של כתבי העת. נתון זה גבוה מדירוגה של ישראל לפי ממוצע ציטוטים מנורמל וראוי לבחינה מעמיקה.
- דירוג גבוה ואף עולה במדד שיתוף הפעולה עם התעשייה. פרסומים משותפים לאקדמיה ולמגזר העסקי מהווים רק שיעור קטן מכלל הפרסומים של מדינה (בעולם - 1.7% מכלל הפרסומים; בישראל המדורגת במדד זה במקום 12 - 3.5% מכלל הפרסומים; בדנמרק, המדורגת במקום 1 במדד זה - 6.1%). אכן, שיתוף פעולה בין האקדמיה למגזר העסקי יכול להתבטא גם בפטנטים, הסכמים מסחריים, או לא להתבטא כלל (לחברות רבות אין עניין בפרסומים). בישראל, במיוחד, מחקרים משותפים לאקדמיה ולתעשיות הביטחוניות פעמים רבות אינם מתפרסמים כלל, או שהם מתפרסמים על ידי האקדמיה בלבד. אף על פי כן, מצאנו כי מדד שיתוף הפעולה בפרסומים בין המגזר העסקי לאקדמיה בישראל ובמדינות אחרות מלמד על הקשרים ביניהם (ראו דוח פרסומים 2016).
- דירוג נמוך במדד שיתוף הפעולה הבינלאומי.

לסיכום פרק פרסומי ישראל כמבט כללי

ניתוח מספר הפרסומים ומספר הפרסומים לנפש של ישראל לאורך זמן מלמד כי בחמש השנים האחרונות שיעור הצמיחה האקדמי הנמוך בישראל מוביל לקיפאון הן במספר המוחלט והן במספר היחסי של פרסומים לנפש.

בהשוואה בינלאומית, דירוגה של ישראל ממשיך במגמת ירידה במדדי פריון שונים: מספר הפרסומים, מספר הפרסומים לנפש, חלקה בפרסומי העולם ומדינות ה-OECD. ירידה זו נובעת הן מגורמים פנימיים של ישראל (שיעור צמיחה אקדמי נמוך המוביל למעשה לקיפאון במספר הפרסומים ובמיוחד למספר הפרסומים לנפש) והן מגורמים עולמיים (צמיחה תלולה במספר הפרסומים בכלל, ובמדינות מתפתחות בפרט).

ישראל מציגה עליה בכל מדדי ההשפעה המדעית, אולם זו אינה מדביקה את קצב העליה במדינות אחרות ולכן דירוגה של ישראל בין המדינות שפרסמו לפחות 0.5% מפרסומי העולם - יורד.

ישראל בולטת בשני מדדים בהם דירוגה גבוה ממדד הציטוטים הכללי שלה: שיעור ניכר מפרסומיה המופיעים בכתבי העת המובילים; ובעיקר - שיתוף פעולה עם התעשייה. ישראל בולטת במדד אחד בו דירוגה נמוך ממדד הציטוטים הכללי שלה – שיתוף פעולה בינלאומי בפרסומים.

בהשוואה בינלאומית נמצא כי מדינות המציגות מיצוב מדעי גבוה של פרסומיהן במדדי פריון והשפעה מדעית הן מדינות בהן יש מספר גבוה של פרסומים לנפש, ושיעור גבוה מפרסומי המדינה נכתב בשיתוף פעולה עם חוקרים מחו"ל ומהתעשייה. אלה הכיוונים בהם כדאי לפעול.

2. שטחים ראשיים

מאגרי המידע של Elsevier מקטלגים את הפרסומים המדעיים ל-26 שטחי מדע ראשיים. בפרק זה ננתח את תפוקות המדע בישראל ובהשוואה בינלאומית לפי שטחים ראשיים אלה.

התפלגות פרסומי ישראל לפי שטחים – מדרג השטחים

מדרג השטחים מתאר את שיעור הפרסומים בכל שטח מכלל פרסומי המדינה. שיעור זה מושפע מהקצאת משאבים ומתרבות המחקר, הפרסומים והציטוטים בכל שטח (בשטחים מסויימים, למשל בפיסיקה ומדעי כדור הארץ, מספר הפרסומים השנתי הממוצע גבוה ב-1-2 סדרי גודל מאשר בשטחים אחרים וכך גם הציטוטים. לעניין זה ראו פרק 4). לכן, בהנחה שתרבות המחקר והפרסומים דומה בין המדינות, למדרג השטחים על פי שיעור הפרסומים בכל שטח – יש בעיקר תועלת בהשוואה בין מדינות ובהשוואה למדרג העולמי. כן ראוי לציין כי מדרג השטחים אינו מצביע על השפעה מדעית של המחקר בשטח כלשהו או על רמת המחקר במדינה; וכי קיימת חפיפה בין שטחים היות ומאמר יכול להיות מסווג למספר שטחים.

איור 8 מציג את מדרג השטחים העיקריים בישראל בשנים 2012-2016 לעומת השנים 2002-2006. השינויים הבולטים במדרג השטחים בישראל בתקופה האחרונה בהשוואה לתקופה הקודמת (2002-2006): עליה במדעי הרוח ובמחשבים; וירידה בהנדסה כימית (4 מקומות בדירוג). יש לציין כי שינויים במדרג (המתבטאים בשיעור פרסומי השטח) עשויים לנבוע גם משינויים טכניים: למשל, הרחבת הכיסוי במאגרי המידע לתחומי מדעי הרוח; קטגוריות שונות לפרסומים שפעם נכללו בשטח הנדסה כימית. איור 9 מציג את מדרג השטחים העיקריים בישראל לעומת העולם בתקופה האחרונה (2012-2016). השטח בעל הדירוג הגבוה ביותר בישראל הוא רפואה: כ-30% מפרסומי ישראל, בכל התקופות שנבדקו, מסווגים לשטח זה, ובאופן דומה לעולם.

הבדלים ראויים לציין במדרג השטחים בין ישראל לעולם הם:

1. שטחים בעלי דירוג נמוך בישראל בהשוואה לעולם:

אנרגיה: מקום 15 בעולם; מקום 24 בישראל

סביבה: מקום 11 בעולם; מקום 16 בישראל

הנדסה: מקום 2 בעולם; מקום 5 בישראל

הנדסה כימית: מקום 14 בעולם; מקום 17 בישראל

חומרים: מקום 6 בעולם; מקום 9 בישראל

2. שטחים בעלי דירוג גבוה בישראל בהשוואה לעולם:

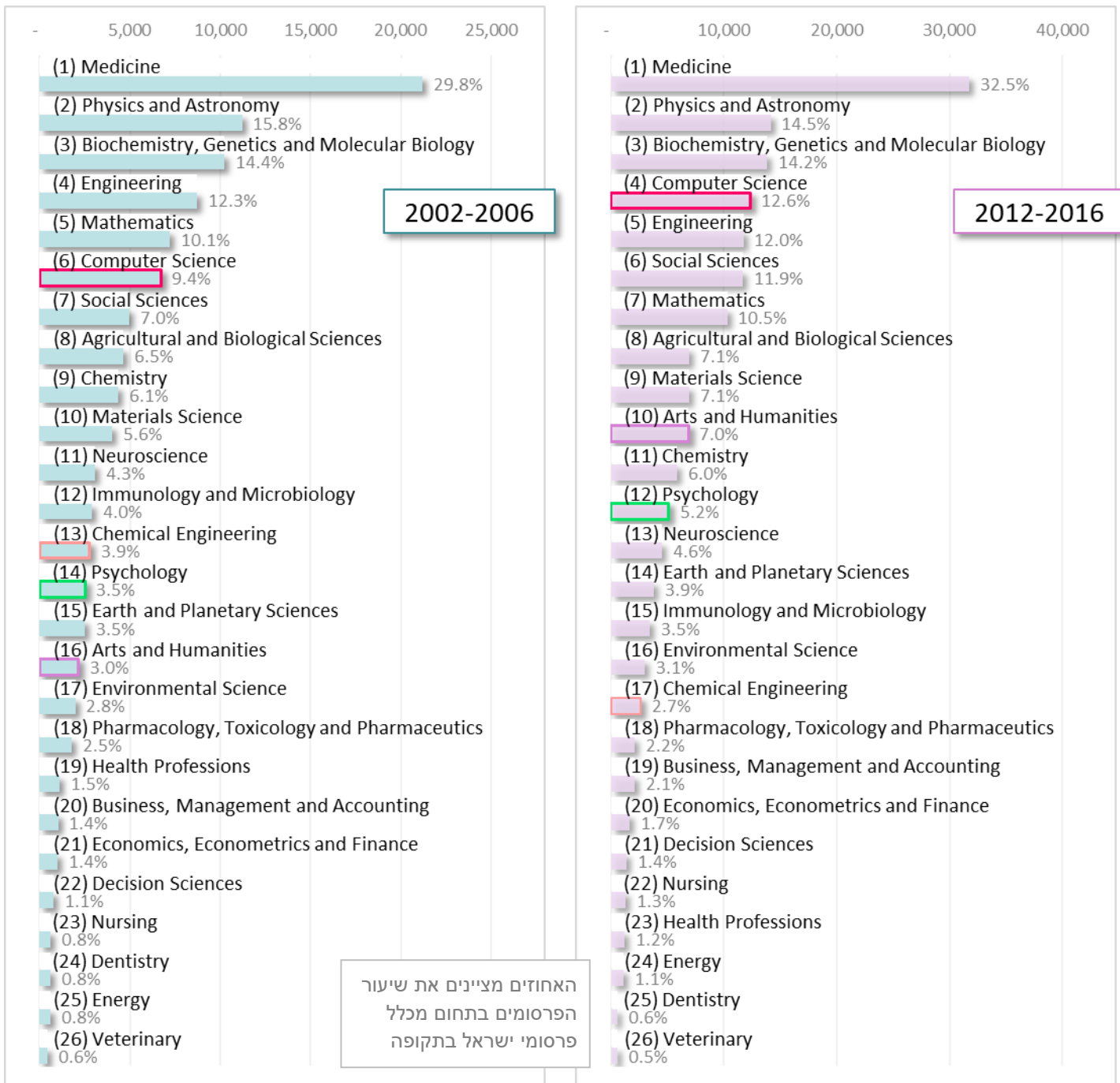
מתימטיקה: מקום 7 בישראל; מקום 10 בעולם

פיסיקה: מקום 2 בישראל; מקום 5 בעולם

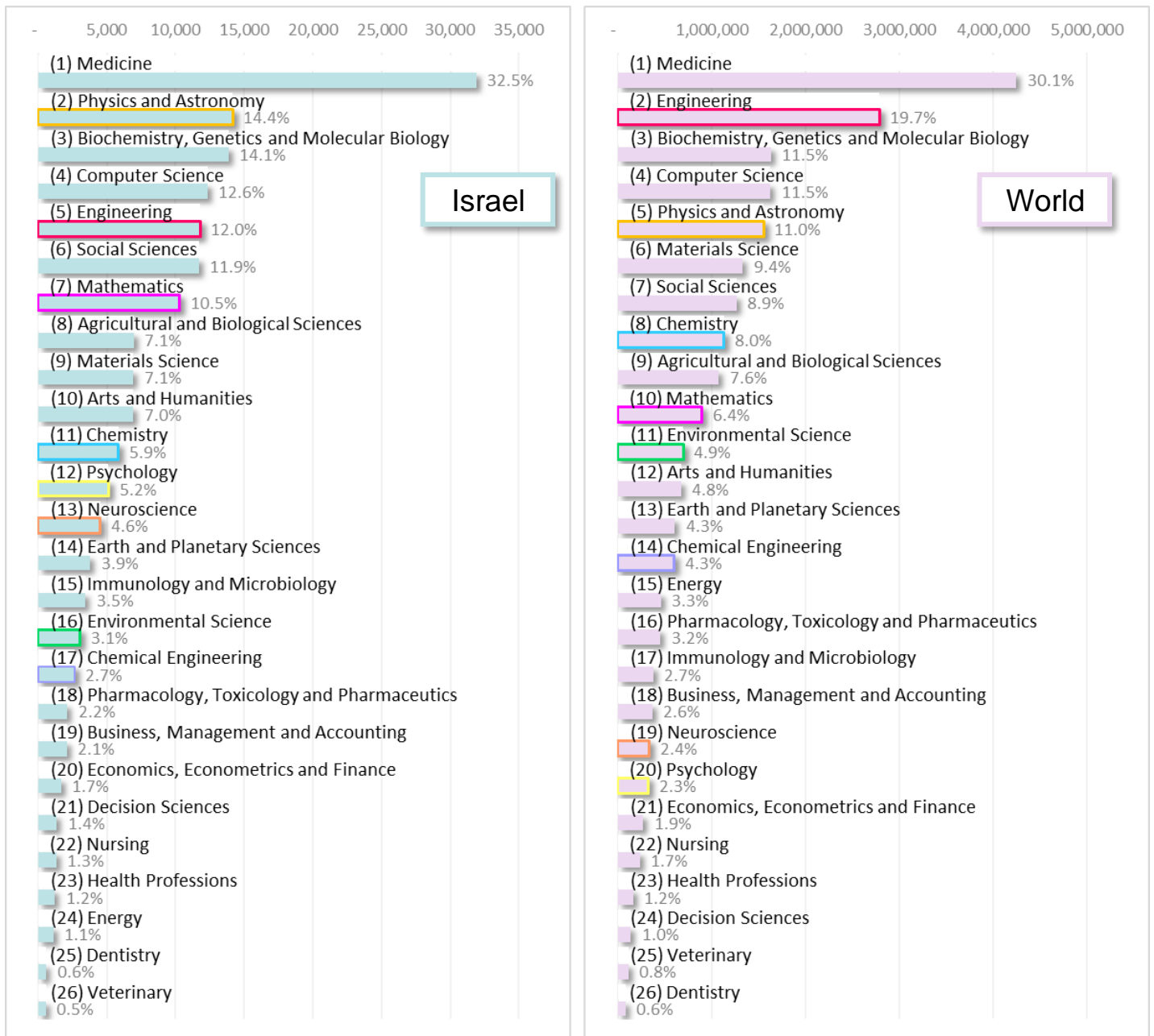
פסיכולוגיה: מקום 12 בישראל; מקום 20 בעולם

מדעי המוח: מקום 13 בישראל; מקום 19 בעולם

איור 8: התפלגות הפרסומים הישראליים לפי שטחים – השוואה בין 2 תקופות



איור 9: התפלגות הפרסומים לפי שטחים – ישראל בהשוואה לעולם, 2012-2016





























ההבדלים במדרג השטחים השונים בין ישראל לעולם מתבטאים בתרומת ישראל לפרסומי העולם על פי שטחים, כפי שניתן לראות בטבלה 4. במרבית השטחים (23 מתוך 26) ירד חלקה של ישראל בפרסומי העולם בתקופה האחרונה, מהסיבות שתוארו בפרק 1. אולם ניתן לראות כי בשטחים פסיכולוגיה, מדעי המוח ומתימטיקה תרומתה של ישראל גבוהה פי 10 ויותר מחלקה של ישראל באוכלוסיית העולם (0.1%). אכן, בכל השטחים גבוהה תרומתה של ישראל משיעור אוכלוסייתה (כלל פרסומי ישראל תורמים כ-0.7% לפרסומי העולם, איור 2), אך היא נמוכה יחסית במיוחד בשטחים מדעי הסביבה, אנרגיה והנדסה.

טבלה 4: תיאור דירוג השטחים בישראל לפי שיעור הפרסומים מכלל פרסומי העולם בשטח – השוואה בין שתי תקופות

Subject Area	מספר פרסומים ישראלים 2002-2006	שיעור מפרסומי העולם בשטח 2002-2006	מספר פרסומים ישראלים 2012-2016	שיעור מפרסומי העולם בשטח 2012-2016
Medicine	21,294	0.97%	31,879	0.75%
Physics and Astronomy	11,226	1.15%	14,162	0.91%
Biochemistry, Genetics and Molecular Biology	10,272	1.08%	13,878	0.85%
Computer Science	6,727	1.08%	12,327	0.76%
Engineering	8,866	0.55%	11,792	0.42%
Social Sciences	5,235	1.02%	11,730	0.93%
Mathematics	7,220	1.60%	10,315	1.15%
Agricultural and Biological Sciences	4,628	0.86%	6,977	0.65%
Materials Science	4,016	0.56%	6,937	0.52%
Arts and Humanities	2,513	0.97%	6,916	1.02%
Chemistry	4,343	0.71%	5,832	0.52%
Psychology	2,518	1.50%	5,126	1.57%
Neuroscience	3,067	1.37%	4,513	1.34%
Earth and Planetary Sciences	2,503	0.67%	3,785	0.62%
Immunology and Microbiology	2,879	1.10%	3,456	0.91%
Environmental Science	1,967	0.57%	3,017	0.43%
Chemical Engineering	2,776	0.73%	2,638	0.44%
Pharmacology, Toxicology and Pharmaceutics	1,772	0.60%	2,121	0.47%
Business, Management and Accounting	1,021	0.46%	2,091	0.57%
Economics, Econometrics and Finance	994	0.90%	1,665	0.61%
Decision Sciences	750	1.48%	1,348	0.96%
Nursing	604	0.53%	1,315	0.56%
Health Professions	1,081	0.92%	1,214	0.73%
Energy	579	0.33%	1,102	0.24%
Dentistry	585	1.17%	595	0.73%
Veterinary	442	0.54%	536	0.47%

ההבדלים במדרג השטחים השונים בין ישראל לעולם מתבטאים גם בחישוב מספר הפרסומים לנפש לפי השטח, כפי שאפשר לראות בטבלה 5. ישראל מדורגת בין 10 המדינות המובילות בפרסומים לנפש ב-6 שטחים, ובהם מתימטיקה, פיסיקה, מדעי המוח ופסיכולוגיה.

טבלה 5: המדינות המובילות⁷ במספר הפרסומים לנפש לפי שטח, 2012-2016

Field	Country		Publications	Population (Millions)	Publications per Million Capita	Publications per Million Capita Israel	Publications per Million Capita Israel Rank
Medicine	Switzerland		77,424	8.19	9,455	3,880	15
Engineering	Singapore		25,938	5.47	4,742	1,435	*
Biochemistry, Genetics & Molecular Biology	Switzerland		32,048	8.19	3,914	1,689	15
Computer Science	Singapore		20,776	5.47	3,798	1,500	16
Physics & Astronomy	Switzerland		33,218	8.19	4,057	1,724	8
Materials Science	Singapore		14,580	5.47	2,666	844	18
Social Sciences	Australia		62,621	23.46	2,669	1,428	13
Chemistry	Switzerland		16,395	8.19	2,002	710	20
Agricultural & Biological Sciences	New Zealand		12,740	4.51	2,825	849	17
Mathematics	Switzerland		12,517	8.19	1,529	1,256	3
Environmental Science	Norway		8,320	5.14	1,620	367	*
Arts & Humanities	United Kingdom		80,049	64.61	1,239	842	9
Earth & Planetary Sciences	Norway		9,842	5.14	1,916	461	20
Chemical Engineering	Singapore		6,401	5.47	1,170	321	*
Energy	Norway		5,091	5.14	991	134	*
Pharmacology, Toxicology & Pharmaceutics	Switzerland		7,125	8.19	870	258	*
Immunology & Microbiology	Switzerland		8,462	8.19	1,033	421	14
Business, Management & Accounting	Finland		4,603	5.46	843	255	19
Neuroscience	Switzerland		8,351	8.19	1,020	549	7
Psychology	Netherlands		13,584	16.87	805	624	5
Economics, Econometrics & Finance	Switzerland		4,562	8.19	557	203	21
Nursing	Australia		12,898	23.46	550	160	16
Health Professions	Australia		10,956	23.46	467	148	17
Decision Sciences	Hong Kong		2,445	7.24	338	164	15
Veterinary	Switzerland		2,197	8.19	268	65	*
Dentistry	Switzerland		1,761	8.19	215	72	8

* בשטחים המסומנים בכוכבית ישראל לא חצתה את סף ה-0.5% מפרסומי העולם בשטח
 ** התאים שממוסגרים בכחול מציינים את השטחים שבהם ישראל מדורגת בעשיריה הראשונה

⁷ בכל שטח מופיעה המדינה המובילה מבין המדינות שפרסמו 0.5% ומעלה מפרסומי העולם בתחום

מדדי השפעה מדעית - שטחים עיקריים

- בשתי הטבלאות הבאות מתוארים מדדי השפעה מדעית של ישראל בהשוואה לאלה של המדינה המובילה במדד, ודירוגה של ישראל בין המדינות לפי השטחים העיקריים.
- **אימפקט:** ישראל מדורגת בין 20 המקומות הראשונים ב-21 שטחים מתוך 26 שטחים עיקריים. בשלושה שטחים היא מדורגת בין 10 המקומות הראשונים. חשוב לציין כי ב-6 שטחים (!) לא עברה ישראל את סף 0.5% מפרסומי העולם (מסומנים בכוכבית), ובמקרים אלה כללנו בדירוג את כל המדינות עד ישראל (כלומר - גם מדינות נוספות שלא חצו את הסף⁸) - כדי לעמוד על דירוגה של ישראל בשטחים אלה בכל מקרה. שוויץ מובילה ב-10 שטחים, סינגפור ב-5 שטחים, דנמרק והולנד ב-4 שטחים כל אחת, בלגיה ב-2 שטחים ונורווגיה בשטח אחד.
- **שיעור פרסומי המדינה המופיע בעשירון העליון של פרסומי העולם המצוטטים ביותר, לפי שטחים:** במדד זה מדורגת ישראל בין 20 המדינות הראשונות ב-16 שטחים מתוך 26 שטחים עיקריים; ובין 10 הראשונות - ב-7 שטחים ובהם כימיה, פיסיקה, מדעי כדור הארץ וחומרים. הונג קונג מובילה במדד זה ב-6 שטחים, שוויץ, דנמרק וסינגפור ב-5 שטחים כל אחת, הולנד ב-4 שטחים, ובלגיה וצ'ילה בשטח 1 כל אחת.
- **שיעור פרסומי המדינה מכלל פרסומי העולם בעשירון המצוטטים ביותר:** במדד זה מראה ישראל מצויינות: בכמעט מחצית השטחים (11/26) מהווים פרסומי ישראל יותר מ-1% מפרסומי העולם, פי 10 ויותר מחלקה באוכלוסיית העולם. מעניינים במיוחד הם שטחים בהם דירוג האימפקט של ישראל נמוך יחסית, אך פרסומי ישראל בקרב המצוטטים ביותר גבוה במיוחד: פסיכולוגיה, מדעי המוח, פיסיקה, אמנויות ומדעי הרוח, מתמטיקה. דבר זה מעיד על מצויינות שאינה מתבטאת בממוצע התחום. יש איפא בישראל מצויינות בתחומים רבים, אך זו אינה מתבטאת בממוצע הישגי כלל התחום והמדינה.
- **שיעור פרסומי המדינה בעשירון העליון של כתבי העת לפי שטחים:** במדד זה דירוגה של ישראל גבוה: ב-16/26 שטחים היא מדורגת בין 10 המדינות המובילות (מתוכם ב-6 שטחים בין 5 המובילות).
- **שיעור פרסומי המדינה שנכתבו בשיתוף פעולה עם התעשייה לפי שטחים:** גם במדד זה דירוגה של ישראל גבוה, אפילו מאוד: ב-10/26 שטחים היא מדורגת בין 10 המדינות המובילות, ומתוכם ב-3 שטחים מדורגת ראשונה, וב-8 שטחים בין 5 הראשונות.
- **שיעור פרסומי המדינה שנכתבו בשיתוף פעולה בינלאומי לפי שטחים:** שיעור זה משקף ככלל את תרבות שיתוף הפעולה האופיינית לשטח: שיתוף הפעולה הבינלאומי הוא גבוה במדעים פלנטריים ובפיסיקה ואסטרונומיה - תחומים הנשענים על תשתיות בינלאומיות ולפיכך מציגים בדרך כלל שיתוף פעולה גבוה. שיעור שיתוף הפעולה הוא נמוך יחסית בשטחים שבהם באה לביטוי התרבות המקומית הייחודית לכל מדינה - סוציולוגיה, פסיכולוגיה, אמנויות ומדעי הרוח. ככלל, שיעור שיתוף הפעולה הבינלאומי בפרסומים של ישראל הוא נמוך יחסית, ולכן גם דירוגה של ישראל במדד זה נמוך במרבית השטחים.

⁸ הסבר החישוב מפורט בנספח א'

טבלה 6: מדדי השפעה מדעית של ישראל והמדינה המובילה במדד 2012-2016 – חלק א'

	FWCI (Ranking)		Outputs in Top 10% Percentiles (%) (Ranking)		Share (%) of Israel in World Top 10% Percentiles
	Israel	Leading Country	Israel	Leading Country	
Agricultural and Biological Sciences	1.45 (17)	Netherland 1.80	19.6 (14)	Switzerland 26.4	1.01
Arts and Humanities	1.15 (16)	Denmark 1.72	4.6 (21)	Netherland 9.8	1.40
Biochemistry, Genetics and Molecular Biology	1.65 (12)	Switzerland 1.93	30.3 (12)	Switzerland 35.5	1.23
Business, Management and Accounting	1.37 (17)	Netherland 2.02	7.6 (24)	Hong Kong 16.2	0.75
Chemical Engineering*	1.52 (11)	Singapore 2.13	32.3 (7)	Singapore 42.3	0.65
Chemistry	1.49 (10)	Singapore 2.26	30.2 (9)	Singapore 44.6	0.70
Computer Science	1.59 (7)	Switzerland 1.92	9.2 (13)	Hong Kong 15.5	1.15
Decision Sciences	1.17 (27)	Switzerland 2.11	6.8 (34)	Hong Kong 19.1	0.76
Dentistry	1.21 (19)	Switzerland 2.00	7.6 (24)	Belgium 19.8	0.85
Earth and Planetary Sciences	1.45 (16)	Switzerland 1.89	26.7 (5)	Switzerland 30.8	1.38
Economics, Econometrics and Finance	1.15 (22)	Netherland 1.83	5.5 (22)	Hong Kong 10.8	0.70
Energy*	1.39 (20)	Singapore 2.51	24.2 (10)	Singapore 40.7	0.37
Engineering*	1.37 (21)	Singapore 1.99	11.6 (17)	Hong Kong 19.3	0.65
Environmental Science*	1.43 (22)	Switzerland 2.05	19.6 (23)	Singapore 33.0	0.55
Health Professions	1.74 (2)?	Denmark 1.79	8.4 (24)	Denmark 19.3	0.75
Immunology and Microbiology	1.57 (16)	Switzerland 1.97	28.9 (15)	Switzerland 36.7	1.32
Materials Science	1.35 (13)	Singapore 2.14	20.2 (10)	Singapore 33.3	0.71
Mathematics	1.32 (17)	Switzerland 1.81	6.3 (20)	Hong Kong 12.0	1.39
Medicine	1.63 (16)	Belgium/Denmark 1.99	19.9 (17)	Netherland/ Denmark 26.3	1.20
Neuroscience	1.33 (19)	Norway 1.73	25.3 (20)	Switzerland 32.8	1.59
Nursing	1.37 (15)	Belgium 1.97	13.4 (16)	Denmark 24.3	0.92
Pharmacology, Toxicology and Pharmaceutics*	1.43 (11)	Switzerland 1.82	25.3 (8)	Denmark 29.9	0.80
Physics and Astronomy	1.51 (15)	Switzerland 1.91	22.2 (10)	Chile 27.6	1.64
Psychology	1.14 (19)	Netherland 1.74	11.5 (21)	Netherland 20.0	1.63
Social Sciences	1.17 (19)	Netherland 1.73	5.0 (22)	Netherland 10.1	1.13
Veterinary*	1.15 (23)	Denmark 1.88	6.2 (21)	Denmark 13.3	0.65
All Fields	1.46 (17)	Switzerland/ Denmark 1.85	16.9 (17)	Switzerland 23.4	1.08

בסגול – התוצאות הגבוהות ביותר
בתכלת – מודגשים דירוגי ישראל בין 10 המדינות המובילות בכל מדד

* שטחים שבהם ישראל לא חצתה את סף ה-0.5%

טבלה 7: מדדי השפעה מדעית של ישראל והמדינה המובילה במדד 2012-2016 – חלק ב'

	Publications in Top 10% (SNIP) Journal Percentiles (%) (Ranking)		Academic-Corporate Collaboration (%)				International Collaboration (%)
	Israel	Leading Country	Israel	Leading Country	Israel	Leading Country	
Agricultural and Biological Sciences	21.3 (10)	Ireland 25.9	4.2 (3)	Switzerland 4.8	55.1 (19)	Saudi 78.9	
Arts and Humanities	17.3 (14)	Taiwan 24.1	0.4 (18)	Japan 2.0	20.9 (19)	Switzerland 37.1	
Biochemistry, Genetics and Molecular Biology	27.2 (4)	Singapore 31.3	3.6 (11)	Denmark 9.9	54.8 (19)	Saudi Arabia 76.8	
Business, Management and Accounting	29.7 (14)	Hong Kong 47.3	2.7 (1)	Israel 2.7	38.2 (18)	Hong Kong 68.5	
Chemical Engineering*	42.7 (2)	Switzerland 44.1	2.3 (18)	Denmark 13.0	47.7 (17)	Saudi Arabia 78.0	
Chemistry	28.1 (6)	Netherland 31.0	2.4 (15)	Netherland 9.8	51.3 (17)	Saudi Arabia 80.7	
Computer Science	35.7 (3)	Hong Kong 53.9	9.8 (1)	Israel 9.8	48.1 (17)	Hong Kong 69.2	
Decision Sciences	36.0 (22)	Hong Kong 61.3	5.9 (2)	Ireland 7.3	47.9 (18)	Hong Kong 80.3	
Dentistry	19.1 (20)	Belgium 42.3	0.3 (19)	UK 1.9	42.6 (18)	Hong Kong 70.8	
Earth and Planetary Sciences	22.3 (9)	Australia 27.1	4.1 (4)	Norway 6.1	61.00 (20)	Chile 82.8	
Economics, Econometrics and Finance	30.4 (11)	Hong Kong 42.2	2.5 (5)	France 3.3	46.6 (12)	Hong Kong 66.6	
Energy*	40.0 (29)	Hong Kong 57.7	6.6 (4)	France 7.3	46.3 (18)	Hong Kong 67.7	
Engineering*	40.0 (5)	Hong Kong 49.1	5.6 (11)	Sweden 9.0	40.7 (20)	Saudi Arabia 70.0	
Environmental Science*	39.6 (8)	Singapore 50.7	5.2 (1)	Israel 5.2	49.9 (25)	Saudi Arabia 73.5	
Health Professions	20.4 (18)	Netherland 33.8	2.3 (11)	Denmark 6.7	36.8 (21)	Switzerland 64.0	
Immunology and Microbiology	24.7 (7)	Switzerland 28.3	3.8 (12)	Denmark 8.3	56.3 (21)	Saudi Arabia 81.4	
Materials Science	27.4 (10)	Australia 35.4	3.8 (13)	Netherland 9.2	47.9 (18)	Saudi Arabia 77.6	
Mathematics	19.9 (8)	Hong Kong 30.2	5.5 (2)	Switzerland 6.2	52.6 (16)	Hong Kong 76.2	
Medicine	24.2 (13)	Netherland 31.5	2.6 (14)	Denmark 6.6	44.0 (17)	Switzerland 62.6	
Neuroscience	22.3 (11)	Singapore 28.1	2.2 (16)	Switzerland 7	49.4 (22)	Switzerland 70.3	
Nursing	17.6 (9)	Denmark 29.8	1.6 (13)	Denmark 7.3	11.0 (8)	Italy 12.8	
Pharmacology, Toxicology and Pharmaceutics*	19.8 (4)	Switzerland 20.6	4.5 (13)	Switzerland 14.5	51.3 (13)	Saudi Arabia 76.6	
Physics and Astronomy	26.2 (4)	Singapore 34.3	2.4 (18)	Denmark 7.3	57.6 (22)	Chile 82.7	
Psychology	22.3 (8)	Singapore 30.2	0.4 (21)	South Korea 2.3	37.9 (23)	Singapore 64.1	
Social Sciences	23.6 (6)	Singapore 27.8	0.9 (9)	Japan 2.0	25.1 (25)	Switzerland 44.5	
Veterinary*	1.5 (11)	Netherland 2.5	2.8 (9)	France 6.3	43.1 (18)	Sweden 65.9	
All Fields	26.8 (11)	Hong Kong 34.2	3.5 (12)	Denmark 6.1	45.5 (20)	Saudi Arabia 70.2	

בסגול – השטחים בהם ישראל מדורגת ראשונה במדד
בירוק – מודגשים דירוגי ישראל בין 10 המדינות המובילות בכל מדד

* שטחים שבהם ישראל לא חצתה את סף ה-0.5%

לסיכום הפרק הזן בפרסומי ישראל לפי שטחים



על פי מדדים כמותיים, השטחים בעלי מספר הפרסומים הגבוה ביותר בישראל הם (בסדר זה): רפואה; פיסיקה ואסטרונומיה; ביוכימיה, גנטיקה וביולוגיה מולקולרית; מחשבים.

בהשוואה לעולם, בישראל יש דירוג גבוה יותר לשטחים מתמטיקה; פסיכולוגיה; מדעי המוח, פיסיקה ואסטרונומיה; ודירוג נמוך יותר לשטחים אנרגיה; מדעי הסביבה; הנדסה; הנדסה כימית; חומרים. בשטחים אנרגיה, הנדסה וסביבה חלקה של ישראל בפרסומי העולם נמוך יחסית לחלקה בשטחים האחרים, וגם דירוגה במדדי השפעה מדעית נמוך יחסית.

ניתוח השטחים על פי מדד הציטוטים הכללי (אימפקט מנורמל) מראה כי ברוב השטחים דירוגה של ישראל אינו גבוה. עם זאת, ניתוח מרכיבי השפעה מדעית יחידים מעלה כי ישראל מגלה מצויינות (להבדיל מממוצע) המתבטאת בחלקה היחסי הגבוה בין הפרסומים המצוטטים ביותר, בחלקה היחסי הגבוה בפרסומים בכתבי העת המובילים, ובשיעור הפרסומים שלה שנכתבו בשיתוף פעולה עם התעשייה. מצויינות זו מופיעה בחלק נכבד של השטחים, למרות שאינה מתבטאת ברמה הכללית הממוצעת של השטח והמדינה.

3. ניתוח הפעילות המדעית בשטח מדעי המוח

שטח מדעי המוח זוכה בעשור האחרון לפריחה: ברוב האקדמיות בישראל הוקמו מרכזים ייעודיים למדעי המוח, נפתחו מסלולי הכשרה בכל רמות התארים, הצטרפו לאקדמיה חוקרים בתחום, הוקמו מרכזי מצוינות (I-CORE) ותכניות מימון מטעם הקרן הלאומית למדע. מגמה זו של שגשוג בשטח מדעי המוח אינה ייחודית לישראל והיא בולטת גם במחקר העולמי: מדעי המוח הוא אחד התחומים המתקצבים ביותר באיחוד האירופי, ומאגדי מחקר בינלאומיים בתחום זה הוקמו באיחוד האירופי ובארצות הברית, להם שותפים גם מדענים מישראל.

מדעי המוח הוא שטח מעניין וחשוב במיוחד גם מכיוון שהוא מערב מחקר מדיסציפלינות שונות לא רק בתחומי מדעי החיים והמדעים המדויקים, אלא גם מתחומי החברה והרוח. בכך הוא משקף את הגישה המדעית כיום: טרנס-דיסציפלינריות ומיזוג של גישות מתחומים שונים להתמודדות עם אתגרים (Transdisciplinarity, Convergence and Problem-solving integrated approaches).

בפרק זה אנו מבקשים לסקור את התמורות שחלו בתחום מדעי המוח בישראל כפי שהן משתקפות בנתונים ביבליומטריים ואחרים.^{9, 10}

⊕ על רב-תחומיות מדעי המוח

"על האדם לדעת כי מן המוח, ורק מן המוח, מתעוררים תענוגותינו, שמחתנו וצחוקנו וכן גם עיצבוננו, כאבנו, סבלותינו ודמעותינו, ובמיוחד - באמצעותנו אנו חושבים, רואים, שומעים ומבחינים בין רע לטוב" - כך אמר היפוקרטס כבר במאה החמישית.

למרבה הצער, בעוד שהמוח האנושי הוא היסוד ליכולות מופלאות של תחושות ורגשות, האחראים לחשיבה, תנועה, אהבה, סקרנות ויצירתיות, הוא גם המקור למחלות קשות המציבות אתגרים בפני הרפואה.

המוח האנושי מציג מורכבות אדירה: חקר המוח על חלקיו השונים תחום בין סדר גודל של מאות מילימטרים ועד אלפית האלפית של מילימטר; בין תהליכים שאורכים אלפית השנייה, ועד תהליכים המתמשכים על פני שנים. נציין, שתחת כל הנחה מקילה שנתיר לעצמנו בתיאור מערכת רבת היקף שכזו, מספר הצירופים הזמינים של מרכיבי המוח, אפילו אם נתעלם מממד הזמן, חורג בהרבה ממספר החלקיקים ביקום כולו.

לפיכך, את השיפור בהבנת ההיבטים בתפקוד המוח ניתן להשיג רק באמצעות סביבת מחקר הפרושה על פני רמות שונות ובין מדענים מתחומים מגוונים.

בהתאם, המחקר במדעי המוח משלב כיום מדענים מתחומי דעת שונים כמו נוירולוגיה, פיזיולוגיה, ביולוגיה מולקולרית, גנטיקה, פרמקולוגיה, חישוביות עצבית (מודלים מתמטיים למבנה ותפקוד המוח וההתנהגות), רפואה, הנדסה, פסיכיאטריה, פסיכולוגיה, חינוך, מחשבים, בלשנות (תיאור חלקי).

כיום התגבשה ההבנה כי יצירת שיתוף פעולה בין חוקרים מתחומים שונים היא הדרך הנכונה לפיענוח פעולת המוח. שיתופי פעולה כאלה מביאים לפיתוח טכנולוגיות חדשניות, בחינת רעיונות משותפים של תיאורטיקנים ונסיינים ויישום ידע בפיתוח כלים רפואיים.

עם זאת, כאשר עובדים בתחומי מדע כה שונים בשיטות, מושגים, מתודולוגיה, מודלים ותאוריות שלהם – נשקפת סכנה לרידוד הבעיות. כיום עדיין אין תכלול במדעי המוח לכדי מדע אחד, וניתן לתארם כרב-תחומיים (להבדיל מבין-תחומיים).

⁹ התקופות שנבדקו עבור כל אחד מהמדדים נבחרו לפי זמינות הנתונים במאגרים הרלבנטיים

¹⁰ מתודולוגיות החיפוש מתוארות בפירוט בנספח ב'

לחקר המוח כיום יש מספר היבטים וביניהם:

רפואה: מחלות נוירולוגיות כמו אפילפסיה, טרשת נפוצה, אלצהיימר ופרקינסון; יכולת התחדשות של חלק מתאי המוח; מחלות נפש כמו דיכאון וסכיזופרניה.

קוגניציה: חקר תפקודים מנטליים גבוהים כמו למידה, תפיסה, קשב, שפה, זיכרון, רגשות – וגם הפרעות לתפקודים אלה כמו דיסלקציה – וההקשר המוחי שלהם.

מחשבים: פיתוח מחשבים רבי עוצמה ורובוטים אינטליגנטיים בהשראת המוח האנושי; ממשק אדם-מכונה.

טכנולוגיה: שילוב מחקר הנדסי ורפואי הן למטרות אבחון ולימוד והן למטרות ריפוי.

הבנת מוצא הרוח מן החומר: השאיפה (השנויה במחלוקת) להבנת נפש האדם במושגים ביולוגיים.¹¹

⊕ הסיווג לקטגוריות (שטחי מדע)

מאגרי המידע של Elsevier מקטלגים את הפרסומים המדעיים ל-26 שטחי מדע ראשיים, על פי השייך הקטגורי של כתב העת בו הופיעו הפרסומים. סיווג זה לפי כתבי עת עלול להשמיט פרסומים המופיעים בכתבי עת שאינם מסווגים לשטח בו הפרסום עוסק. הדבר נכון במיוחד לפרסומים בקטגוריה רב-תחומית כמו מדעי המוח (כמתואר לעיל). יש לציין, שבכל מקרה מאגרי המידע אינם מתיימרים לכסות את כל הפרסומים המופיעים (אלא כאלה המופיעים בכתבי עת הנבחרים מחדש מדי תקופה), וגם סיווג לפי מילות מפתח בפרסומים אינו מבטיח כיסוי מושלם. ההנחה היא שככל שיש הטיות והשמטות – הן מופיעות בצורה אחידה ולכן יש בסיס להשוואה תקפה בין פרסומים של מדינה לאורך זמן או בין מדינות שונות.

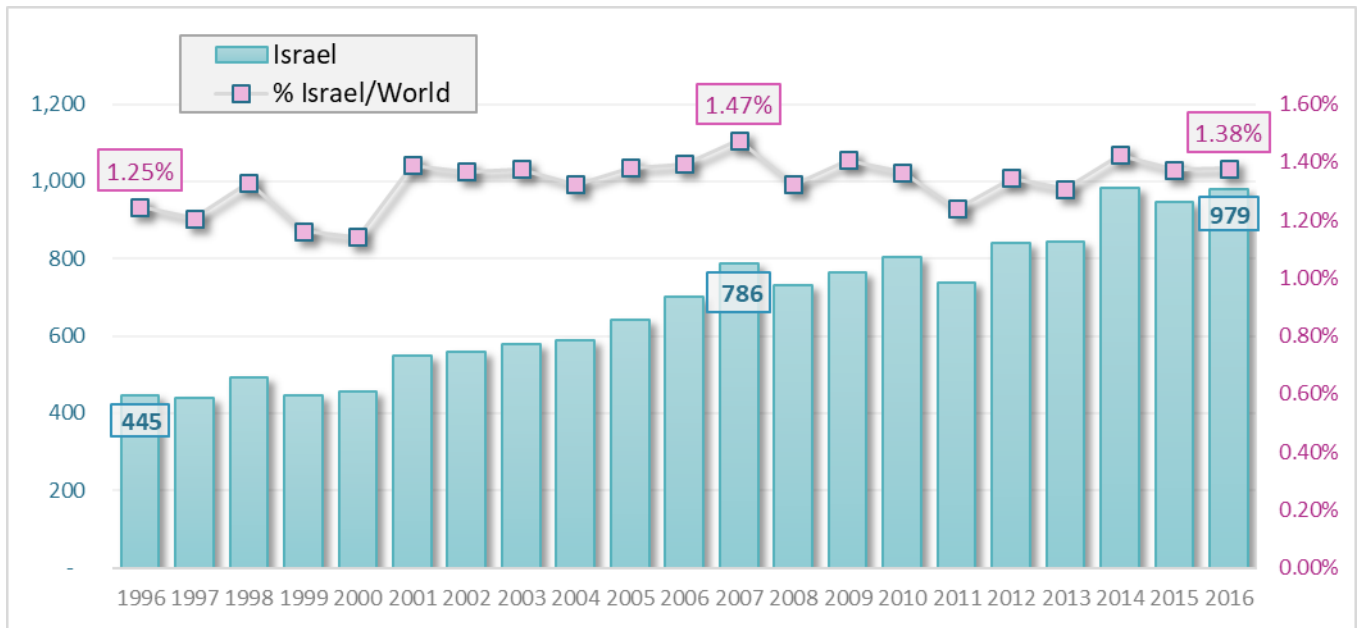
⊕ מספר הפרסומים

מספר פרסומי ישראל בקטגוריית מדעי המוח בעשרים השנים האחרונות מתואר באיור 10. ניתן לראות כי לאורך התקופה חלה עליה נמשכת בפרסומי ישראל, אשר שמרה ואף הגדילה מעט את חלקה של ישראל בפרסומי העולם בשטח זה. ראוי לציין כי דירוג השטח בהתפלגות פרסומי ישראל גבוה (13) ביחס לדירוגו בעולם (19, ראו פרק 2).

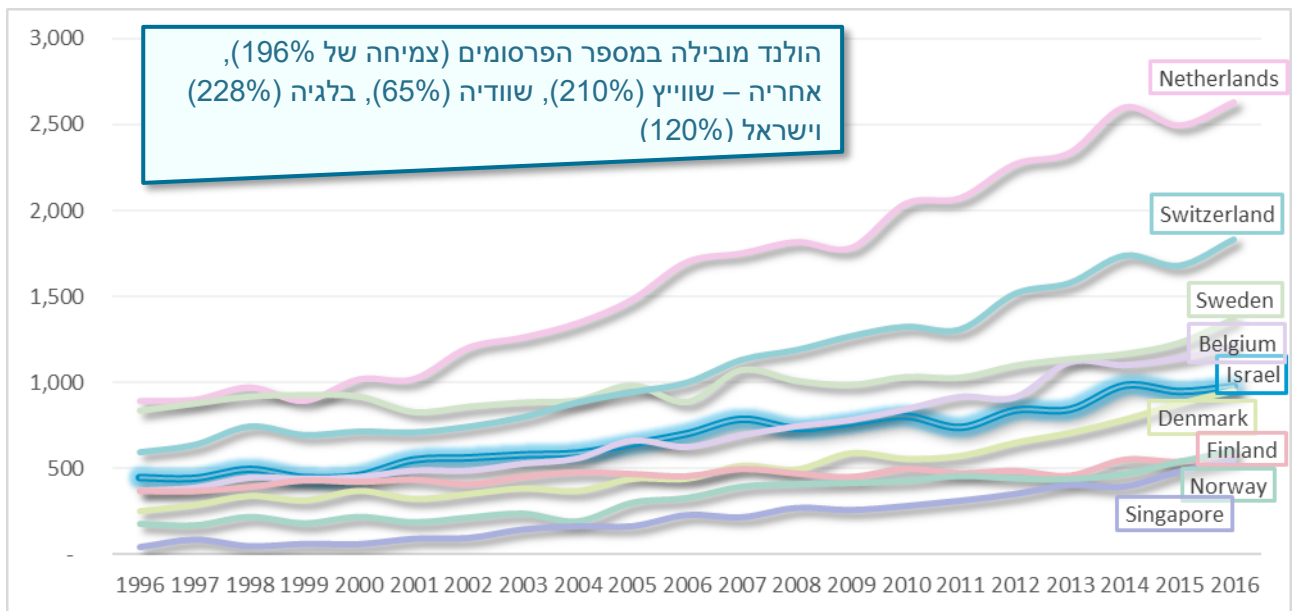
¹¹ תת-פרק זה מבוסס על ומצטט את המקורות הבאים: מרום, שמעון, הפיתוי הנצחי, אודיסאה 6, 2010 ;

Boris, K., Felix, T., Thomas, B., Andreas, D., Thomas, F., Felix, H., ... & Stephan, S. (2016). Methodological Problems on the Way to Integrative Human Neuroscience.

איור 10: מספר הפרסומים בקטגוריית מדעי המוח ושיעורם מפרסומי העולם



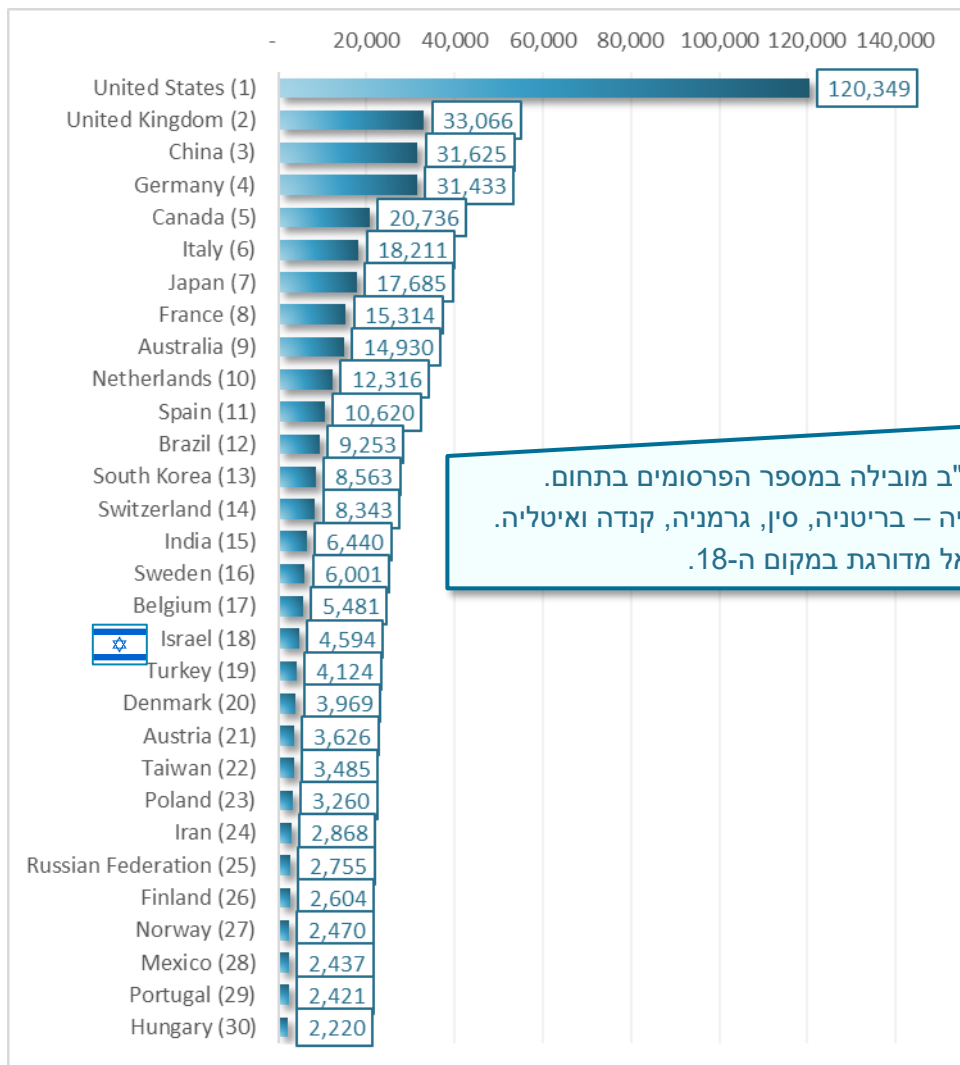
עם זאת, העליה במספר הפרסומים בישראל היא מתונה ביחס למדינות אחרות, כפי שניתן לראות באיור 11.

איור 11: מספר הפרסומים בקטגוריית מדעי המוח – ישראל בהשוואה למדינות נבחרות¹²

בדירוג המדינות המובילות במספר הפרסומים בישראל מדורגת במקום 18 במדעי המוח, כפי שניתן לראות באיור 12 (בדירוג כלל השטחים בישראל מדורגת במקום 34 בשנת 2016).

¹² מדינות בעלות אוכלוסיה שגודלה דומה לאוכלוסיית מדינת ישראל

איור 12: דירוג המדינות לפי מספר הפרסומים בקטגוריית מדעי המוח – 2012-2016



מספר החוקרים

קיים קושי בהגדרת מספר החוקרים המדויק בתחום מדעי המוח, בין היתר משום שהחוקרים מגיעים מפקולטות שונות. השינוי במספר מחברי המאמרים עשוי לשמש כפרוקסי להערכת השינוי במספר החוקרים בתחום. החישוב הבא מתבסס על מספר המחברים הישראלים שהשתתפו בכתיבת מאמרים בתחום מדעי המוח ב-2010 לעומת 2015. כדי למנוע ספירה של חוקרים שאינם ישראלים החישוב בוצע רק על מאמרים שנכתבו ללא שת"פ בינלאומי (כלומר, חוקרים ישראלים שכל המאמרים שלהם נכתבו בשת"פ בינלאומי בשנים שנבדקו – לא נכללו בספירה).

- ב-2010-11 – 1,913 מחברים

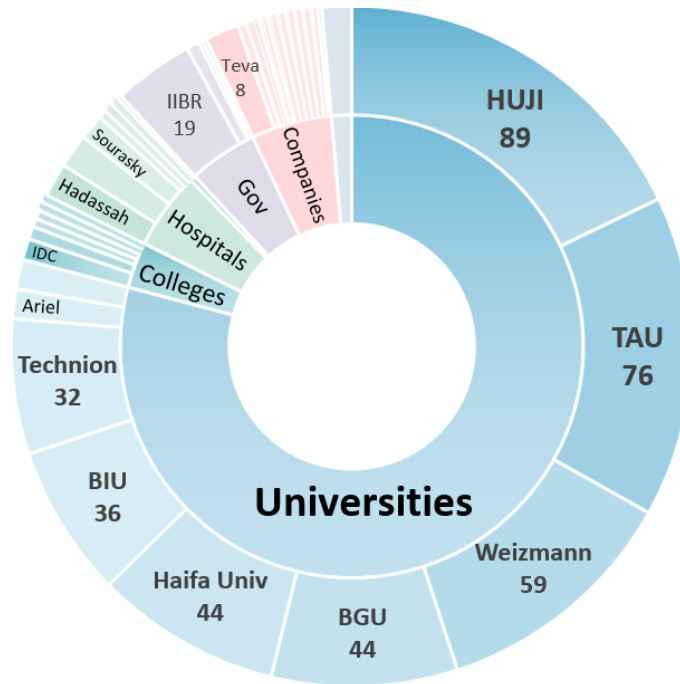
- ב-2015-16 – 2,350 מחברים

זוהי עליה של 23% במספר המחברים הישראלים שהשתתפו בכתיבת מאמרים בתחום מדעי המוח (מספר המאמרים שנכתבו ללא שת"פ בינלאומי עלה מ-821 ל-875 - עליה של 7% בתקופות שנבדקו).

מקור נוסף בו השתמשנו לאימות מספר המחקרים הינו אתר Israel Society for Neuroscience שכולל 2,495 חברים¹³, מהם 531 מוגדרים כ-Regular members. קבוצה זו שימשה כבסיס לבדיקה הנוכחית (1,675 מהחברים באתר הם סטודנטים).

לאחר ניקוי הנתונים והורדת הכפילויות נותרו 498 חוקרים וחברים בעלי שיוך ישראלי (במקרים הבודדים שבהם מופיע שיוך כפול השתמשנו בדרך כלל בשיוך הראשון שנרשם עבור החוקר). בגרף הבא ניתן לראות את התפלגות 498 החברים לפי מוסדות:

איור 13: התפלגות החוקרים במדעי המוח לפי מוסדות



מדעי המוח – שיתופי פעולה ישראלים בכתיבת מאמרים

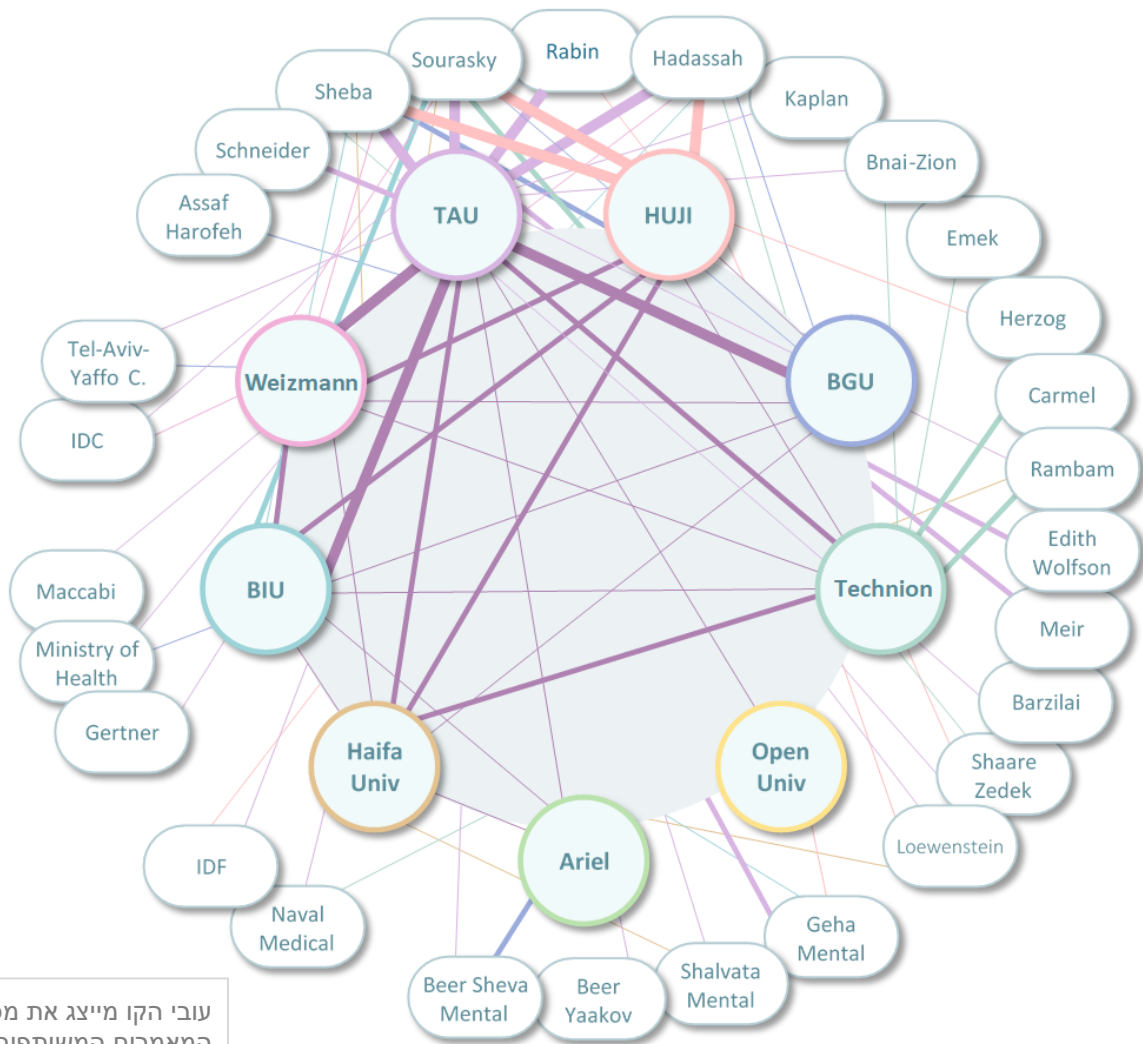
שיתוף פעולה מדעי ניתן לבדיקה ברמות שונות: ברמת החוקר היחיד, ברמת המוסד, ברמה לאומית וברמה בינלאומית. מקובל להניח כי שיתופי פעולה במדע תורמים לביצועים המדעיים והדבר ניכר גם במדדי ההשפעה המדעית (אימפקט) של פרסומים.

בפרק זה יתוארו שיתופי פעולה בפרסומים ברמה הלאומית ואחר כך ברמה הבינלאומית.

האיור הבא מתאר קשרים מדעיים לפי מספר מאמרים משותפים בתחום מדעי המוח בין האוניברסיטאות ובין האקדמיות לשאר המוסדות בין השנים 2012-2016. המפה מתארת קשרים הכוללים למעלה מ-5 מאמרים בתקופה שנבדקה. אוניברסיטת תל אביב והאוניברסיטה העברית בולטות במיוחד בפרסומים המשותפים להן ולאקדמיות אחרות וכן לבתי חולים.

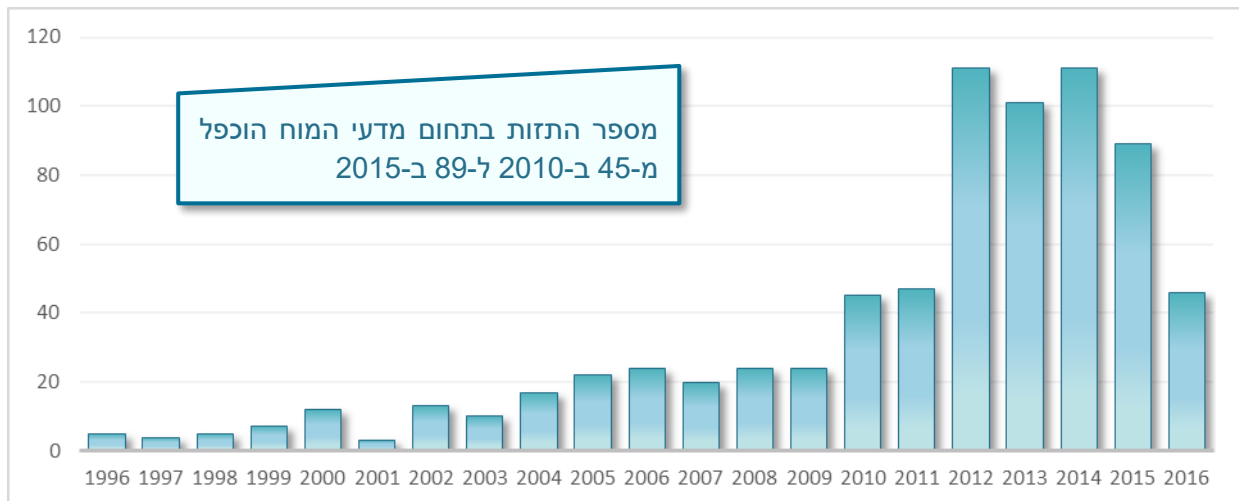
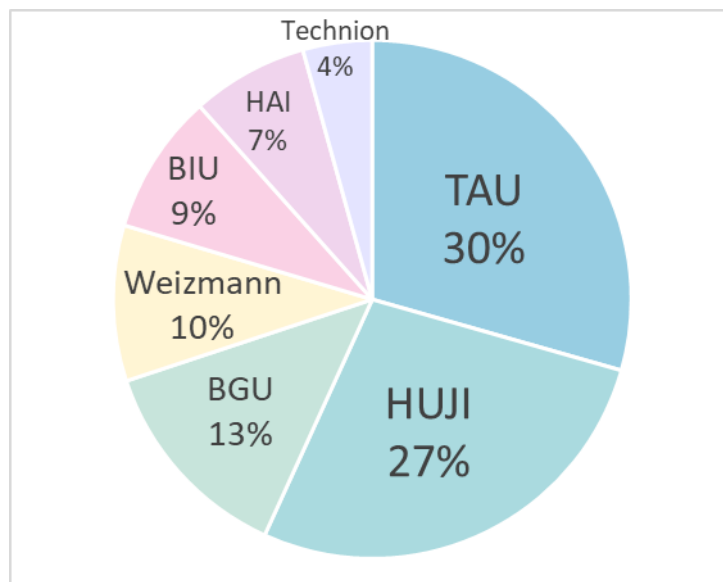
¹³ הנתונים נכונים לאוגוסט 2017, מקור: Israel Society for Neuroscience (ISFN)

איור 14: מפת הקשרים בתחום מדעי המוח בין האוניברסיטאות לשאר המוסדות



מספר התזות

איור 15 מתאר את השינוי במספר התזות לתואר שני ושלישי שהוגשו בישראל בתחום מדעי המוח. ניתן לראות שבין 2010 לשנת 2015 הוכפל מספר התזות. התפלגות התזות לפי מוסדות הלימוד מתוארת באיור 16.

איור 15: התפלגות התזות¹⁴ בתחום מדעי המוח לפי שניםאיור 16: התפלגות התזות¹⁴ בתחום מדעי המוח לפי אוניברסיטאות

מדעי המוח – מרכזי I-CORE

תוכנית מרכזי המצוינות (I-CORE: Israeli Centers of Research Excellence) היא יזמה של הו"ת ושל ממשלת ישראל, כחלק מהתוכנית הרב-שנתית בהשכלה הגבוהה, שבמסגרתה הוקמו בהדרגה מרכזי המצוינות – מרכזי מחקר מובילים במגוון תחומים. מרכזי המצוינות והחזון שהתוכנית מייצגת נועדו לחזק תשתית ולטווח ארוך את מעמדה המחקרי של מדינת ישראל ואת האטרקטיביות שלה בקרב חוקרים מובילים בארץ ובעולם.

התוכנית עוצבה בוועדה לתכנון ולתקצוב ואומצה בממשלת ישראל ביום 14.3.2010 – להחלטת הממשלה.

¹⁴ המקור לנתונים: מאגר התזות של הקטלוג המאוחד הישראלי – ULI (תזות תואר שני ושלישי). המתודולוגיה המפורטת בה השתמשנו לספירת התזות באיור זה מתוארת בנספח ב'

התוכנית מנוהלת במשותף בידי הוועדה לתכנון ולתקצוב והקרן הלאומית למדע.¹⁵

במסגרת תוכנית זו הוקמו שני מרכזים העוסקים במדעי המוח, והנה תיאורם:

■ המרכז לחקר הבינה המשחזרת (מלב"מ): מן הנתפש לנזכר ובחזרה

קבוצה בניהולו המדעי של פרופ' ידין דודאי ממכון ויצמן למדע ובשיתוף חוקרים ממכון ויצמן, מאוניברסיטת בר-אילן, מאוניברסיטת תל-אביב, ממכללת עמק יזרעאל ומהמרכז הרפואי סוראסקי.

המרכז פועל משנת 2011 ל-5 שנים, התקציב: 40,000,001 ₪

"הבנת המוח האנושי היא האתגר המדעי הנועז ביותר של המאה ה-21. בעזרתה נוכל להבין טוב יותר התנהגויות אנושיות, למנוע מחלות נפש והתדרדרות קוגניטיבית, ולפתח מחשבים רבים עוצמה ורובוטים אינטליגנטיים בהשראת המוח האנושי, לתועלת האדם והחברה. מהפכת המוח צפויה להפוך אותנו לבריאים יותר, את הכלכלה שלנו לעשירה יותר ואת התרבות שלנו לתורמת ומהנה יותר. אולם, נוכח המורכבות האדירה של המוח האנושי, המשימה היא מאתגרת מאוד. בדרך להשגתה עלינו לפענח את השפה הפנימית של המוח, כלומר את המסרים שבכל שניה במהלך חיינו משוגרים בין מיליארדי תאי עצב באמצעות מיליארדי נקודת מגע. המדע עדיין לא השיג זאת, וגם במקרים בהם עלה בידנו להאזין ל"שיחות" פנימיות של המוח, השפה היא זרה לנו, המסרים קטועים ואנו אבודים בתרגום. הגישה במרכז המצוינות תהיה לפתח יכולות חדשות, שיאפשרו מעקב מפורט אחר הפעילות החשמלית ברשת של תאי עצב הממוקמים בחלקי המוח המופקדים על חשיבה, דימות והתנהגויות. החוקרים ינסו ליירט מסרים על פני זמן ומרחב, ולשייך אותם למצבים קוגניטיביים, רגשות ופעולות אנושיות. בסופו של התהליך החוקרים מקווים לייצר מעין "אבן רוזטה" שבעזרתה נוכל לתרגם את כתב החרטומים של המוח למידע ולמנגנונים שניתן להבינם."

במסגרת המרכז נקלטו 9 חוקרים חדשים.

■ המרכז הישראלי הרב-תחומי לחקר טראומה המונית: ממחקר בסיסי ליישום מניעה וטיפול

קבוצה בניהולה המדעי של פרופ' זהבה סולומון מאוניברסיטת תל-אביב ובשיתוף חוקרים מאוניברסיטת תל-אביב, מאוניברסיטת בר-אילן, מהאוניברסיטה העברית בירושלים, ממכון ויצמן למדע ומהמרכז הבינתחומי הרצליה.

המרכז פועל משנת 2012 ל-6 שנים, התקציב: 17,429,390 ₪

"מטרתו העיקרית של המרכז לחקר טראומה המונית הוא להיות בסיס תמיכה למחקר שיטתי תוך שיתוף פעולה בין חוקרים מובילים ממגוון דיסציפלינות ובהן אפידמיולוגיה, בריאות הציבור וניהול משברים, עבודה סוציאלית, פסיכולוגיה, פסיכיאטריה, נירוביולוגיה ונורוביולוגיה מולקולרית. לחוקרי מרכז המצוינות לחקר טראומה המונית שיתופי פעולה נרחבים ביותר על פני 4 יבשות עם החוקרים המובילים בתחומים הרלוונטיים. המרכז יוזם ואף החל לבצע מחקרים שיבחנו מוכנות, הסתגלות ועמידות של פרטים, משפחות וקהילות, מחקרים לאיתור גורמי סיכון וחוסן ומחקרים לאיתור והערכת התערבויות שיטתיות לפני, במהלך האירועים הטראומטיים ולאחריהם. יתרה מזאת, המרכז מתכוון לשמש פלטפורמה למשיכת חוקרים צעירים ישראלים זרים, לאפשר החזרת חוקרים ישראלים ולעודד שותפויות בינלאומיות, ובכך לתרום לגיבוש דור חדש של תלמידים וחוקרים שיזכו להכשרה רב תחומית מעמיקה בתחומי התמודדות עם טראומה המונית."

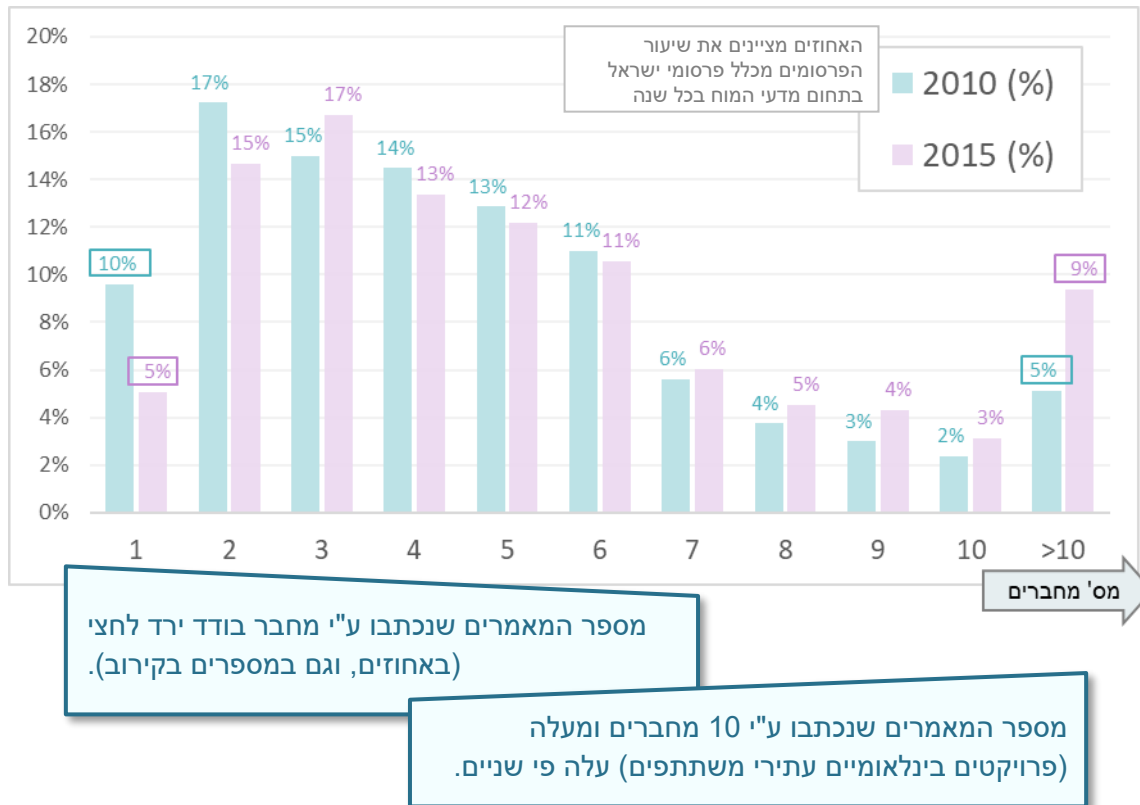
במסגרת המרכז נקלטו 2 חוקרים חדשים.

¹⁵ המידע לתת-פרק זה נאסף מאתר הקרן הלאומית למדע - Israel Science Foundation (ISF)

מדעי המוח – שיתופי פעולה בינלאומיים בכתיבת מאמרים

הגרף הבא מציג את התפלגות המאמרים הישראלים בתחום מדעי המוח לפי מספר המחברים – 2010 לעומת 2015 (801 לעומת 927 פרסומים ישראלים בהתאמה). ניתן לראות ששיתופי הפעולה בפרסומים עלו בין השנים 2010 ל-2015, ובמיוחד עלה מספר הפרסומים שנכתבו על ידי 10 מחברים ומעלה, בהם בעיקר פרסומים בינלאומיים רבי-משתתפים. תמונה זו מתאימה גם לשטחי מדע אחרים, כמתואר בפרק 4.

איור 17: התפלגות המאמרים הישראלים בתחום מדעי המוח לפי מספר המחברים¹⁶

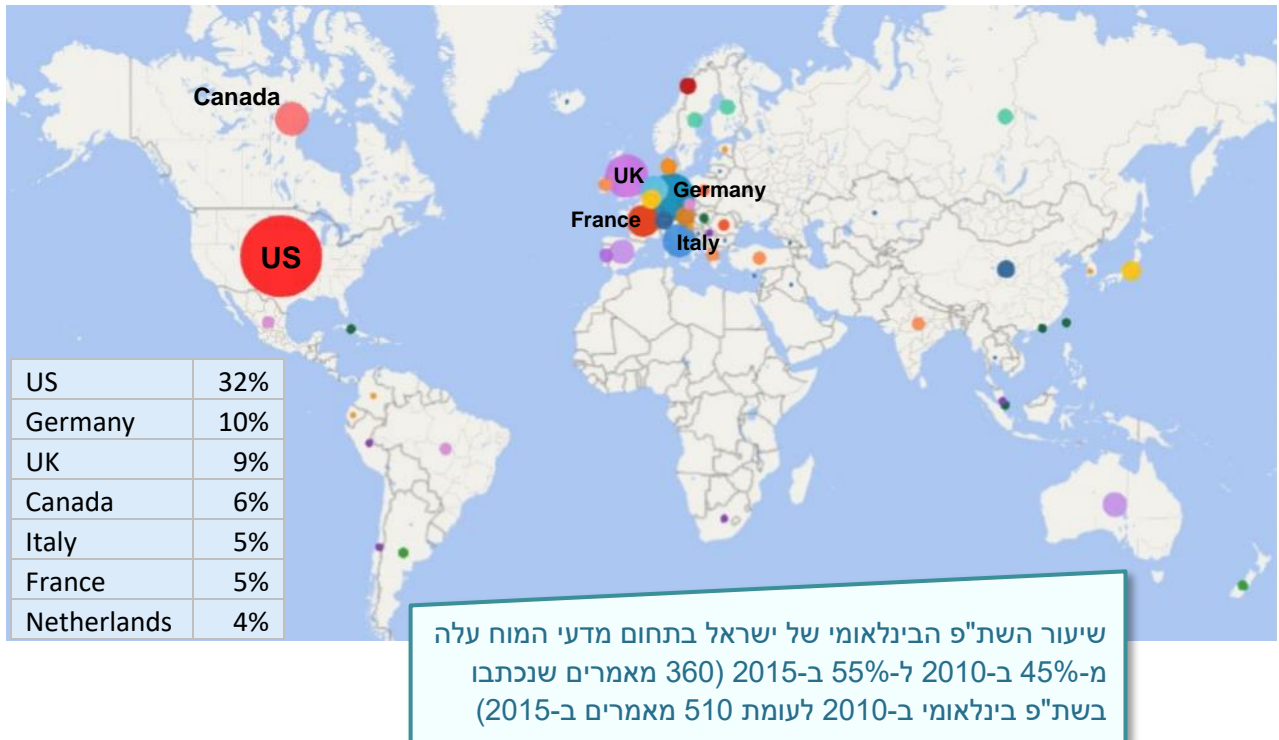


¹⁶ בבדיקות שערךנו מצאנו כי במוצע כ-2% מהפרסומים הישראלים שנכתבו ללא שת"פ בינלאומי חוברו ע"י למעלה מ-10 מחברים, כך שניתן להניח שרוב המאמרים שנכתבו ע"י למעלה מ-10 מחברים נכתבו בשת"פ בינלאומי

שיתוף פעולה בינלאומי

שיתופי פעולה במדע, ובעיקר שיתופי פעולה בינלאומיים, תורמים לביצועים המדעיים והדבר גם ניכר באופן בולט במדדי השפעה מדעית – האימפקט של פרסומים (ראו להלן פרק 4). במפה הבאה ניתן לראות את התפלגות שיתופי הפעולה של חוקרים ישראלים עם חוקרים בעולם בתחום מדעי המוח – 2015. הטבלה מציגה את שיעור הפרסומים המשותפים עם כל מדינה מכלל פרסומי ישראל במדעי המוח באותה שנה.

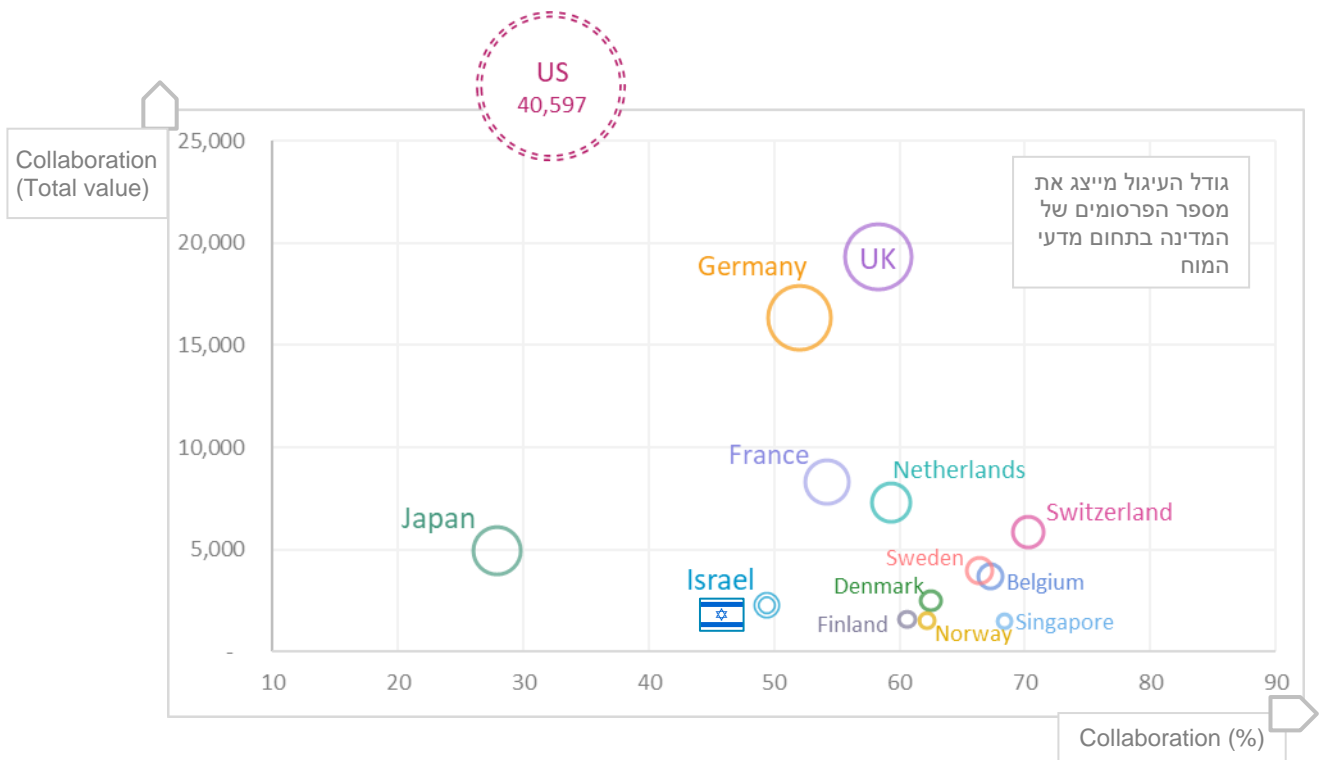
איור 18: מפת שיתופי הפעולה של חוקרים ישראלים בתחום מדעי המוח - 2015



ניתן לראות כי שיעור שיתוף הפעולה הבינלאומי במדעי המוח עלה ב-10% בין השנים 2010 ל-2015, והוא גבוה כיום (55%) מהשיעור בכלל פרסומי ישראל (47.5% בשנת 2015). מפת שיתופי הפעולה של ישראל בשטח זה דומה למפה של כלל פרסומי ישראל: ארה"ב, גרמניה ואנגליה מובילות במספר הפרסומים המשותפים.

אולם, כפי שניתן לראות באיור 19, שיעור השיתוף הבינלאומי של ישראל במדעי המוח עדיין נמוך בהשוואה למדינות אחרות, ובעיקר למדינות הדומות בגודל אוכלוסייתן לישראל.

איור 19: מדעי המוח – השוואת מדינות נבחרות¹⁷ לפי שנת פ"פ¹⁸ בינלאומי, 2012-2016



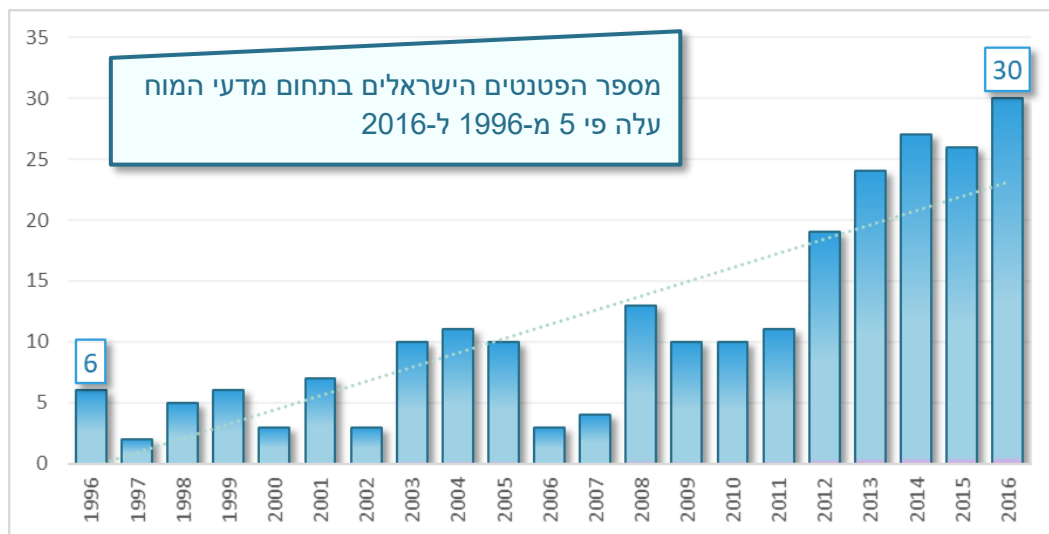
¹⁷ הדירוג כולל מדינות שגדול אוכלוסייתן דומה לזה של ישראל ומדינות שזוהו ע"י צוות המחקר כמדינות מובילות בתחום מדעי המוח

¹⁸ האחוז מציין את שיעור השת"פ הבינלאומי מכלל פרסומי המדינה בתחום מדעי המוח

רישום פטנטים מעיד על ידע מקורי שיש לו או צפוי לו מסחור. ידע זה עשוי להתבטא בפרסומים קודם לרישום הפטנט או ישירות בפטנט, מהאקדמיה או מהתעשייה. לפיכך, עלייה ברישום פטנטים בתחום מסויים מעידה על פעילות בתחום, ומשלימה את תמונת התחום הנשקפת מניתוח פרסומים ותיזות.

הגרף הבא מציג התפלגות של 249 פטנטים בתחום מדעי המוח שהוגשו ע"י ממציא ו/או חברה ישראלים ופורסמו ע"י משרד הפטנטים האמריקאי (USPTO), לפי שנת פרסום הפטנט (Date of Patent).

איור 20: התפלגות הפטנטים בתחום מדעי המוח



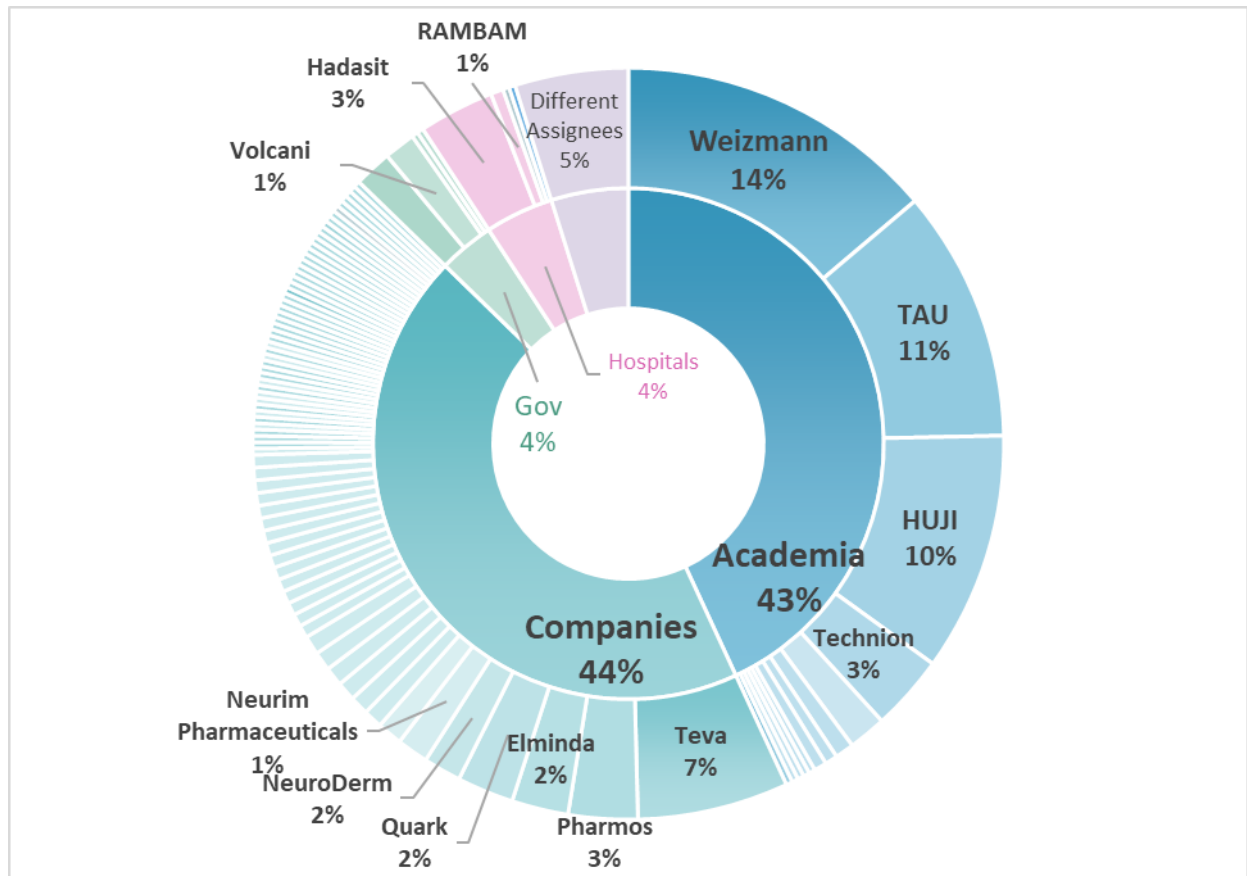
בעשרים השנים האחרונות עלה מספר הפטנטים שהוגשו בתחום מדעי המוח פי 5. עליה זו מעידה על פעילות נמרצת במחקר ופיתוח בתחום מדעי המוח.

אילו גופים מגישים פטנטים בתחום מדעי המוח?

הגרף הבא מציג התפלגות לפי אוניברסיטאות וחברות של 369 פטנטים (PCT) בתחום מדעי המוח שהוגשו ע"י ממציא ו/או חברה ישראלים ופורסמו ע"י WIPO (World Intellectual Property Organization).

כפי שניתן לראות באיור 21 כ-90% ממספר הפטנטים נחלקים באופן כמעט שווה בין האקדמיה לתעשייה. בולט במיוחד חלקו הגדול של מכון ויצמן, על אף שאינו האקדמיה עם מספר החוקרים הגבוה ביותר בתחום זה.

איור 21: התפלגות הפטנטים בתחום מדעי המוח לפי אוניברסיטאות וחברות, 1996-2016



מאגדי מגנט

דרך נוספת לעמוד על מידת הבשלתו של ידע אקדמי למסחור, נוסף להגשת פטנטים, היא השתתפותם של חוקרים בתחום במאגדי מגנט.

מינהלת מגנט (מחקר ופיתוח גנרי טכנולוגי) היא גוף הפועל לעידוד מחקר ופיתוח באקדמיה ובתעשייה הישראלית. המינהלת פועלת תחת אחריותו ותקציבו של המדען הראשי במשרד הכלכלה. עיקר פעילות המינהלת הינו עידוד מו"פ גנרי – מו"פ ארוך טווח, ועידוד העברת ידע מהאקדמיה לתעשייה, בעזרת תמיכה בפרויקטי מחקר ופיתוח משותפים לחברות תעשייתיות ולחוקרים אקדמאיים.

בתחום מדעי המוח פועל כיום מאגד אחד, להלן תיאורו¹⁹:

The Brain Stimulation-Monitoring-Treatment or BSMT consortium has been organized and financed by the MAGNET Program of the Chief Scientist Officer (CSO) of the Israeli Ministry of Economy. The consortium consists of 5 industrial companies (AlphaOmega LTD, Brainsway LTD, EIMindA LTD, Or-Nim LTD, Insightec LTD) and 11 research groups from 6 different academic institutions.

¹⁹ BSMT - Brain Stimulation-Monitoring-Treatment Consortium ([website](#))

The purpose of the consortium is to establish generic technologies for the integration of neurostimulation technologies with monitoring technologies for the ultimate goal of treating brain diseases with a system based on the principles of closed-loop feedback and personalized treatment. These aims are closely linked to the goals of the discovery and utilization of neuro-markers of brain disorder to optimize treatment. This represents a topical, emerging area with huge potential for in the development of radically new ways of treating disease.

The neurostimulation technologies available to the partners in the consortium include deep transcranial magnetic stimulation (dTMS), focused ultrasound (FUS) and deep brain stimulation (DBS). The monitoring technologies include electroencephalograms (EEG), wherein the EEG signals are analyzed in order to deliver networks (BNA), non-invasive monitoring of blood hemodynamics, magnetic resonance imaging (MRI), micro-electrode recordings (MER) and other intracranial recordings.

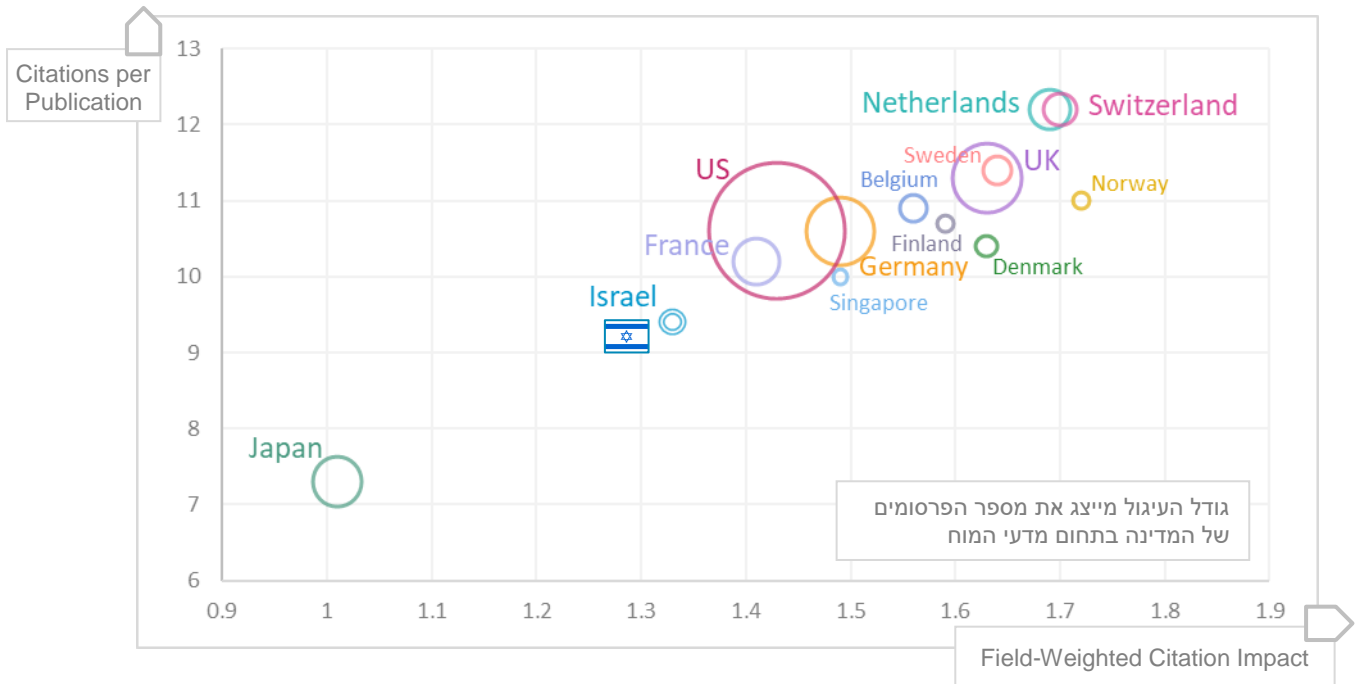
Neurostimulation technologies such as TMS and DBS are being increasingly used in the clinical treatment of neuropsychological disorders and conditions such as depression, due to their partial effectiveness at treating states of the condition that have normally been considered treatment-resistant based on conventional (usually, pharmaceutical) treatment. However, uptake of these technologies into the clinical mainstream is still relatively slow. Similarly, monitoring technologies such as EEG have proved very effective for diagnosis and examination of disease progression. However, their use to inform and optimize treatment in a real-time fashion has largely not been exploited. The goal of the consortium is therefore to improve the efficiency of treatment with neurostimulation by development of closed-loop feedback from monitoring technologies, thereby promoting the economic growth of both arms.

השפעה מדעית

האיורים הבאים מתארים מדדי השפעה מדעית של פרסומי ישראל בשטח מדעי המוח בהשוואה למדינות נבחרות. בפרק 2 הדין בפרסומי ישראל על פי שטחים מתוארים דירוגי ישראל במדדים אלה בהשוואה לכל המדינות שעברו סף של 0.5% מפרסומי העולם בשטח זה.

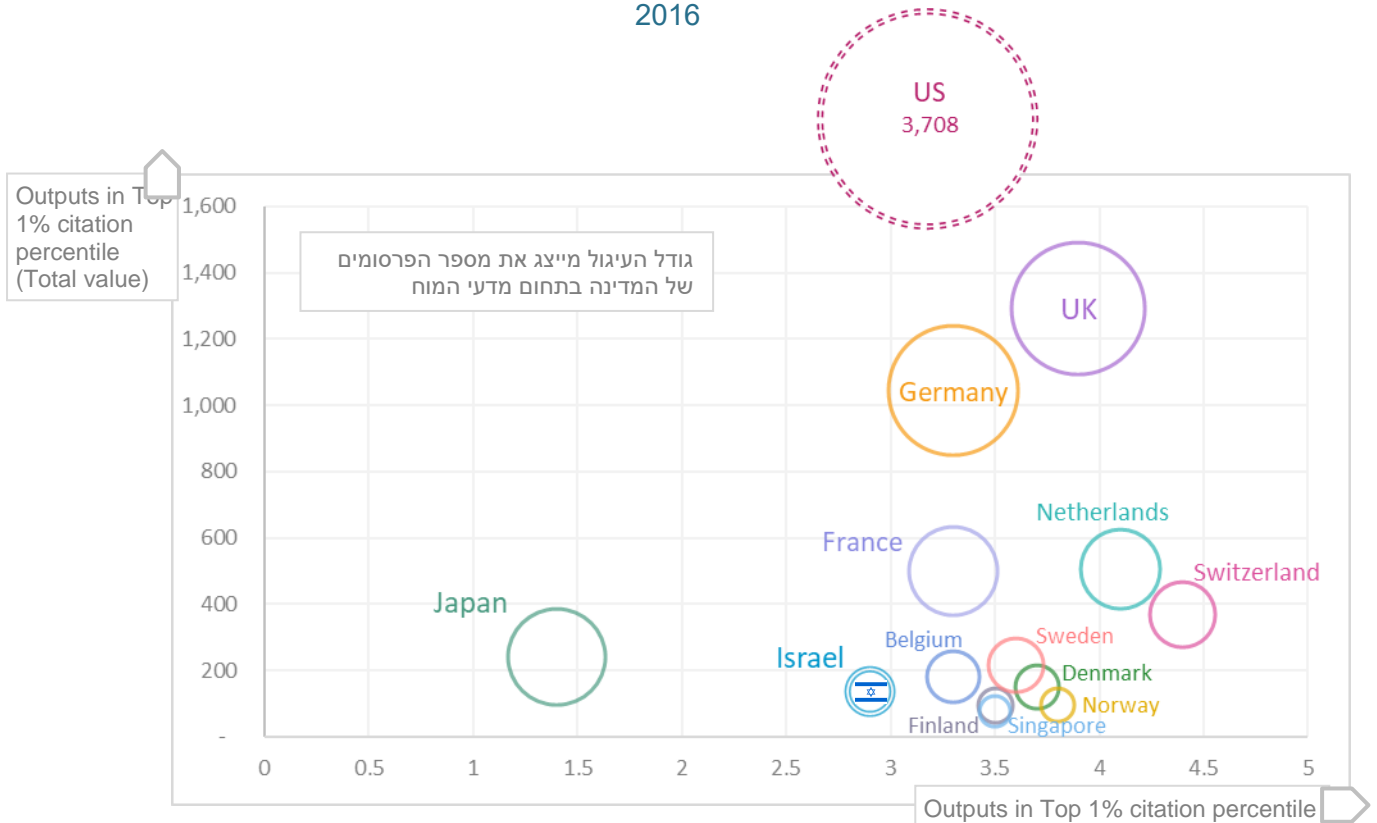
איור 22 מתאר את מקומה של ישראל במדדי ממוצע ציטוטים לפרסום, וניתן לראות כי זהו מקום נמוך יחסית למדינות האחרות בקבוצה זו.

איור 22: השוואת מדדי ציטוטים⁶ של מדינות נבחרות¹⁷ בקטגוריית מדעי המוח – 2012-2016



איור 23 מתאר את שיעור פרסומי המדינה המופיעים באחוזון העליון של המצוטטים ביותר בשטח מדעי המוח. גם במדד זה, המבטא מצויינות ולא ממוצע, מקומה של ישראל נמוך יחסית למדינות האחרות בקבוצה זו.

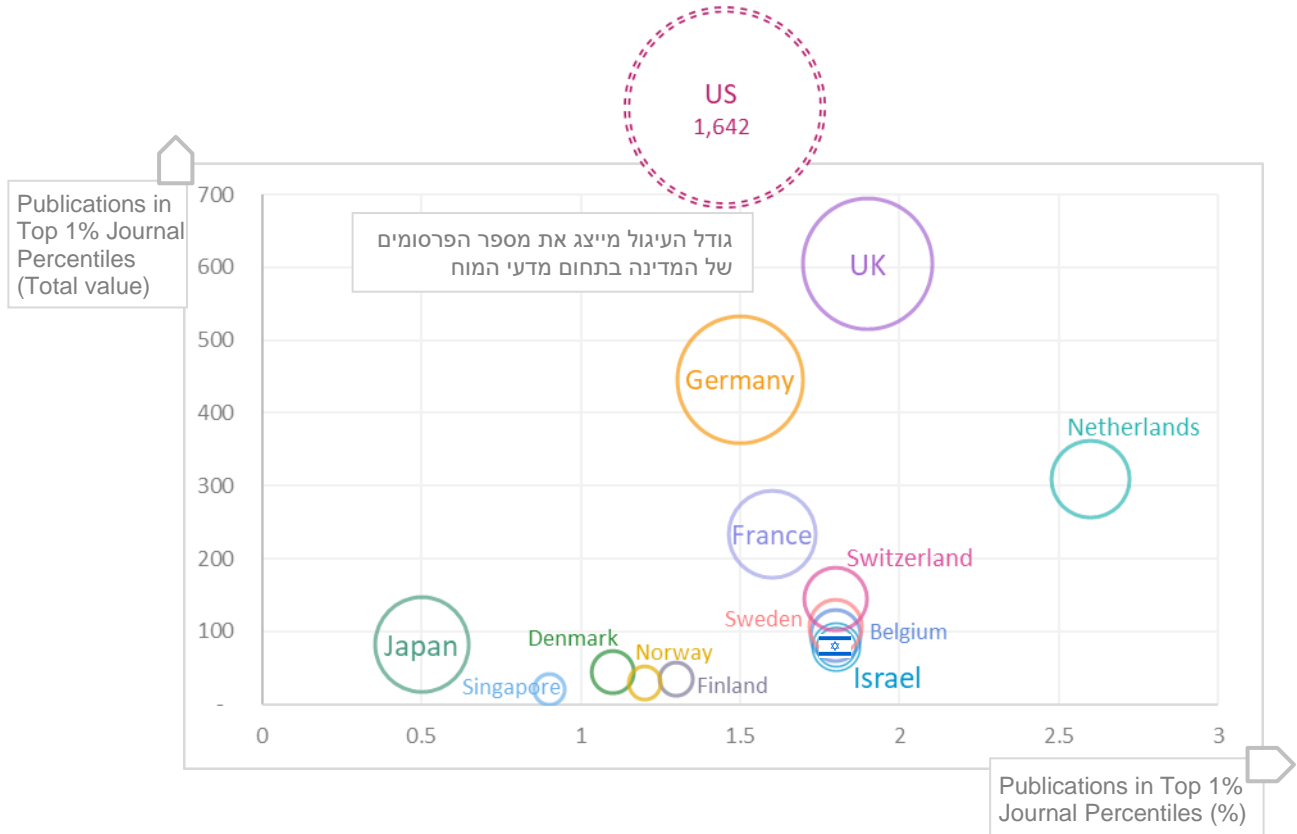
איור 23: מדעי המוח – השוואת מדינות נבחרות¹⁷ לפי²⁰ Outputs in Top 1% citation percentile – 2012-2016



²⁰ Outputs in Top Citation Percentiles: The number of publications of a selected entity that are highly cited, having reached a particular threshold of citations received

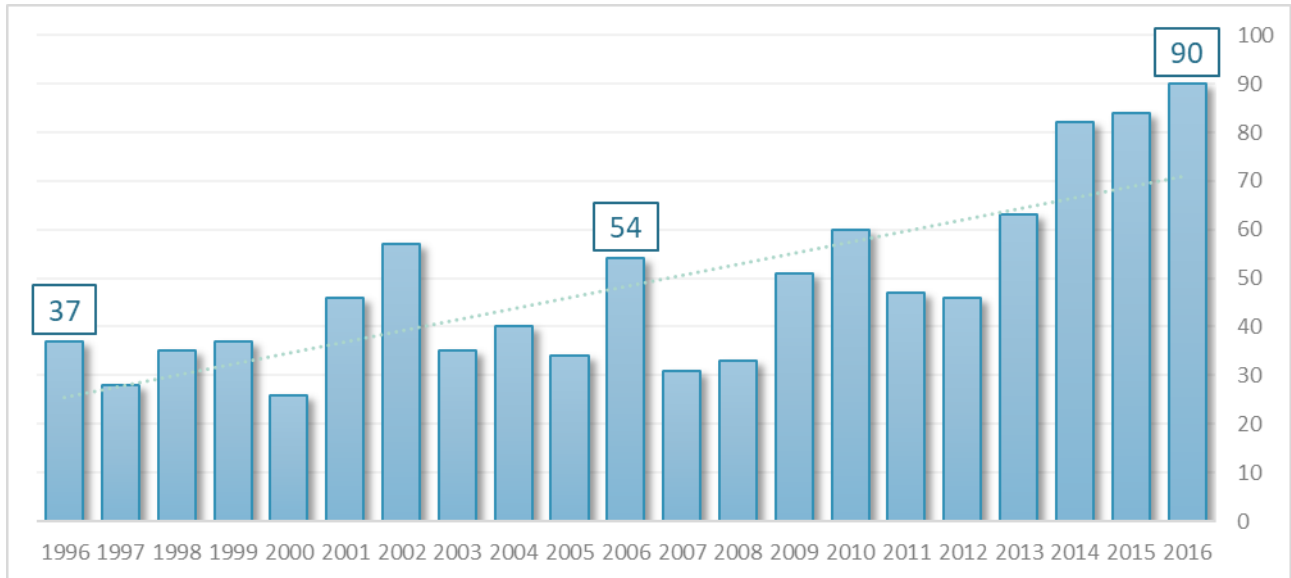
איור 24 מתאר את מקומה של ישראל במדד שיעור הפרסומים שלה בשטח מדעי המוח אשר הופיעו באחוזון העליון של כתבי העת המובילים. במדד זה מיקומה של ישראל גבוה בקבוצת מדינות זו, באופן דומה לביצועי ישראל בכלל השטחים. מאיור 25 ניתן ללמוד, כי שיעור הפרסומים של ישראל בכתבי העת המובילים עלה במשך השנים ובמיוחד בשנים האחרונות.

איור 24: מדעי המוח - השוואת מדינות נבחרות²¹ לפי Publications in Top 1% Journal Percentiles²¹ 2012-2016



²¹ Publications in Top Journal Percentiles: The number of publications of a selected entity that have been published in the world's top journals

איור 25: מספר הפרסומים הישראליים בקטגוריית מדעי המוח שפורסמו ב-15 כתבי העת המובילים עפ"י SJR²² 2016



רשימת 15 כתבי-העת ששימשו לאיסוף הנתונים באיור 25:

Nature Reviews Neuroscience	Trends in Neurosciences	eLife
Nature Neuroscience	Molecular Psychiatry	Progress in Neurobiology
Annual Review of Neuroscience	EMBO Journal	Current Opinion in Neurobiology
Neuron	Acta Neuropathologica	Annals of Neurology
Trends in Cognitive Sciences	Biological Psychiatry	Nature Reviews Neurology

לסיכום הפרק ניתוח הפעילות המדעית בשטח מדעי המוח

שטח מדעי המוח בישראל מציג דירוג גבוה ביחס לעולם בשיעור הפרסומים שלו, עליה נמשכת במספר הפרסומים, במספר התזות, בשיתופי הפעולה הבינלאומיים, ובשיעור הפרסומים המופיעים בכתבי העת המובילים. שני מרכזי המצויינות העוסקים בתחום זה גייסו חוקרים חדשים.

כן עולה זרימת הידע מן האקדמיה לתעשייה (באופן ישיר על ידי שיתופי פעולה או באופן עקיף על ידי בוגרי האקדמיה) כפי שמתבטא בעליה במספר הפטנטים, ובקימו של מאגד מגנט.

עם זאת, במדדי השפעה מדעית דירוגה של ישראל אינו גבוה.

²² SCImago Journal Rank (SJR) indicator ([source](#))

4. הקשר בין מספר החוקרים לממוצע הציטוטים

ההשפעה המדעית של פרסומים נבחנת כיום בעיקר על סמך נתוני ציטוטים: באופן ישיר - ממוצע ציטוטים לפרסום; שיעור הפרסומים המצויים באחוזונים העליונים של הפרסומים המצוטטים ביותר, או באופן עקיף - שיעור הפרסומים שהופיעו בכתבי העת המובילים (שנקבעו כמובילים על פי מספר הציטוטים שהתקבלו עבורם). מדדים אלו משמשים להערכת המחקר בדירוגים עולמיים שונים (מדד שנחאי, מדד לייזן, מדד טיימס) ומכאן גם על ההחלטות השונות של פרטים, מוסדות ומדינות.

במהלך השנים עסקנו רבות במדדים אלה, ונוכחנו לדעת כי מספר הציטוטים הממוצע לפרסום עשוי להיות מושפע מגורמים רבים וביניהם: מספר המחברים; שיתוף פעולה בינלאומי בפרסומים; שיתוף פעולה עם התעשייה בפרסומים; מספר הפרסומים.

שתי עובדות בולטות לעיין כאשר עוסקים בביבליומטריה:

הראשונה – מספר המחברים הממוצע של פרסום גדל מאוד בתקופה האחרונה. המחקר המדעי הופך יותר ויותר מורכב ומצריך תשתיות מחקר רחבות ויקרות, והתוצאה היא שבמדעים הניסויים גדלות קבוצות המחקר ומספר השותפים לפרסום. הנה לדוגמה המאמר פורץ הדרך על המבנה המולקולרי של חומצות הגרעין שנכתב בשנת 1953 על ידי 2 חוקרים והכיל 2 עמודים :

Watson, J.D., Crick, F.H.C. 1953. Molecular structure of nucleic acids: A structure for deoxyribose nucleic acid. Nature 171(4356), pp. 737-738

ולעומתו מחקר משנת 2012 בפיסיקה של חלקיקי יסוד ואנרגיות גבוהות, שנכתב על ידי 2,932 חוקרים והכיל 29 עמודים:

Aad, G., Abajyan, T., Abbott, B. and 2,929 more: 2012. Observation of a new particle in the search for the Standard Model Higgs boson with the ATLAS detector at the LHC. Physics Letters, Section B: Nuclear, Elementary Particle and High-Energy Physics Open Access Volume 716, Issue 1, Pages 1-29

העובדה השנייה – פרסומים רבים נכתבו בשיתוף פעולה בינלאומי. שתי הדוגמאות שהובאו לעיל מתאימות גם כאן: 2 מחברים במדינה אחת (המחקר נערך באנגליה; ווטסון הוא אמריקאי) לעומת 2,932 מחברים מ-40 מדינות.

המחקר המדעי כיום, במיוחד במספר שטחים, הוא במידה רבה בינלאומי, בעיקר אם הוא נשען על תשתיות גלובליות. לפיכך, בשטחי מדע כמו פיסיקה ניתן למצוא פרסומים שחתומים עליהם אלפי חוקרים, וברפואה - פרסומים עם מאות חוקרים. הציטוטים הרבים שזוכים להם פרסומים כאלה עשויים לנבוע, בין השאר, הן ממספר המחברים הרב והן מההשפעה המוכרת (ראו בהמשך) של שיתוף פעולה בינלאומי בפרסומים. נשאלת השאלה, האם נכון להתייחס לציטוטים המתקבלים מפרסום שחיברו מאות חוקרים כמו לפרסום שחיברו חוקרים ספורים (המצב כיום).

בפרק זה אנו מבקשים לעמוד על הקשר האפשרי בין מספר המחברים ושיתוף הפעולה הבינלאומי בפרסום לבין מספר הציטוטים שהוא מקבל, כתלות בשטח המדעי.

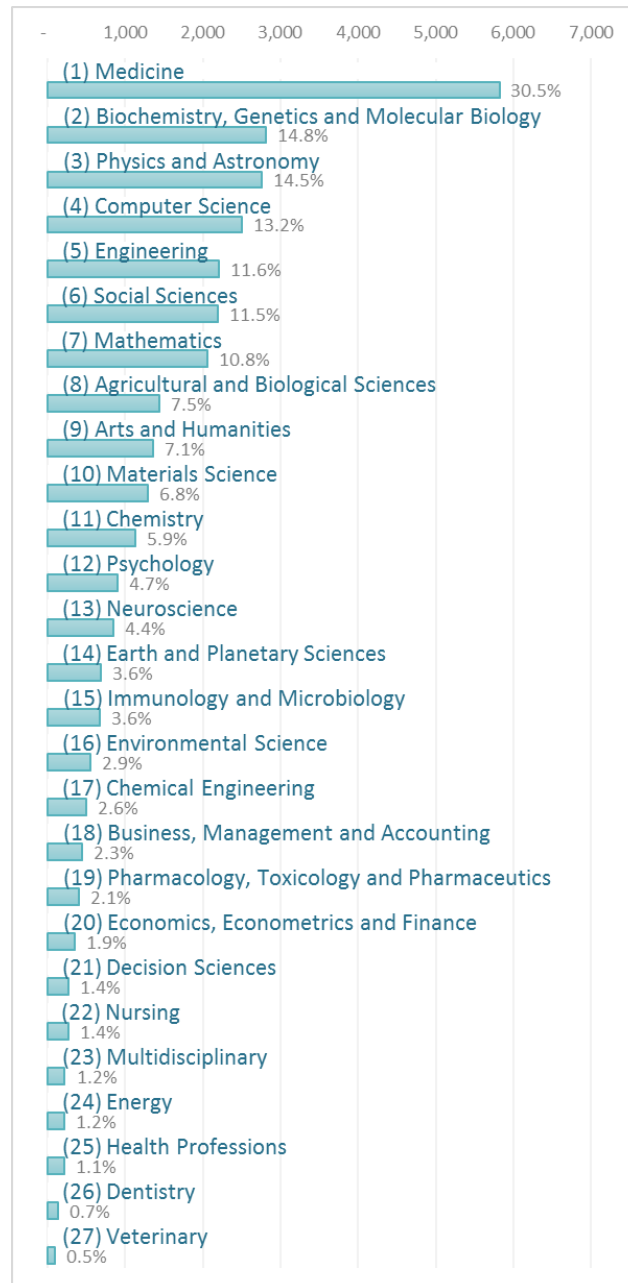
קיים מתאם חיובי בין מספר המחברים של פרסום לבין מספר הציטוטים שהפרסום מקבל

הקשר בין מספר המחברים של פרסום לבין מספר הציטוטים שהוא מקבל, כתלות בשטח המדעי, מוצג באיורים הבאים. איור 22 מציג את התפלגות פרסומי ישראל לפי שטחים בשנת 2013. כיוון שמספר

הציטוטים עולה עם הזמן²³, בחרנו לבדוק את השפעת מספר המחברים על ממוצע הציטוטים של הפרסום בשנה זו כדי לקבל תמונה מייצגת יותר (פרסומים משנת 2016 הספיקו לזכות במספר נמוך יותר של ציטוטים). בהמשך מופיע ניתוח ממוצע הציטוטים כתלות במספר המחברים לפי שטחים.

ניתן לראות שבמרבית השטחים (21 מתוך 26), פרסומים שנכתבו על ידי יותר מעשרה מחברים זוכים למספר הציטוטים הגדול ביותר. חלקם של פרסומים אלה גדול במיוחד בשטחי מדעי החיים (רפואה, ביוכימיה, חקלאות, מדעי המוח, אימונולוגיה ופארמה) ובפיסיקה (פיסיקה ואסטרונומיה, מדעי כדור הארץ).

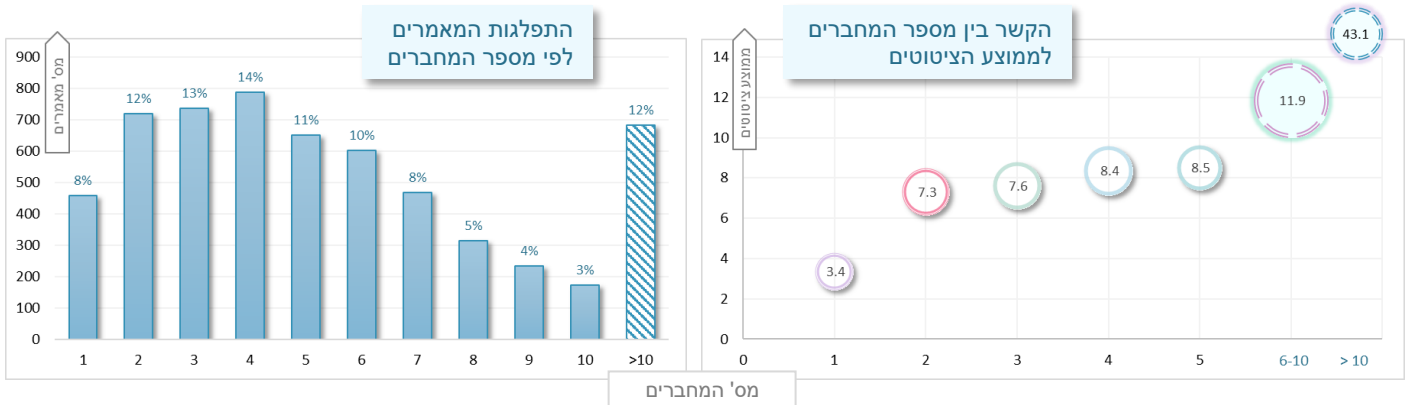
איור 26: התפלגות הפרסומים הישראלי לפי נושאים, 2013



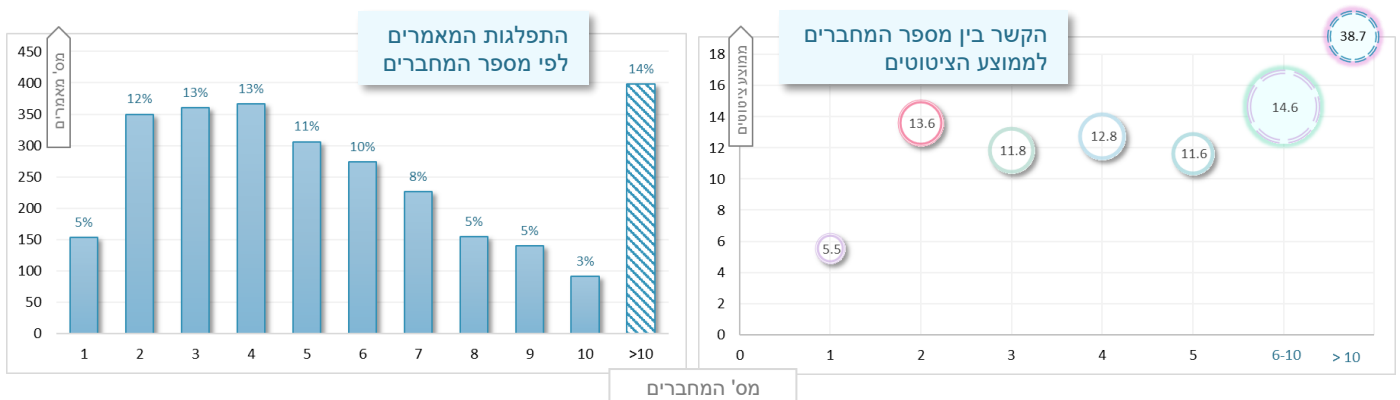
²³ עפ"י מחקרים קודמים למעלה מ-90% מהציטוטים מתקבלים במהלך 4 השנים הראשונות ממועד פרסום המאמר

הערה כללית לגבי האירורים המופיעים בפרק זה:
 גודל העיגול בגרפים מימין - מייצג את מספר הפרסומים
 האחוזים בגרפים משמאל - מציינים את שיעור הפרסומים מכלל הפרסומים הישראליים בשנה שנבדקה
 (2013).

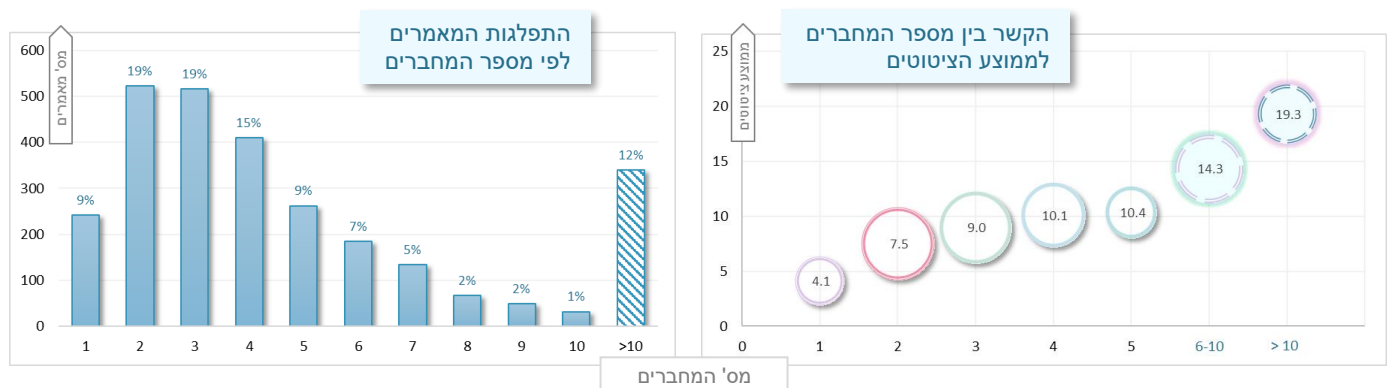
איור 27: Medicine



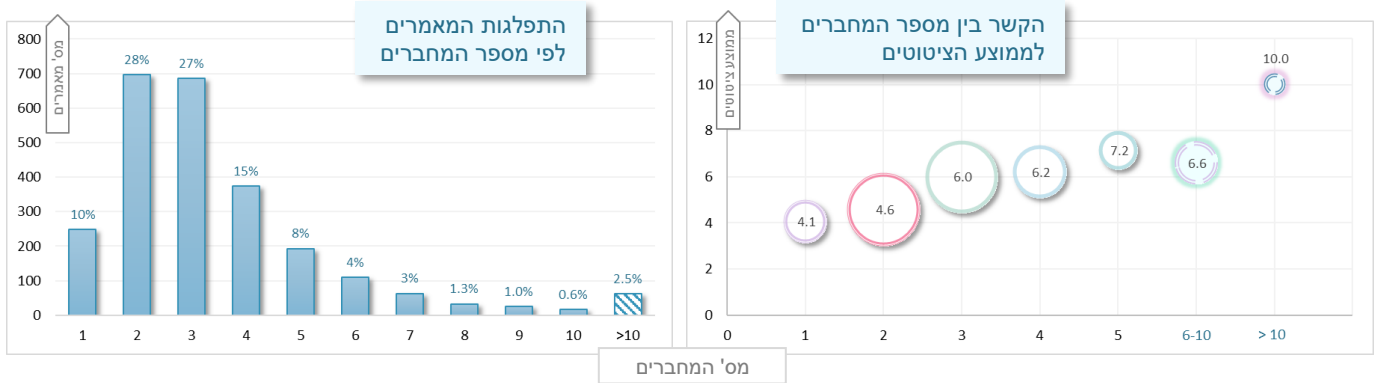
איור 28: Biochemistry, Genetics and Molecular Biology



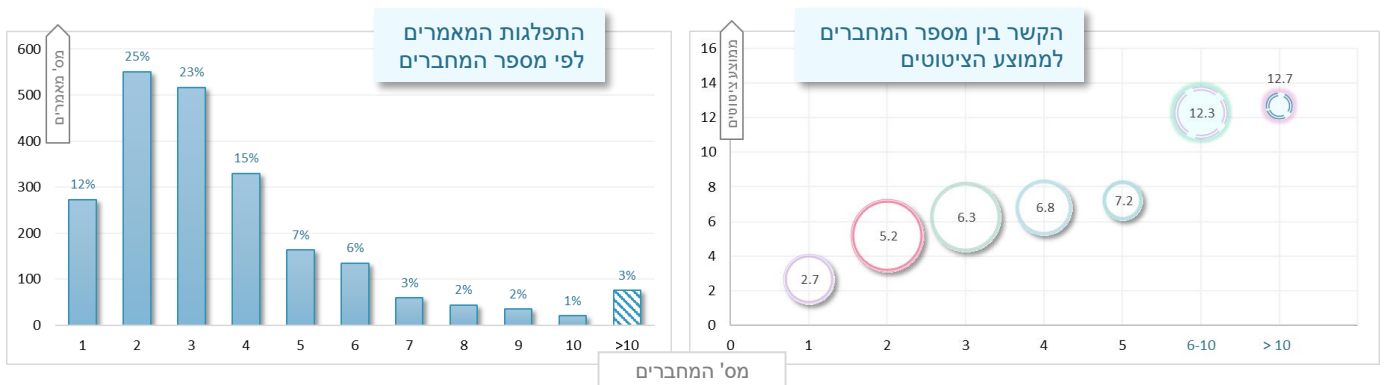
איור 29: Physics and Astronomy



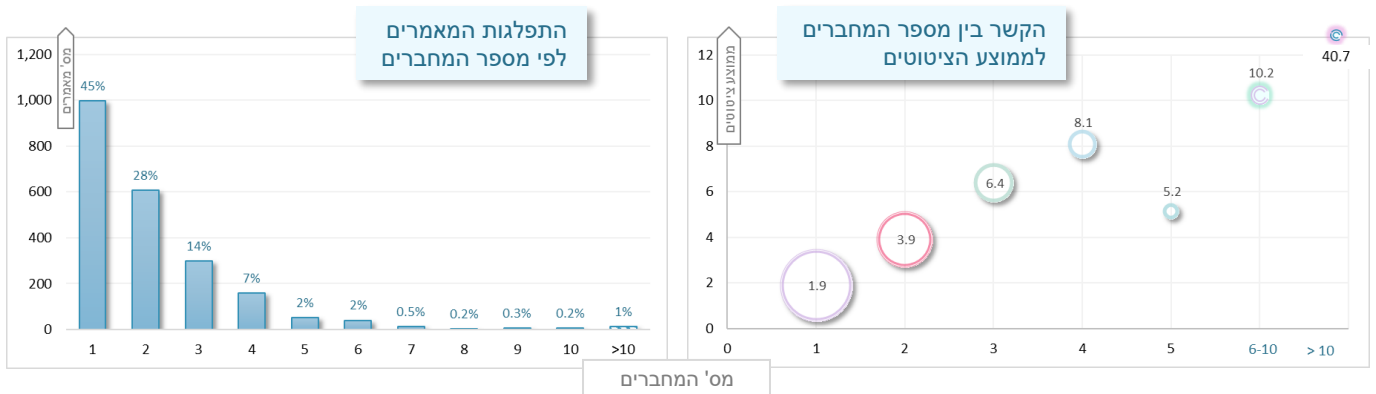
איור 30: Computer Science



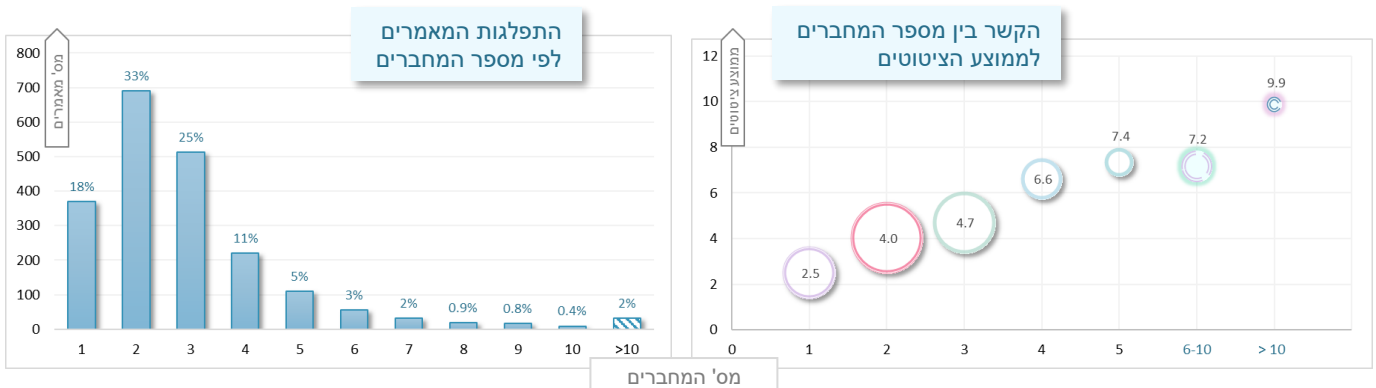
איור 31: Engineering



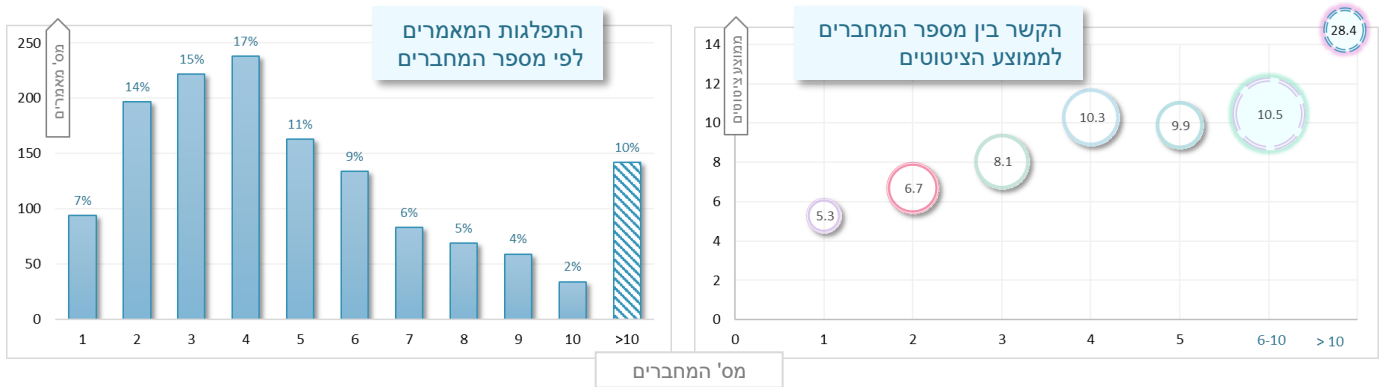
איור 32: Social Sciences



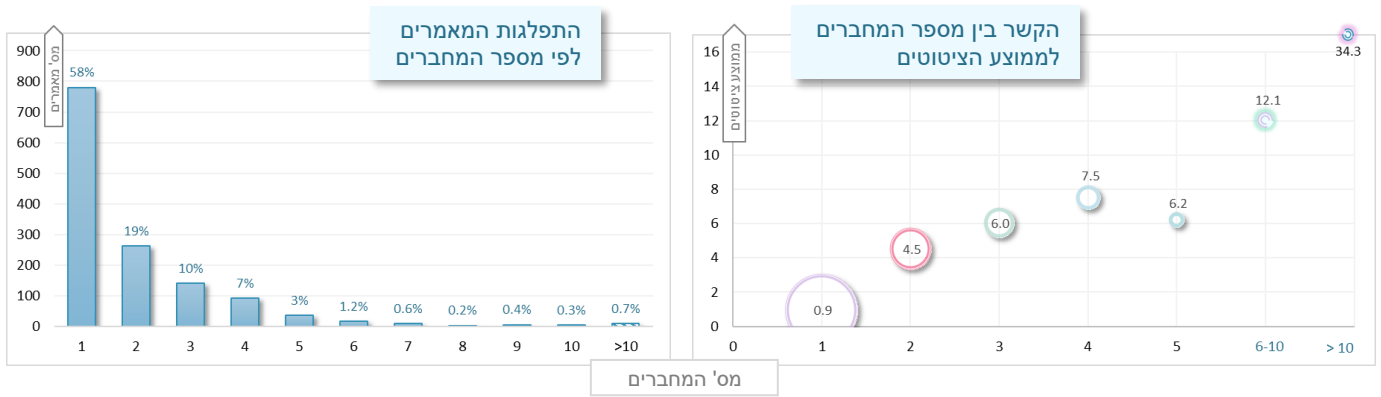
איור 33: Mathematics



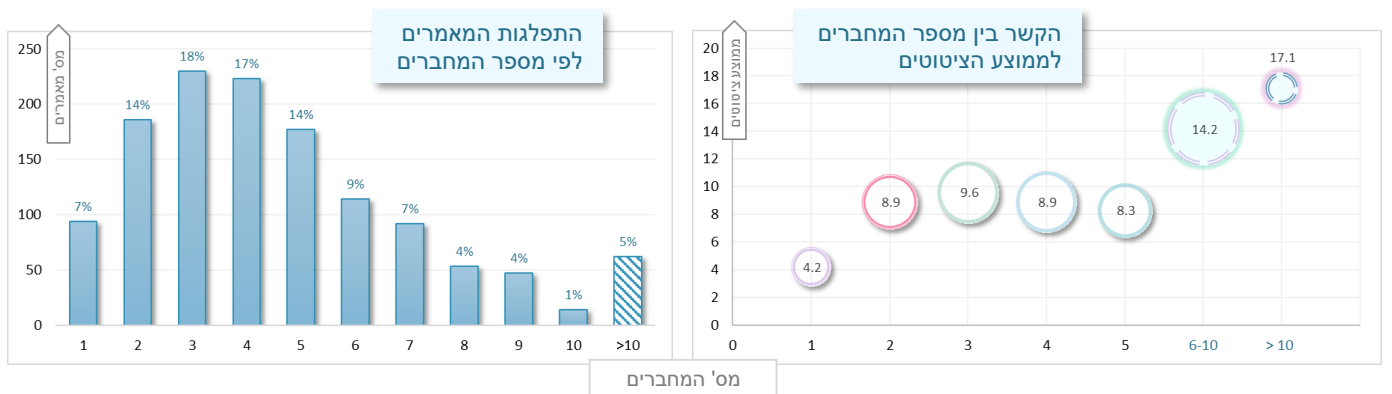
איור 34: Agricultural and Biological Sciences



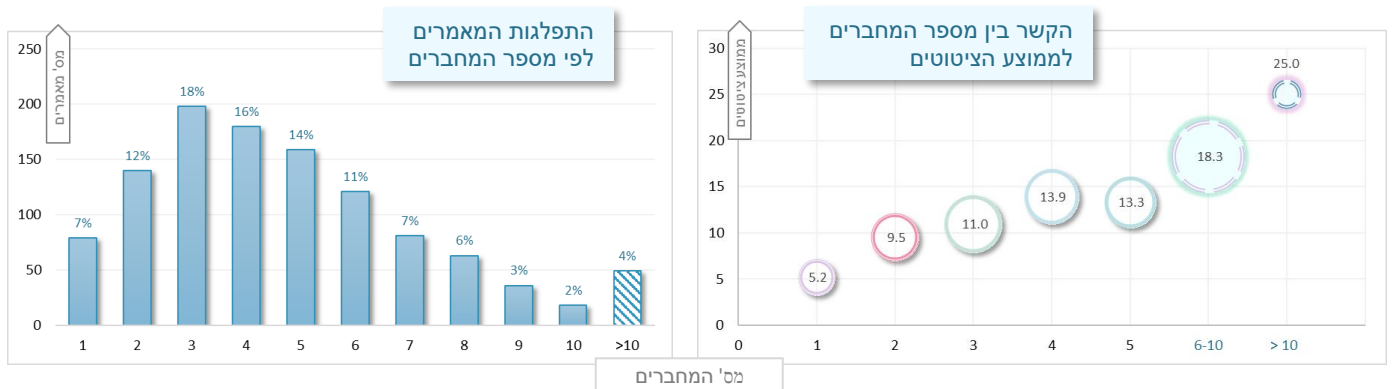
איור 35: Arts and Humanities



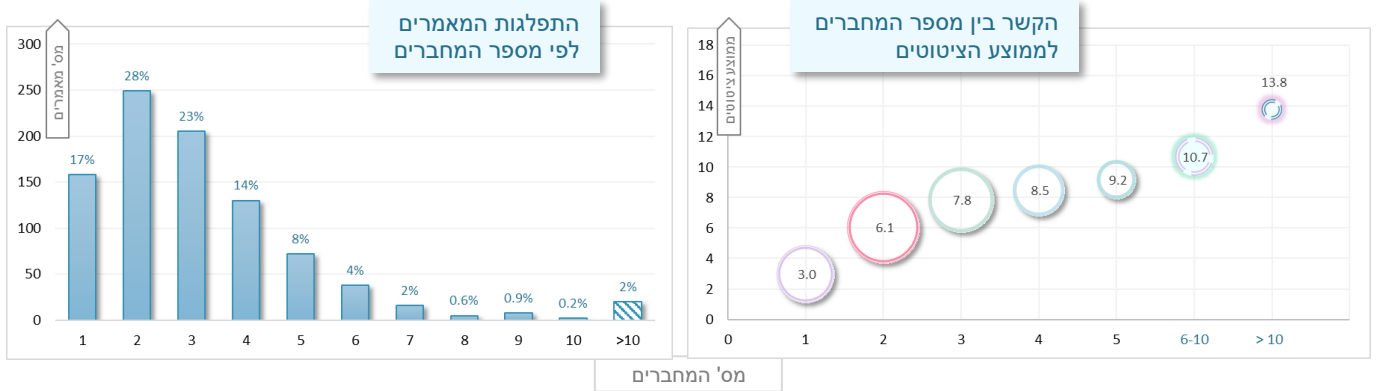
איור 36: Materials Science



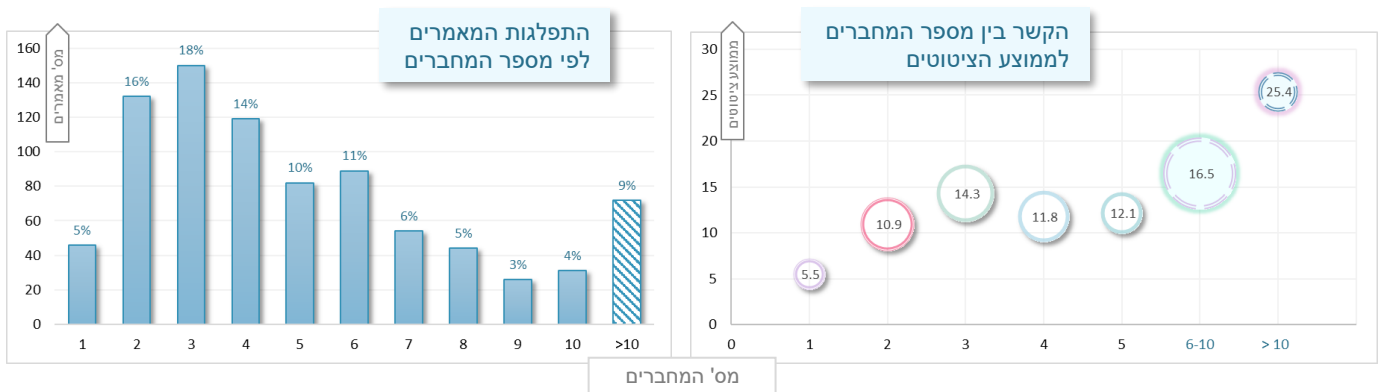
איור 37: Chemistry



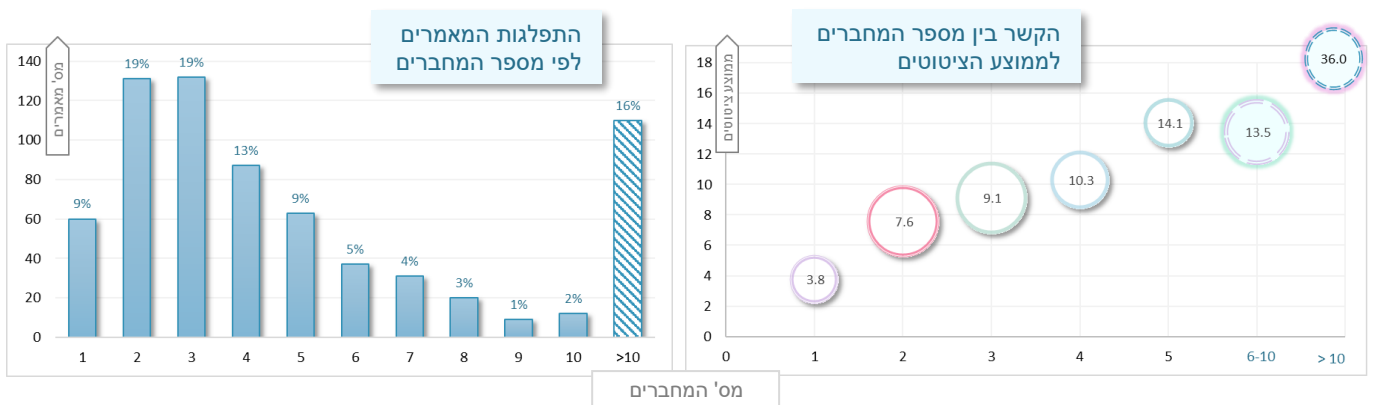
Psychology :38 איור



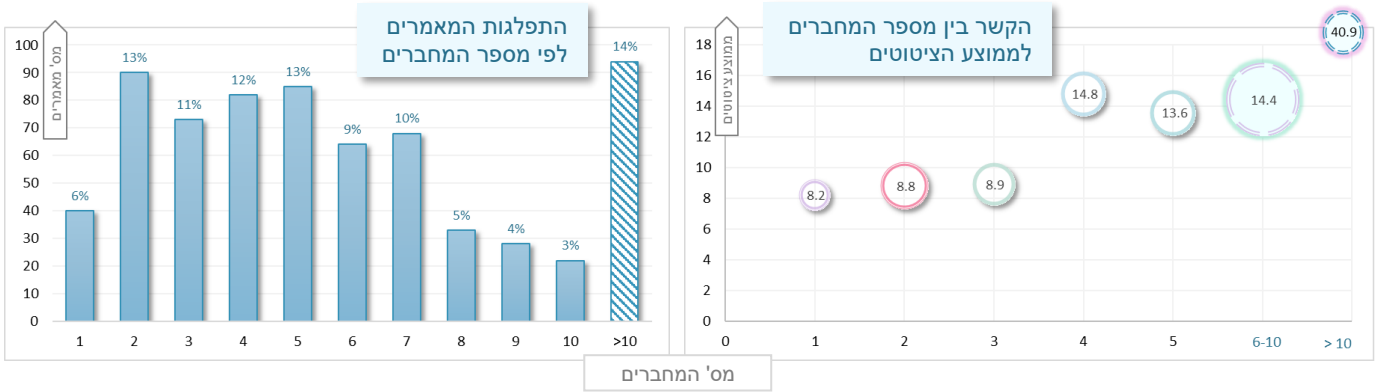
Neuroscience :39 איור



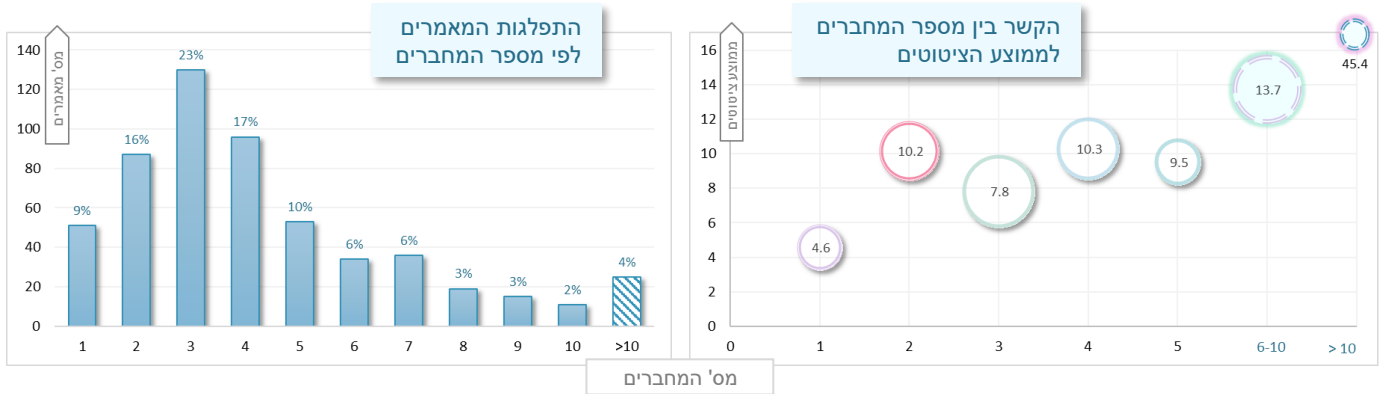
Earth and Planetary Sciences :40 איור



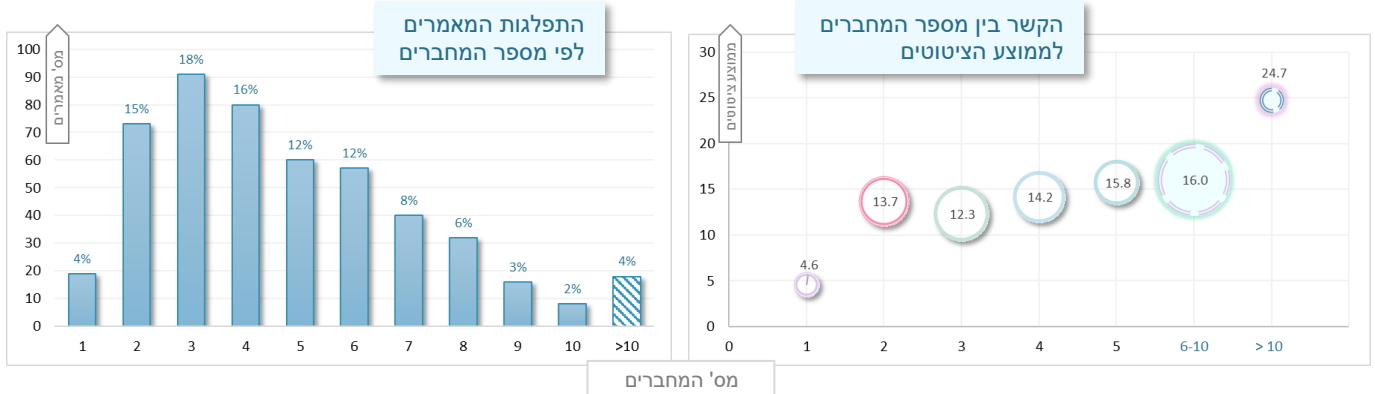
Immunology and Microbiology :41 איור



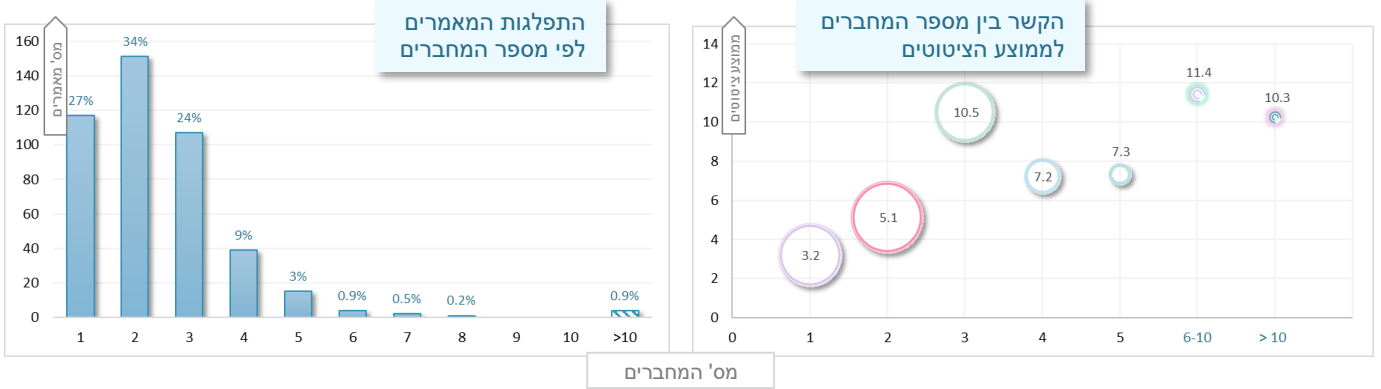
Environmental Science :42 איור



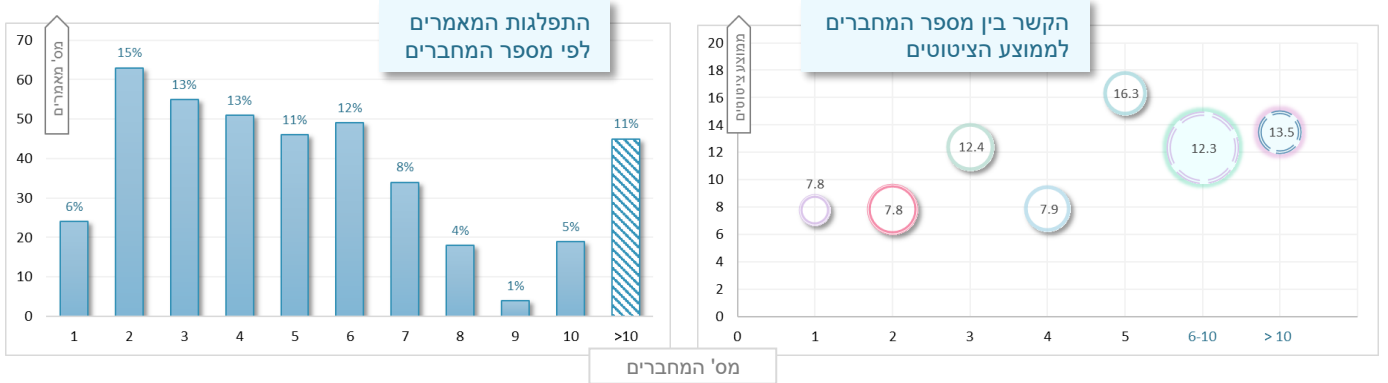
Chemical Engineering :43 איור



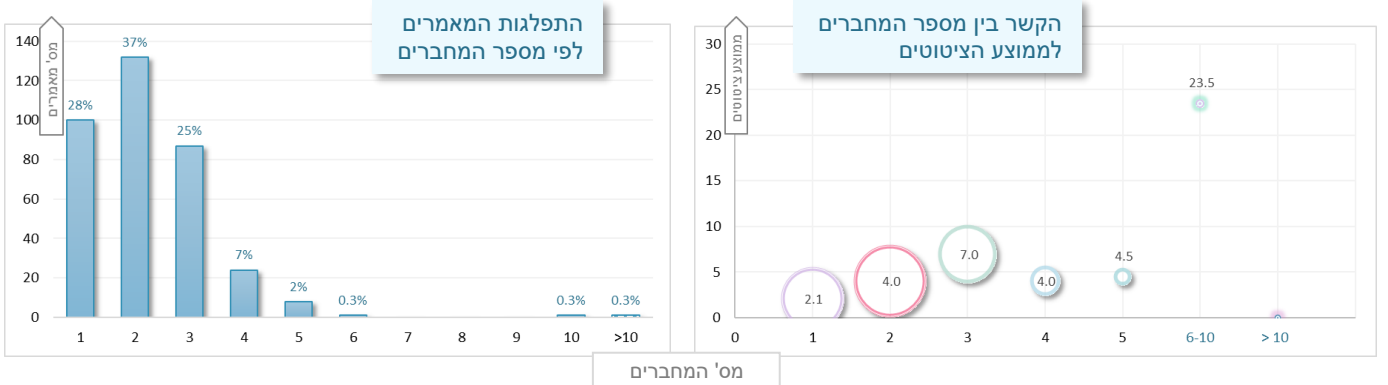
Business, Management and Accounting :44 איור



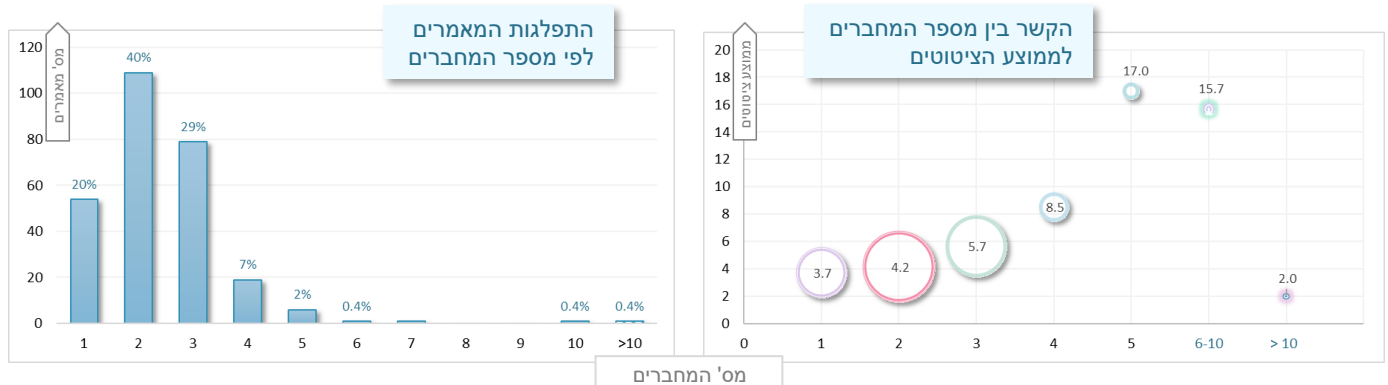
Pharmacology, Toxicology and Pharmaceutics :45 איור



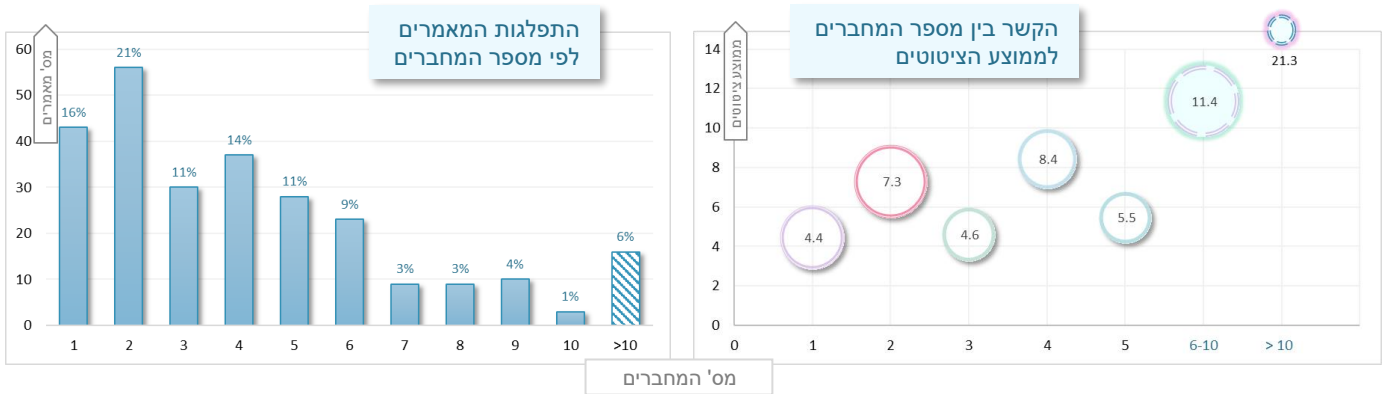
Economics, Econometrics and Finance :46 איור



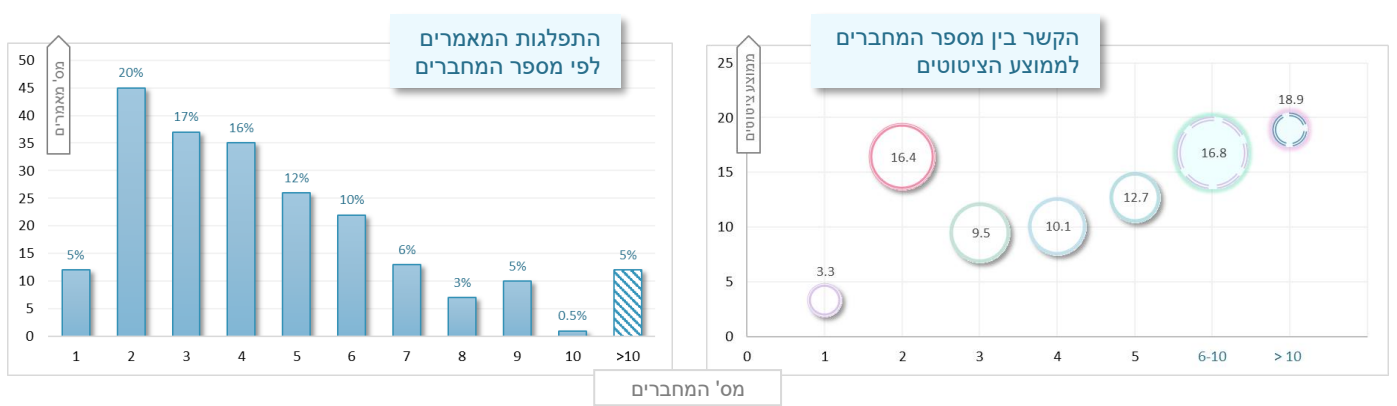
Decision Sciences :47 איור



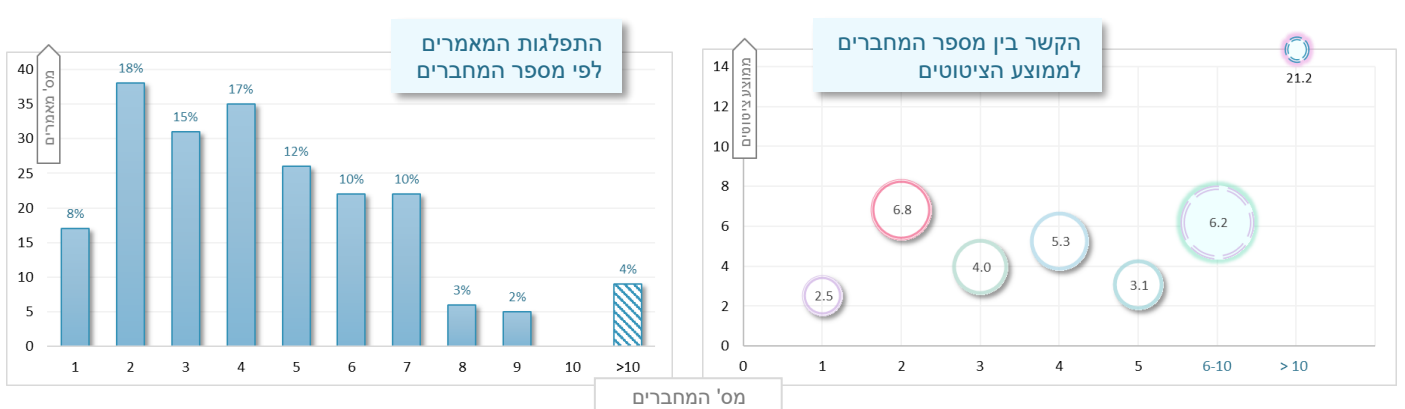
איור 48: Nursing



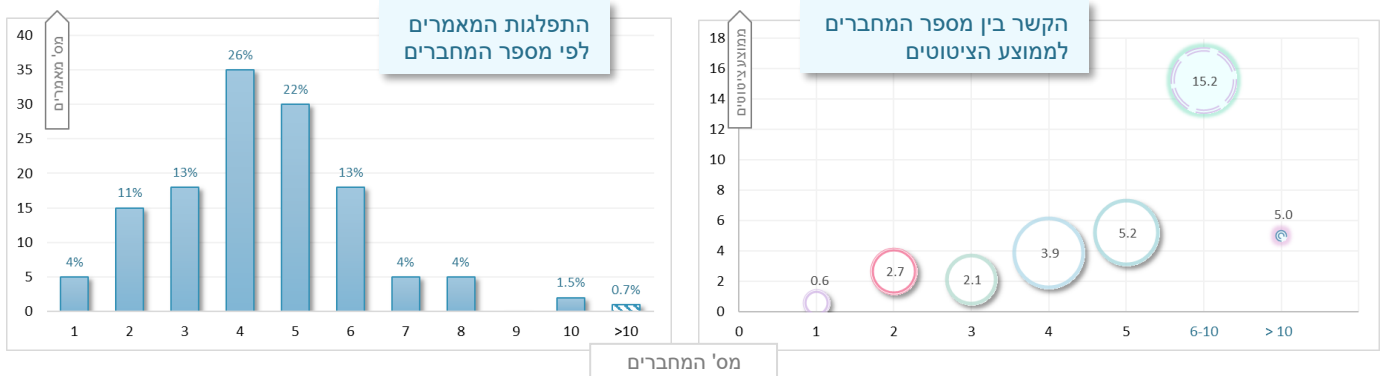
איור 49: Energy



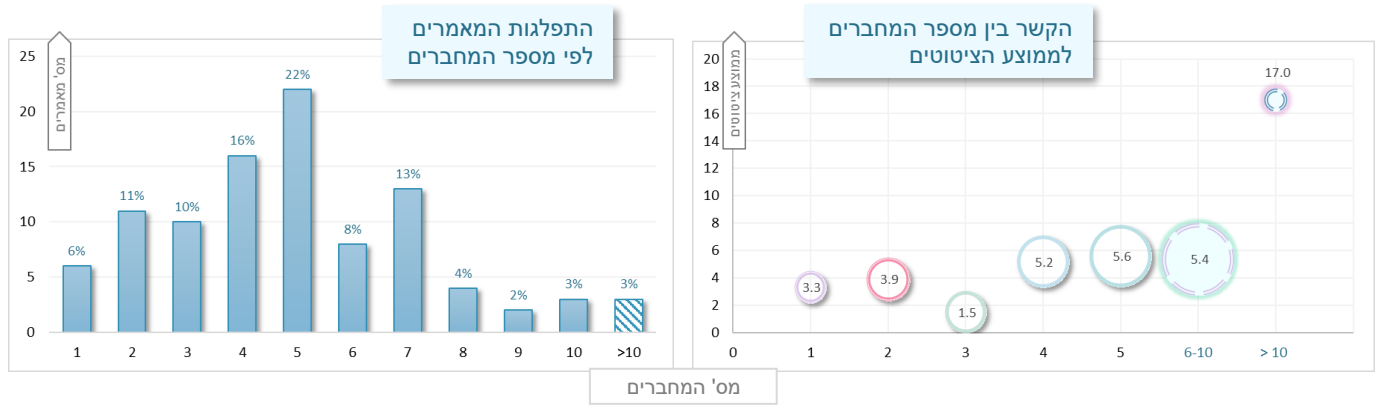
איור 50: Health Professions



איור 51: Dentistry



איור 52: Veterinary



פרסומים שנכתבו בשיתוף פעולה בינלאומי זוכים לציטוטים רבים יותר מפרסומים ללא שיתוף פעולה בינלאומי

כפי שאפשר לראות בטבלה הבאה, פרסומים שנכתבו בשיתוף פעולה בינלאומי זוכים ליותר ציטוטים מאשר פרסומים שנכתבו ללא שיתוף פעולה כזה. זוהי תופעה ידועה, שדנו בה בדוח פרסומים קודם (2014). השפעת שיתוף הפעולה הבינלאומי על מספר הציטוטים שונה בין השטחים השונים, אך ככלל שיתוף פעולה בינלאומי מעלה את מספר הציטוטים. בישראל, ממוצע הציטוטים לפרסום של מחבר יחיד הוא 2.5, פרסומים ברמת המוסד – 5.7, ברמת המדינה – 5.3, ובשיתוף פעולה בינלאומי – 12.

טבלה 8: השפעת שיתוף פעולה בינלאומי על ממוצע ציטטות לפרסום, 2012-2016

Country	Collaboration Impact National	Collaboration Impact International
Belgium	7.9	11.7
Denmark	8	13.2
Finland	6.6	11.1
Israel	5.3	12
Netherlands	8.2	13
Norway	6	11.1
Singapore	8.5	11.8
Sweden	6.6	12
Switzerland	9.7	13.1

פרסומים שנכתבו על ידי חוקרים רבים הם לרוב גם בינלאומיים – ולכן מספר הציטוטים שלהם גבוה משתי הסיבות: מספר גבוה של מחברים ושיתוף פעולה בינלאומי

בבדיקות שערכנו מצאנו כי בממוצע כ-2% מהפרסומים הישראליים שנכתבו ללא שת"פ בינלאומי חוברו ע"י למעלה מ-10 מחברים, כך שניתן להניח שרוב המאמרים שנכתבו ע"י למעלה מ-10 מחברים נכתבו בשת"פ בינלאומי.

יש לציין כי פרסומי ישראל שיש להם מספר גבוה של מחברים זוכים בממוצע ליותר ציטוטים מפרסומים שנכתבו על ידי מעט מחברים, גם ללא שיתוף פעולה בינלאומי. באופן דומה, פרסומי ישראל שנכתבו בשת"פ בינלאומי זוכים בממוצע ליותר ציטוטים מפרסומים ללא שת"פ בינלאומי, כאשר מספר המחברים דומה. השילוב של מספר גבוה של מחברים ושיתוף פעולה בינלאומי הוא הזוכה, בממוצע, למירב הציטוטים.

פרסומים שנכתבו על ידי מספר גבוה של מחברים (למעלה מ-10) ובשיתוף פעולה בינלאומי תורמים בממוצע פי 2 ציטוטים מחלקם בכלל הפרסומים

הטבלה הבאה מסכמת את חלקם של הפרסומים רבי המחברים ובשיתוף פעולה בינלאומי מכלל הפרסומים ומכלל הציטטות לפי שטחים. בטבלה זו ניתן לראות:

- שיעור הציטוטים של פרסומים אלה בממוצע מכלל הציטוטים של הפרסומים הישראליים ב-2013 גבוה פי 2 משיעורם מכלל הפרסומים בכל שטח.

- תרומתם של פרסומים אלה ניכרת בעיקר בשטחים הבאים:

- רפואה – כ-39% מכלל הציטוטים בתחום (12% מכלל הפרסומים)
- ביוכימיה – 33% מכלל הציטוטים בתחום (14% מכלל הפרסומים)
- Earth - 41% מכלל הציטוטים בתחום (16% מכלל הפרסומים)

- אימונולוגיה – 35% מכלל הציטוטים בתחום (14% מכלל הפרסומים)
- חקלאות – 26% מכלל הציטוטים בתחום (10% מכלל הפרסומים)
- פיסיקה – 22% מכלל הציטוטים בתחום (12% מכלל הפרסומים)

טבלה 9: חלקם של פרסומים רבי מחברים ובשת"פ בינלאומי מכלל הפרסומים ומכלל הציטוטים

Subject Area	מס' הפרסומים הישראליים	מס' הציטוטים	מס' הפרסומים*	מס' הציטוטים לפרסומים*	שיעור הפרסומים*	מס' הציטוטים לפרסומים*
			* שנכתבו ע"י יותר מ-10 מחברים			
Medicine	5,819	75,102	682	29,397	12%	39%
Biochemistry, Genetics and Molecular Biology	2,818	46,472	398	15,404	14%	33%
Physics and Astronomy	2,758	29,643	339	6,547	12%	22%
Computer Science	2,506	14,273	62	622	2%	4%
Social Sciences	2,192	8,882	12	488	1%	5%
Engineering	2,205	14,829	76	964	3%	7%
Mathematics	2,065	9,626	31	306	2%	3%
Agricultural and Biological Sciences	1,435	15,660	142	4,030	10%	26%
Materials Science	1,292	13,316	62	1,062	5%	8%
Arts and Humanities	1,354	4,414	9	309	1%	7%
Chemistry	1,124	15,605	49	1,225	4%	8%
Psychology	903	6,364	20	276	2%	4%
Neuroscience	845	12,082	72	1,828	9%	15%
Earth and Planetary Sciences	692	9,636	110	3,961	16%	41%
Immunology and Microbiology	679	11,085	94	3,841	14%	35%
Environmental Science	557	6,338	25	1,134	4%	18%
Chemical Engineering	494	7,181	18	445	4%	6%
Pharmacology, Toxicology and Pharmaceutics	408	4,652	45	607	11%	13%
Business, Management and Accounting	440	2,787	4	41	1%	1%
Economics, Econometrics and Finance	354	1,525	1		0%	0%
Nursing	264	2,157	16	340	6%	16%
Decision Sciences	271	1,415	1	2	0%	0%
Health Professions	211	1,222	9	191	4%	16%
Energy	220	2,932	12	227	5%	8%
Dentistry	134	34	1	5	1%	1%
Veterinary	98	96	3	51	3%	10%

האם פרסומים רבי מחברים ובינלאומיים עדיין יכולים להיחשב פרסומים ישראליים?

על פי ההגדרה הביבליומטרית המקובלת, פרסום נחשב ישראלי אם לפחות אחד ממחבריו הוא בעל כתובת ישראלית (והוא הדין לגבי כל מדינה). בהתאם להגדרה זו פועלים מאגרי המידע הביבליומטריים באיסוף וניתוח הנתונים.

אולם, כאשר דנים בפרסומים רבי מחברים שנכתבו בשיתוף פעולה בינלאומי יש מקום לתהות על הגדרה זו.

לדוגמה המאמר הבא:

Observation of a new particle in the search for the Standard Model Higgs boson with the ATLAS detector at the LHC, 2012, Physics Letters, Section B: Nuclear, Elementary Particle and High-Energy Physics

נכתב על ידי 2,933 מחברים מ-40 מדינות, מהם 42 חוקרים מישראל (1.4% מכלל מחברי המאמר). האם נכון לקרוא למאמר זה פרסום ישראלי?

דוגמה נוספת:

Biological insights from 108 schizophrenia-associated genetic loci, 2014, Nature, Volume 511, Issue 7510, 2014, Pages 421-427

נכתב על ידי 300 מחברים מ-38 מדינות, מהם 2 מישראל (0.67% מכלל מחברי המאמר).

דיון ומסקנות

מצאנו מתאם חיובי בין מספר המחברים של פרסום למספר הציטוטים שהוא מקבל, ומתאם חיובי בין שת"פ בינלאומי בפרסום למספר הציטוטים לפרסום. פרסומים שנכתבו בשיתוף פעולה בינלאומי ועל ידי מספר מחברים גבוה מ-10 זוכים במוצע למספר ציטוטים רב יותר מפרסומים שאינם כאלה (ללא שת"פ בינלאומי; מספר נמוך של מחברים).

במספר שטחים (בעיקר במדעי החיים ובפיסיקה), פרסומים כאלה מהווים כ-12% ממספר הפרסומים אך תורמים כשליש מהציטוטים לפרסומי ישראל, למרות שמספר החוקרים מישראל שהשתתפו בפרסום עומד על אחוזים ספורים ולפעמים פחות מאחוז מכלל המחברים שלו.

כלומר, ישראל זוכה בציטוטים רבים עבור פרסומים שבהם חלקה היחסי קטן, ואולי נכון יותר להגדירם כפרסומים בינלאומיים ולא לשייך אותם למדינה מסויימת. שטחים שבהם שיעור גבוה של פרסומים הם בינלאומיים ומספר המחברים גבוה – כמו רפואה, פיסיקה – זוכים למוצע ציטוטים גבוה.

אך יש ספק עד כמה ממוצע זה מעיד על תרומתה של מדינה יחידה או על מעמד השטח במדינה.

אכן, המחקר המדעי כיום הוא גלובלי במידה רבה, ויש מאמץ ועידוד רב להמשיך בכיוון זה שנושא פירות רבים וטובים. אך בעוד המחקר הוא בינלאומי, המימון הוא לאומי, העולם עדיין מאורגן לפי מדינות והן אלה שמכשירות את אזרחיהן לעסוק במדע וממנות את המחקר המדעי. השוואה בינלאומית של הפעילות המדעית על משאביה והישגיה מהווה כלי חיוני להערכת המדיניות הממשלתית ותוצאותיה ומאפשרת זיהוי גורמים תומכים ומעכבים בצמיחת פעילות זו. לכן נראה כי השיטה הנהוגה כיום לשיוך פרסומים למדינה – מחבר אחד לפחות שכתובתו ישראל – עדיין מניבה תמונה משמעותית. אולם כדאי להיות מודעים לשינוי בתמונת המחקר המדעי – יותר מורכב, יותר גלובלי - ולהטיות אפשריות כתוצאה מכך.

אלטמטריקס - Altmetrics / Alternative Metrics

כיום נוספים מדדים חדשים להערכת ההשפעה המדעית של פרסומים, המבוססים על אזכורי הפרסומים ברשתות מידע דיגיטליות (מדעיות וחברתיות), ולא דווקא על ציטוטים. מדדים אלה עדיין אינם מבוססים דיים ומקובלים להערכת השפעה מדעית. אנו נתאר אותם בקצרה.

ההשפעה המדעית של פרסומים נבחנת עדיין בעיקר על סמך נתוני ציטוטים. זוהי "השיטה הקלאסית", המקובלת מאז ייסד יוג'ין גארפילד (Eugene Garfield) את Science Citation Index²⁴ בשנת 1964 (דוח פרסומים 2011).

אולם כיום יש חשיבות עולה לשימוש ברשתות דיגיטליות – צפייה, המלצה, ביקורת, הורדת קבצים ושמירתם. בנוסף, שימוש ברשת מאפשר שיח ישיר בין מחברי הפרסום לקוראיו, הפצת חומרי מחקר שלא נכללו בפרסום, הפנייה לכנסים, דיון בפורומים ועוד, וכל זאת בטווח זמן מיידי. האפשרות לכמת את מספר הצפיות וההורדות של פרסומים מדעיים יצרה מדדי השפעה אחרים וחדשים – Alternative Metrics or Altmetrics. הוקמו אתרים העושים שימוש בדרכים יותר מעודכנות למדידת השפעה מדעית, וכך ניתן בתוך ימים ספורים לקבל חוות דעת על פרסום מדעי מרבבות אנשים, בהשוואה לשיטה הנהוגה במערכות כתבי העת המדעיים ביחס למאמר הנשלח לפרסום: חוות דעת של שלושה בוחנים שנדרשים לה מספר חודשים.

מאגרי המידע הייעודיים לניתוח ביבליומטרי של פרסומים מדעיים – Clarivate (Thomson Reuters) ו-SciVal (Elsevier) – כוללים כיום גם מדדי אלטמטריקס לצד המדדים הקלאסיים המבוססים על ציטוטים.

אלטמטריקס הם שם כולל למדדים לא-קלאסיים, המודדים השפעה מדעית על ידי ספירת אזכורים ברשתות אשר מתייחסים לפרסומים מדעיים: צפייה בפרסומים והורדתם מהרשת, ביקורת עליהם, דיון בהם או כל אזכור אחר. מדדים אלה מכוונים לנראות הציבורית-החברתית של פרסומים.

במאגר SciVal אתו אנו עובדים מחלקים את התחום הרחב של אזכורים ברשת לארבע קבוצות:

- **פעילות אקדמית:** מספר הפעמים שפרסום מוזכר באתרים המשמשים את הקהילה האקדמית, כמו Mendeley; CiteULike; Google Scholar Library; QUOSA; Papers; ScienceScope; MyScienceWork; zotero; Academia.edu; ResearchGate; VIVO
- **דיון אקדמי:** מספר הפעמים שפרסום זכה לדיון באתרים המשמשים את הקהילה האקדמית כמו Science blogs video posts such as those on YouTube and vimeo; peer review such as Publons; post-publication comments such as PubMed Commens, Faculty of 1000 reviews; Wikipedia posts and citations
- **פעילות חברתית:** מספר הפעמים שפרסום זכה לציון ברשתות חברתיות כמו Facebook; Twitter; Reddit; Google+; Pinterest; LinkedIn
- **תקשורת המונים – Mass Media:** מספר הפעמים שפרסום הוזכר בעיתונות ובאתרי חדשות כמו The Guardian.

כמדדי השפעה מדעית במאגר SciVal ניתן למצוא צפיות (Views) – אשר בדומה לציטטות מציגות את סך הצפיות, מספר צפיות ממוצע לפרסום, מספר צפיות באחוזונים העליונים של הצפיות, וממוצע צפיות מנורמל לתחום. באופן דומה, החשיפה לתקשורת (Societal Impact: Mass Media), כתובה או ברשת, מציגה את מספר האזכורים במדיה, ממוצע האזכורים לפרסום וממוצע מנורמל לשטח.

תחום האלטמטריקה עדיין חדש ודינמי ולא מבוסס דיו. מקורות מתווספים ויורדים ומחקרים רבים נערכים במטרה להעריך את ניתוח האזכורים ברשתות כמדד תקף ומייצג להשפעה מדעית. אכן,

²⁴ Garfield, E. (1964). Science Citation Index-A new dimension in indexing. Science, 144(3619), 649-654

ההשפעה המדעית עצמה משנה פנים: למשל, נמצא כי פרסומים ברפואה קלינית, שאינם זוכים לרוב לציטוטים רבים, נהנים מאזכורים רבים ברשתות. במחקר הנוכחי לא כללנו מדדי אלטמטריקס אולם

להלן דוגמה למדדי Altmetrics ממאגר Scopus:



Usage

Bitly - Clicks:	13
EBSCO - Abstract Views:	58
EBSCO - Link-outs:	22

Captures

EBSCO - Exports-Saves:	1
Mendeley - Readers:	368

Mentions

Economics Blogs:	1
Blogs:	1
News:	2
Reddit - Comments:	10
Reddit - Comments:	4
Reddit - Comments:	1
Reddit - Comments:	1
Wikipedia - Links:	3

Social Media

Facebook - Shares, Likes & Comments:	16
Twitter - Tweets:	453

Citations

CrossRef - Citation Indexes:	124
------------------------------	------------

5. השוואת ישראל למדינות נבחרות במדדים שונים

* בכתיבת פרק זה השתתפה ציפי בוכניק

ניתוח תפוקות המדע בישראל בהשוואה בינלאומית התבסס עד כה על דירוגי ישראל במדדים שונים בהשוואה לדירוגן של כל המדינות שפרסמו לפחות 0.5% מפרסומי העולם. אולם, המיצוב המדעי של מדינה תלוי בין השאר בגודל האוכלוסיה שלה, במשאביה הכלכליים ובאופן הקצאתם.

בפרק זה אנו מבקשים להשוות בין ישראל למדינות מצטיינות במחקר ואשר דומות לה במאפיינים שונים כמו גודל האוכלוסיה והקצאת משאבים למחקר, על מנת ללמוד מהישגיהן.

המדינות נבחרו בהמשך לניתוח שבוצע בדו"ח שפרסמנו ב-2013²⁵:

- בלגיה
- דנמרק
- הולנד
- נורווגיה
- סינגפור
- פינלנד
- שוודיה
- שווייץ

הנתונים בפרק זה הם עבור השנה האחרונה עבורה יש נתוני OECD, ולכן לא זהים בכל המקרים ולעתים לא כוללים את כל המדינות בקבוצת ההשוואה.

בטבלה הבאה מפורטים הישגי ישראל והמדינות הנבחרות במספר מדדים ביבליומטריים ואחרים המתארים הישגים מדעיים.

²⁵ גץ, ד. (2013). תפוקות מחקר ופיתוח בישראל: פרסומים מדעיים בהשוואה בינלאומית, 1990-2011. חיפה: מוסד שמואל נאמן

טבלה 10: ישראל בהשוואה למדינות נבחרות – 2012-2016²⁶

הולנד	בלגיה	שוודיה	ישראל	שווייץ	דנמרק	סינגפור	פינלנד	נורווגיה	
16.86	11.21	9.70	8.21	8.12	5.64	5.47	5.46	5.14	תושבים (מיליון נפש)
52,157.4	47,439.4	59,180.2	37,582.8	85,814.6	62,425.5	56,336.1	49,914.6	97,005.5	תמ"ג לנפש (\$ ppp)
12	7	11	5 (6)	8	5	2	5	3	מספר אוניברסיטאות בדירוג ה-500 של שנאי 2016 (בסוגריים 2017 אם יש שינוי)
3	2	3	2 (1)	4 (5)	2	1	1	1	מספר אוניברסיטאות בדירוג ה-100 של שנאי 2016 (בסוגריים 2017 אם יש שינוי)
20	11	31	12	25	13		5	13	מספר פרסי נובל
460	182	152	286	323	94		79	41	מספר מענקי ERC כולל
27.3	16.2	15.6	34.8	39.8	16.6		14.5	8.0	מספר מענקי ERC למיליון נפש
190	82	62	130	118	37		31	18	מספר ERC Starting Grants
11.3	7.3	6.4	15.8	14.5	6.6		5.7	3.5	מספר ERC Starting Grants למיליון נפש
2.02	1.13	1.35	0.70	1.51	0.88	0.69	0.69	0.70	שיעור (%) מפרסומי העולם
12.0	10.0	13.9	8.5	18.6	15.6	12.6	12.6	13.6	שיעור (%) מפרסומי העולם למאה אלף נפש
338.45	283.4	391.75	241.53	521.68	441.54	357.80	358.76	382.19	פרסומים למאה אלף נפש לשנה
9.5	8.7	8.6	7.6	10.0	9.5	9.4	7.8	7.6	ממוצע ציטוטים לפרסום
26	23	21	3	25	25	15	14	15	מספר שטחים בהם מדורגות בין 10 המובילות (סה"כ 26 שטחים)
3.1	2.8	2.7	2.3	3.6	3.3	3.5	2.3	2.1	שיעור (%) מתוך פרסומי המדינה) בתוך 1% המצוטטים ביותר בעולם
5.4	4.5	4.6	4.3	5.2	4.9	5.9	4.2	3.8	שיעור (%) מתוך פרסומי מובילים) בתוך 1% עיתונים
54.7	60.0	57.2	45.5	63.5	56.2	57.4	54.7	54.5	שיעור שת"פ בינלאומי

בסגול – התוצאות הגבוהות ביותר בכל מדד
בירוק – התוצאות הנמוכות ביותר בכל מדד

מטבלה זו ניתן ללמוד:

בתקופה האחרונה מספר הפרסומים לנפש בישראל הוא הנמוך בקבוצת מדינות זו. לשווייץ, בעלת אוכלוסייה דומה לזו של ישראל, יש יותר מפי 2 פרסומים לנפש. כפי שניתן לראות בהמשך, עד 1996 היתה ישראל בצמרת המדינות במספר הפרסומים לנפש אך מאז הוא נותר בערך קבוע. באופן דומה, גם חלקה של ישראל בפרסומי העולם ביחס לאוכלוסייה שלה הוא הנמוך בקבוצה זו.

במדדי השפעה מדעית, ממוצע הציטוטים לפרסום של ישראל בתקופה האחרונה הוא הנמוך ביותר בקבוצת מדינות זו, אך השיעור מפרסומיה המצויים באחוזון העליון של המצוטטים ביותר ובעיקר באחוזון העליון של כתבי העת מעט גבוה יותר. גם בשיעור פרסומיה שנכתבו בשיתוף פעולה בינלאומי מקומה של ישראל הוא הנמוך ביותר בקבוצה זו.

אולם, כאשר בוחנים מדדים אחרים של מצוינות, יש לישראל הישגים מכובדים:

ERC (European Research Council)

תוכנית המו"פ האירופית השביעית שיצאה לדרך בשנת 2007 שמה דגש על מימון מצוינות במחקר מדעי. למטרה זו ייסד האיחוד האירופי, במסגרת התוכנית, סוכנות מיוחדת (European Research Council) המעניקה מענקי מחקר גדולים מאוד, 1.5–2.5 מיליון אירו לחוקר, המוענקים על בסיס מצוינות מדעית בולטת. הסוכנות היא הארגון האירופי המוביל במימון ותמיכה במצוינות וחדשנות במחקר. הסוכנות ממומנת על ידי האיחוד האירופי, מחלקת מענקים תחרותיים למחקרים ובוחרת בקפידה את הזוכים במענקים מתוך אלפי פונים בשנה, כדי לקדם, לפי הגדרתה, "מצוינות מדעית על ידי עידוד ותמיכה במדענים הטובים ביותר והיצירתיים במיוחד. זכייה במענק, בנוסף לאפשרויות המחקר הבלתי רגילות הודות לתקציב הגבוה, מסמנת את החוקר הזוכה בתור אחד החוקרים הטובים ביותר שיש היום בעולם ומעמידה אותו בשורה ראשונה עם החוקרים המצטיינים בעולם".

עבור האקדמיה בישראל, מהווה תוכנית המסגרת האירופית למו"פ את מקור המימון התחרותי הראשון בהיקפו ובסכום המענקים. חוקרי האקדמיה הישראלית מתחרים מול חוקרים מהשורה הראשונה מאירופה והעולם והזכייה במענקי המחקר הללו היא נקודת ציון ו"תו איכות" עבור חוקרי האקדמיה הישראלית.

מענקי ERC ניתנים לפי 5 מסלולים: חוקרים צעירים (2-7 שנים מסיום דוקטורט); חוקרים מתקדמים (7-12 שנים מסיום דוקטורט); חוקרים בכירים (בעלי ניסיון מוכח של 7-12 שנים); עבור הוכחת ייתכנות של רעיון (לכל טווח החוקרים); לקבוצת חוקרים (2-4 חוקרים המבטאים סינרגיה בעבודתם המשותפת). המסלול הראשון לחוקרים צעירים זוכה למספר המענקים הרב ביותר כאשר ההצעות הנבחרות הן של חוקרים וחוקרות פורצי דרך שהוכיחו פוטנציאל ממשי לנהל קריירה עצמאית בתחום המחקר בהמשך הדרך.

מנתוני הטבלה עולה כי ישראל זכתה במקום השני במספר הכללי של מענקי ERC למיליון נפש, ובמקום הראשון למענקי ERC למיליון נפש לחוקרים צעירים. זהו מקור לגאווה, וגם להכרה כי יש בישראל חוקרים מצוינים ופוטנציאל גדול למחקר.

לפי השוואה²⁷ שבוצעה על נתוני ERC – לישראל, שוויץ והולנד יש מספר מענקי ERC גבוה במיוחד ביחס ל-4 המדדים הבאים: גודל האוכלוסייה, תמ"ג, ההוצאה הגולמית על מו"פ (GERD), מספר הפרסומים בין 10% הפרסומים המובילים במספר הציטוטים²⁸.

²⁷ Turner, B. (2012). What is wrong with the geographical distribution of ERC grants? Retrieved from ERC Executive Agency

²⁸ Scientific publications within the 10% most cited worldwide

פרסי נובל

לישראל 12 זוכי פרס נובל בסך הכל, מהם 6 במדעים (פיסיקה; כימיה; פיסיולוגיה או רפואה), ומתוכם 4 פרסים בעשור האחרון (2006-2016), יותר משאר המדינות בקבוצה זו. לשווייץ, בעלת אוכלוסיה דומה, 25 זוכי פרס נובל, מהם 19 במדעים ואף לא אחד בעשור האחרון.²⁹

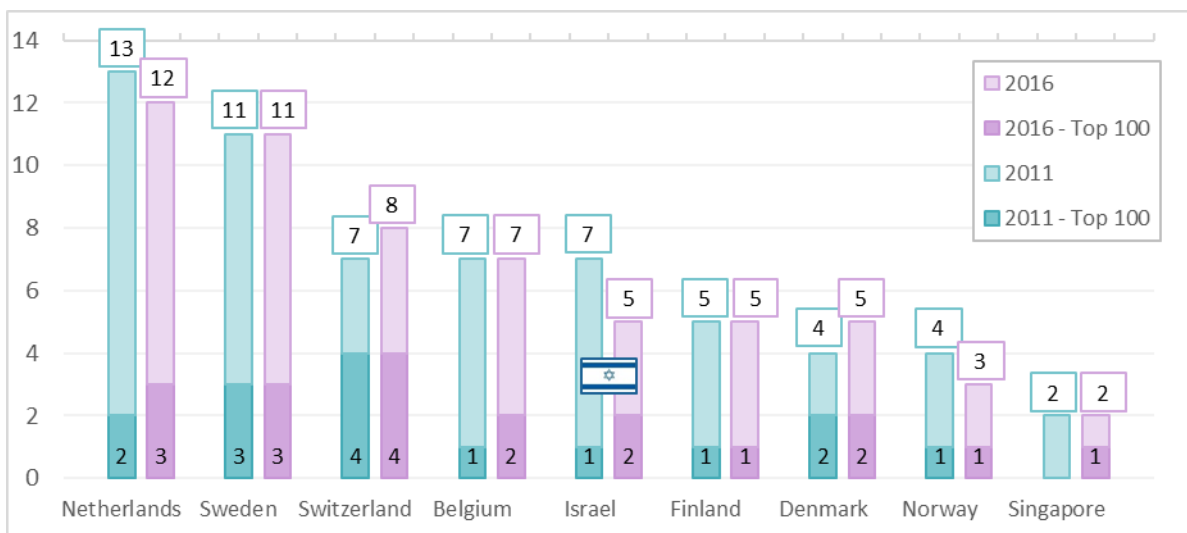
דירוג שנחאי

בדירוג שנחאי לשנת 2016 מופיעות 5 אוניברסיטאות מישראל בין 500 המוסדות המובילים בעולם, ו-2 בין 100 המובילות, והיא ממוקמת במחצית הטבלה של המדינות הנבחרות כפי שאפשר לראות באיור 53.

התמונה הכללית העולה מטבלה זו מצביעה על כך שהישגי ישראל במספר הפרסומים לנפש ומדדי השפעה מדעית אינם גבוהים ביחס למדינות ברות-השוואה, למרות שיש בישראל מצויינות מדעית (המתבטאת בעיקר במענקי ERC).

עולה איפא השאלה: מדוע הישגי האקדמיה בישראל אינם גבוהים ביחס למדינות ברות-השוואה למרות מצוינות מוכחת?

איור 53: השוואה בין מספר האוניברסיטאות הנכללות בדירוג שנחאי



חלקו של המו"פ בביצוע מגזר ההשכלה הגבוהה הוא נמוך בכלל המו"פ האזרחי בישראל

ההוצאה הלאומית למו"פ אזרחי בישראל בשנת 2014 היוותה 4.11% מהתמ"ג. לראשונה מאז תחילת המדידה, איבדה ישראל את ההובלה העולמית במדד זה לטובת קוריאה (4.29% מהתמ"ג).

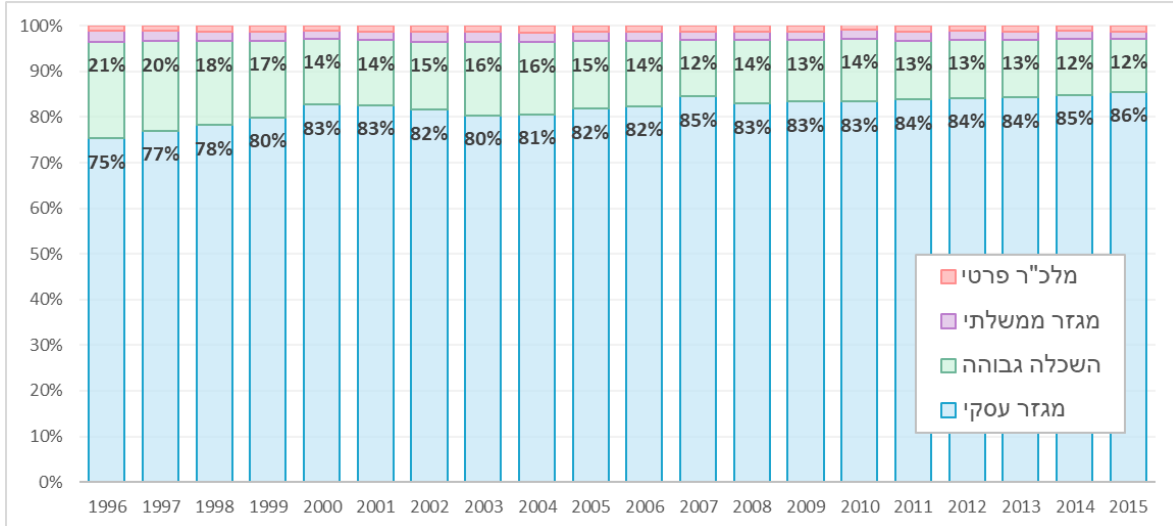
אולם, כפי שאפשר לראות באיור 54, בעוד כ-86% מהמו"פ האזרחי בשנת 2015 בוצע ע"י המגזר העסקי, רק כ-12% בוצע ע"י מגזר ההשכלה הגבוהה. יחס זה נשאר כמעט קבוע משנת 2000.

²⁹ List of Nobel laureates by country ([Wikipedia](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_Nobel_laureates_by_country))

העליה בחלקו של המגזר העסקי באה על חשבון חלקו של מגזר ההשכלה הגבוהה, שירד לאורך השנים מ-21% (והוה 29% בשנת 1989) ל-12% בתקופה הנדונה. כלומר, המחקר המבוצע בהשכלה הגבוהה אינו מצליח לעקוב אחרי הגידול המסיבי בהוצאות למו"פ שמבוצעות בעיקר על ידי המגזר העסקי. תמהיל המו"פ – בין מחקר בסיסי, מחקר יישומי ופיתוח עשוי להיות מושפע בצורה מהותית מהעליה הגדולה בשיעור המו"פ בישראל המבוצע על ידי המגזר העסקי.

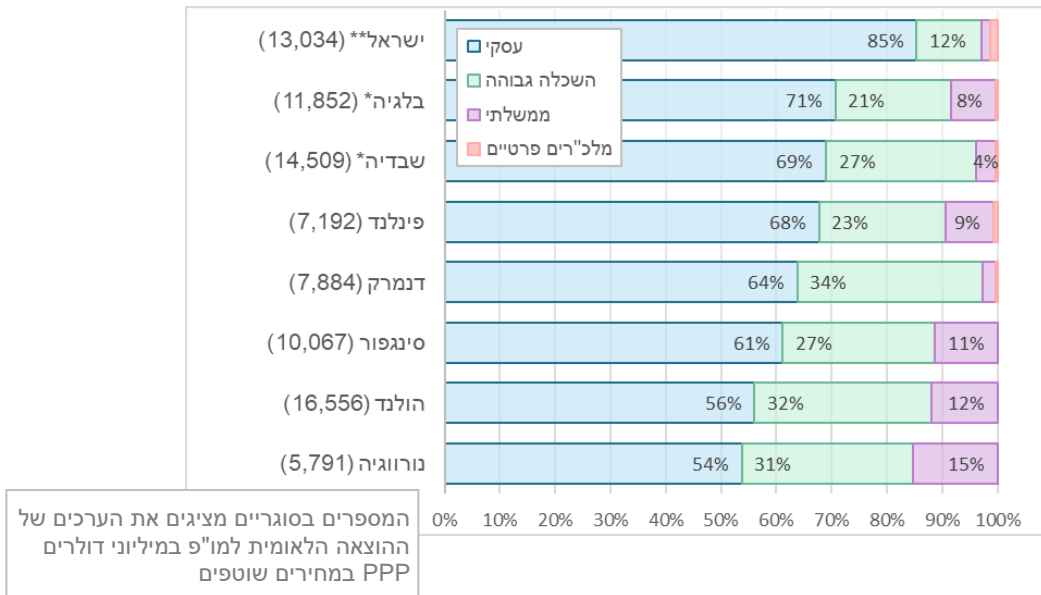
המשמעות – שיעור קטן יחסית של המו"פ בישראל מבוצע ע"י מגזר ההשכלה הגבוהה, בעוד מו"פ זה הוא היחיד העוסק במדע בסיסי, בלתי תלוי ומרחיק ראות.

איור 54: התפלגות ההוצאה הלאומית למו"פ אזרחי ישראל לפי מגזר מבצע (באחוזים)³⁰, 1996-2015



כפי שניתן לראות באיור 55, שיעור ביצוע מו"פ ע"י מגזר ההשכלה הגבוהה בישראל נמוך מזה של המדינות המפותחות בקבוצת השוואה, בעוד חלקו של המגזר העסקי גבוה:

איור 55: שיעורי ההוצאה הלאומית למו"פ אזרחי לפי מגזר מבצע – ישראל בהשוואה למדינות נבחרות³¹, 2014



³⁰ עיבוד של מוסד נאמן לנתוני הלמ"ס

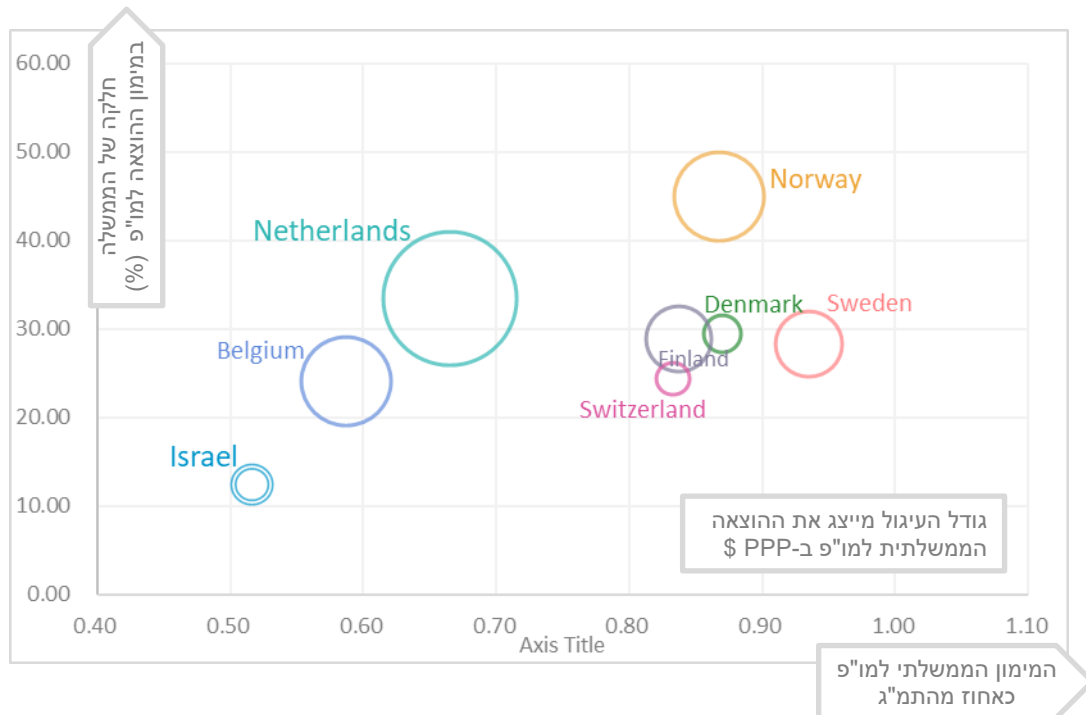
³¹ עיבוד של מוסד נאמן לנתוני OECD

המימון למו"פ במגזר ההשכלה הגבוהה מגיע בעיקר ממימון חמשלתי, והוא נמוך:

המימון הממשלתי לכלל המו"פ האזרחי בישראל כאחוז מהתמ"ג, וחלקו במימון כלל ההוצאה למו"פ האזרחי – מוצגים באיור 56 עם נתוני המדינות בקבוצת השוואה.

ניתן לראות כי בישראל המימון הממשלתי כאחוז מהתמ"ג וגם חלקה של הממשלה במימון ההוצאה למו"פ - נמוכים מאוד בהשוואה למדינות המוצגות באיור 56.

איור 56: המימון הממשלתי למו"פ כאחוז מהתמ"ג מול חלקה של הממשלה במימון ההוצאה למו"פ³¹ – ישראל בהשוואה למדינות נבחרות, 2015³²

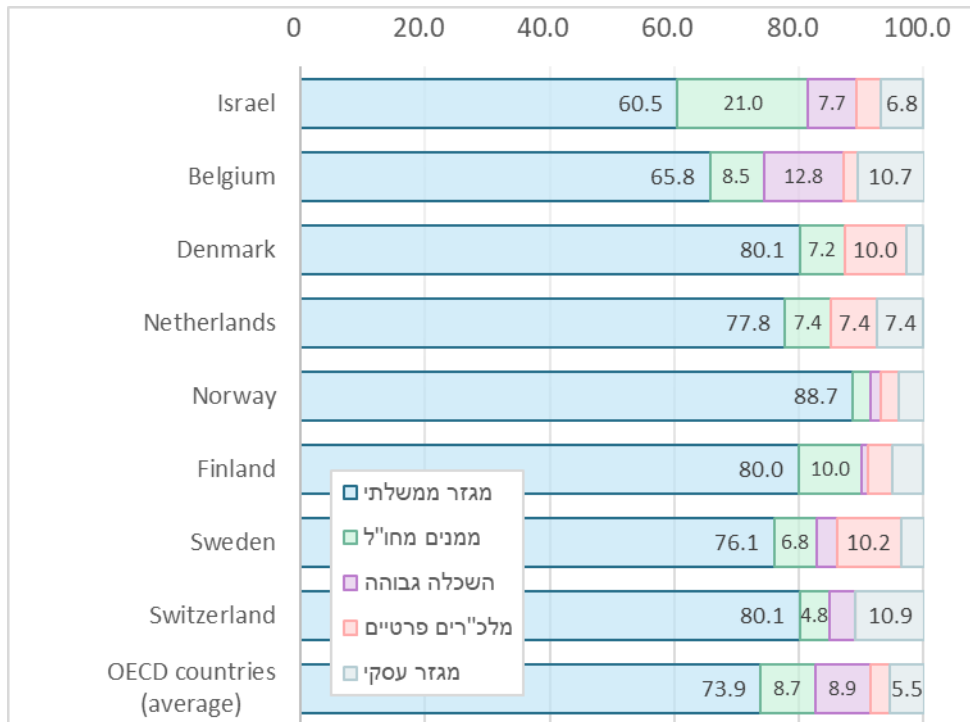


איור 57 מתאר את ההוצאה למו"פ במגזר ההשכלה הגבוהה לפי מקורות מימון, בישראל ובמדינות הנבחרות. ניתן לראות כי בישראל עיקר המימון מגיע מהממשלה, וכי הוא נמוך ביחס למדינות האחרות.

אכן, הרכב מימון מגזר ההשכלה הגבוהה בישראל שונה מזה הקיים במדינות OECD אחרות בכמה פרמטרים (איור 57). מחד גיסא, שיעור המימון הממשלתי בה נמוך יחסית – 60.5% מול 73.9% ממוצע ה-OECD, ומול 88.7% - שיעור המימון בנורווגיה שמובילה במדד זה. מאידך גיסא, שיעור מימון חו"ל בישראל הנו הגבוה ביותר ב-OECD - 21% מול 8.7% ממוצע ה-OECD ו-10.0% בפינלנד שהיא המדינה השנייה לישראל במדד זה.

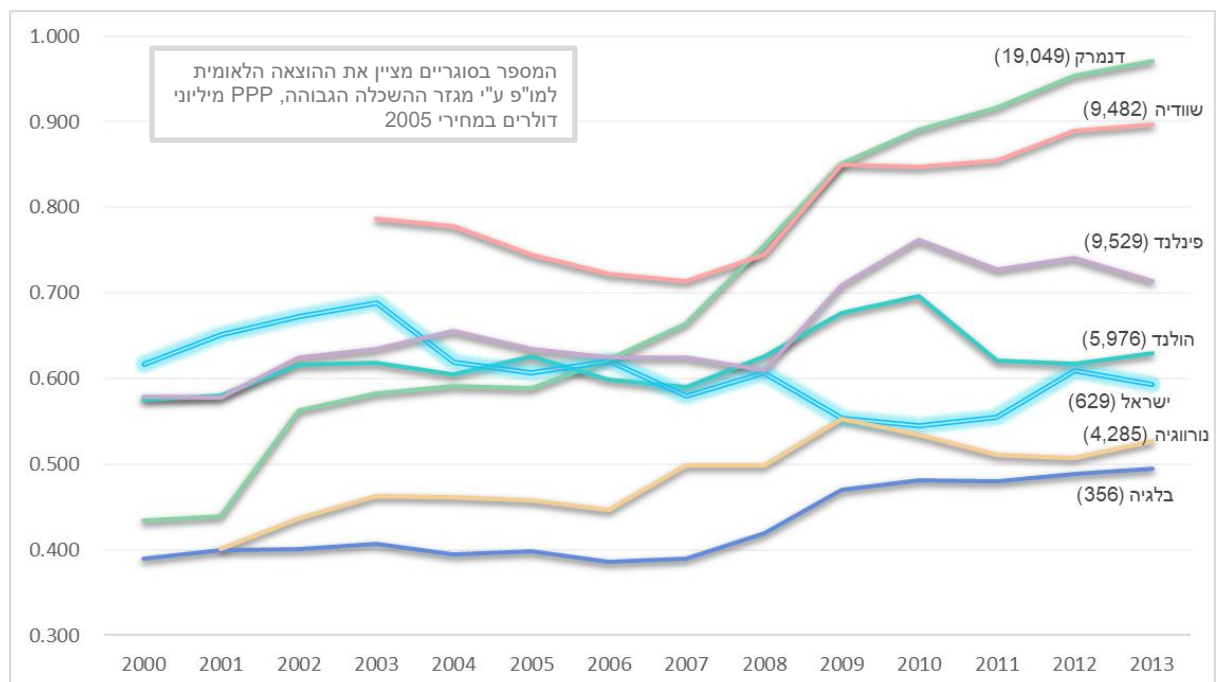
³² הנתונים באיור זה הם עבור שנת 2015 או השנה האחרונה עברה יש נתוני OECD

איור 57: ההוצאה למו"פ בביצוע השכלה הגבוהה לפי מקורות מימון³⁰ – ישראל בהשוואה למדינות נבחרות, 2013



איור 58 מתאר את ההוצאה הלאומית למו"פ בביצוע מגזר השכלה הגבוהה כאחוז מהתמ"ג, בישראל ובמדינות הנבחרות. הוצאות המו"פ של ישראל בביצוע מגזר השכלה הגבוהה מהוות כ- 0.6% מהתמ"ג שלה. שיעור זה אינו חריג בהשוואה בינלאומית (ראה איור 58). עם זאת, להבדיל ממדינות OECD רבות, שיעור זה יציב ואף מצטמצם לאורך שנים. כפי שצוין למעלה, במגזר השכלה הגבוהה מתבצע רוב המחקר הבסיסי. אי לכך, צמצום תפקידו של מגזר זה יכול לפגוע בטווח בינוני-ארוך בתחרותיות של כלל המו"פ הישראלי.

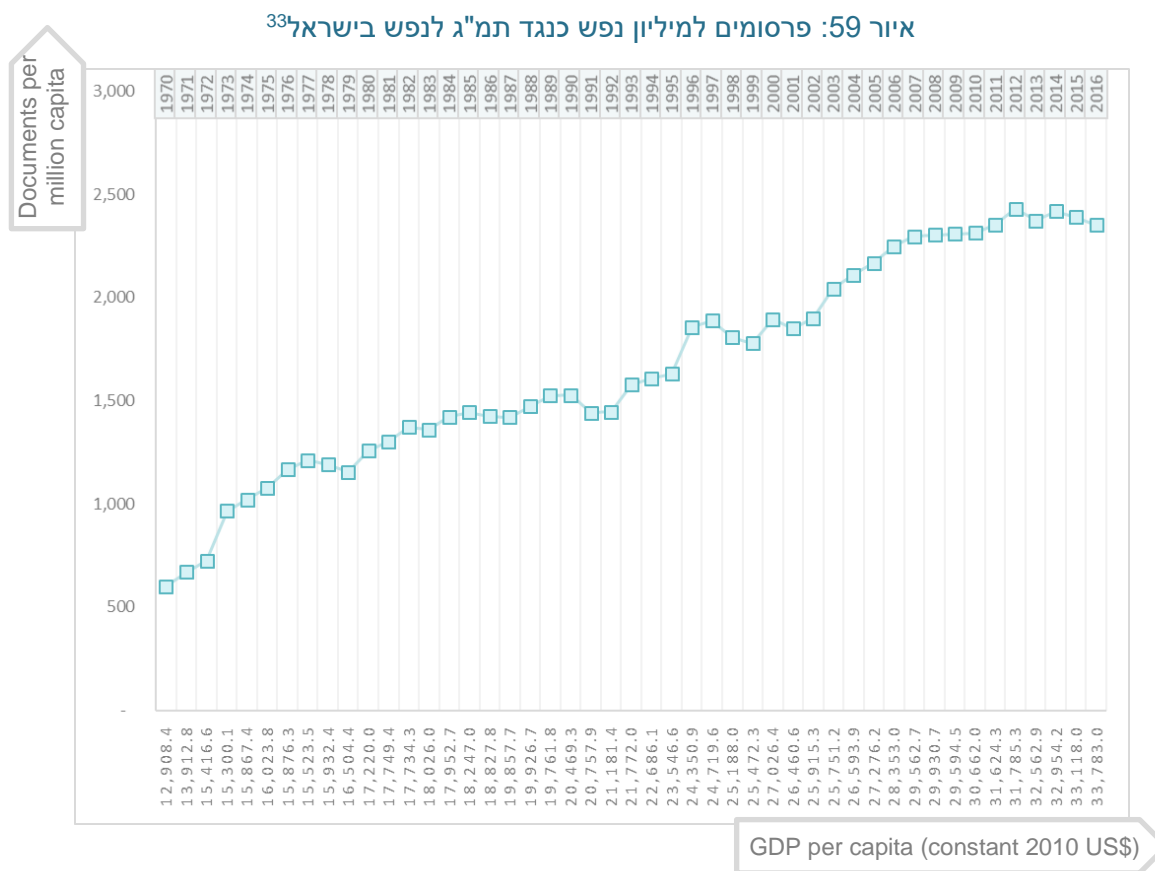
איור 58: מו"פ בביצוע השכלה הגבוהה כאחוז מהתמ"ג - ישראל בהשוואה למדינות נבחרות³¹, 2000-2013



עד כה ראינו כי בהשוואה למדינות הנבחרות, שיעור המו"פ במגזר ההשכלה הגבוהה בישראל הוא נמוך בכלל המו"פ האזרחי במדינה ואף יורד עם השנים; וכי עיקר המימון למו"פ במגזר זה בישראל מגיע מהממשלה, והוא נמוך ואף מצטמצם עם השנים.

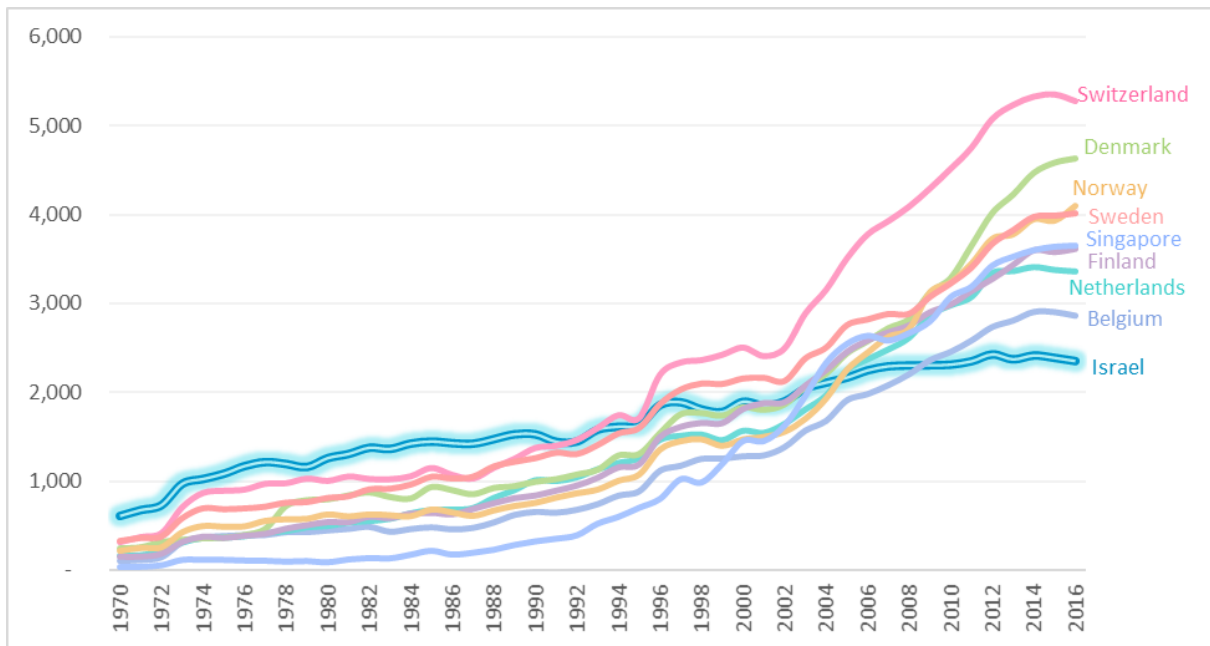
האם נתונים אלה מתבטאים בביצועי המדע האקדמי בישראל כפי שאלה משתקפים בפרסומים מדעיים?

איור 59 מתאר פרסומים לנפש כנגד תמ"ג לנפש בישראל, בין השנים 1970-2016. ניתן לראות כי עד 2006 בערך היה גידול מקביל בתמ"ג ובמספר הפרסומים לנפש (אם כי לא באותו קצב). אולם מאז 2006 בערך מספר הפרסומים לנפש נותר כמעט קבוע, בעוד התמ"ג לנפש ממשיך לעלות.

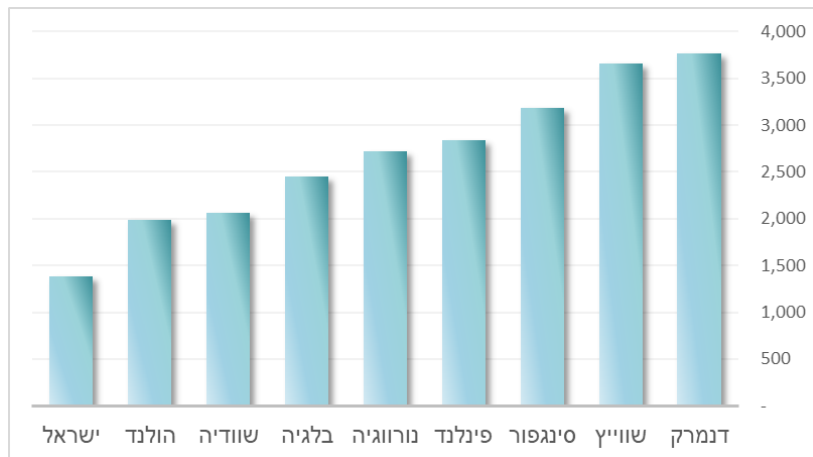


השוואת מספר הפרסומים לנפש בישראל מול המדינות הנבחרות ולאורך שנים מתוארת באיור 60. מאיור זה עולה, כי עד ראשית שנות התשעים (של המאה העשרים) ישראל הובילה במדד זה בקבוצת השוואה זו (ובעולם). אולם מאז היתה עליה מתונה מאוד, עד לקיפאון בתקופה האחרונה בהישגי ישראל במדד זה, בעוד יתר המדינות בקבוצת השוואה מראות עליה תלולה.

איור 60: פרסומים למיליון נפש – ישראל בהשוואה למדינות נבחרות



באיור הבא מתואר מספר החוקרים לנפש בישראל ובמדינות הנבחרות. הנתונים נאספו מבסיס הנתונים של OECD והם מתארים את מספר משרות המחקר המלאות בהשכלה הגבוהה (Higher Education Total R&D personnel Full Time Equivalent). אלה כלל משרות המחקר ולא מספר חברי הסגל האקדמי.

איור 61: משרות מחקר בהשכלה הגבוהה למיליון נפש – 2015³⁴

אפשר לראות כי בישראל המספר הנמוך ביותר של משרות מחקר באקדמיה. מפתיע המספר הנמוך יחסית של הולנד, בהתחשב עם הישגיה המצויינים.

³⁴ הנתונים של ישראל וסינגפור הם לשנת 2014

פרק זה הוא האחרון בדוח הנוכחי, שתיאר והציג נתונים רבים על דירוגה היורד של ישראל במדדי פריון והשפעה מדעית כפי שהם משתקפים בפרסומים מדעיים.

בישראל, למעלה מ-80% של הפרסומים המדעיים מקורם באקדמיה – מגזר ההשכלה הגבוהה – ולפיכך הדיון בביצועי ישראל מתמקד למעשה באקדמיה.

האקדמיה היא הבטריה המזינה את המחקר והפיתוח בישראל – באקדמיה עצמה, ובכל ענפי המשק בזכות בוגריה של האקדמיה. במיוחד ובעיקר באקדמיה יכול להתקיים מחקר בסיסי, בלתי-תלוי, עצמאי ומרחיק-ראות. לפיכך, חלקה ההולך ומצטמצם של האקדמיה במו"פ האזרחי בישראל מהווה סיבה לדאגה ולנקיטת צעדים לשינוי המצב.

כדין כל בטריה, היא זקוקה לטעינה כדי להמשיך לפעול, ובוודאי כדי להגדיל את יכולתה. בפרק זה ראינו כי מימון האקדמיה בישראל נמוך ביחס למדינות שנבחרו להשוואה. עם זאת, מימון הולם אינו התנאי היחיד הנדרש, כפי שניתן להסיק מהישגיה הגבוהים של ישראל בשנים בהן התמ"ג שלה היה נמוך מהיום; וגם מהישגיה של נורווגיה – שאינם תואמים את דירוגה כמדינה העשירה ביותר בקבוצה זו. סיבה נוספת היא חוסר גידול מתאים בסגל אקדמי, בעיקר ביחס לאוכלוסיה הגדלה. אכן גם זו בחלקה שאלת מימון, אולם לאחרונה יש תקנים פנויים שיש קושי לאייש. נראה כאילו מעבר לשאלת המימון, יש שינוי במעמד המדע בישראל, ובישראל עצמה. מגמת שינוי זו מדאיגה וכדאי לתת עליה את הדעת.

נספח א': ביאור מושגים

מדדים כמותיים

▪ מספר פרסומים לתקופה - Scholarly Output

פרסום מדעי מסווג כישראלי אם כתובתו של לפחות אחד ממחברי הפרסום היא בישראל. פרסום מדעי עשוי להיות מאמר, מאמר מכנס, מאמר סקירה, ופרסומים ברי-ציטוט אחרים. מספר הפרסומים של מדינה מתבטא כאשר בוחנים את כלל השטחים (All Fields) בלבד, מפני שבסיווג הפרסומים לשטחים שונים יש חפיפה, כך שאותו פרסום יכול להופיע במספר שטחים. זהו מדד מוחלט.

Scholarly Output: The number of publications of a selected entity

▪ מספר פרסומים לנפש

מכיוון שמספר הפרסומים של כל מדינה תלוי, בין היתר, בגודל האוכלוסייה, מקובל לנרמל את מספר הפרסומים ביחס למספר התושבים בביצוע השוואה בין המדינות השונות. זהו מדד יחסי. הצגת מספר הפרסומים לנפש מסייעת בהשוואה בינלאומית ומאפשרת גם בחינה של השפעת שינויים באוכלוסיית מדינה על תמהיל המחקר והיקפו.

▪ סף כניסה לדירוג

בהשוואות בינלאומיות נעשה שימוש במדדים יחסיים שהקנו בסיס להשוואה, כגון סף כניסה של 0.5% מכלל פרסומי העולם בשטח, כתנאי סף להכנסת המדינה לניתוח הפרסומים.

▪ דירוג מדינות

דירוג מדינות בעולם לפי מספר הפרסומים לנפש הינו מדד יחסי (ראו הגדרת מס' פרסומים לנפש לעיל).

▪ תרומת ישראל לשטח בעולם

חלקם של פרסומי ישראל מכלל פרסומי העולם בשטח מסוים.

▪ התפלגות הפרסומים לפי שטחים - דרוג השטחים

דירוג שטח מדעי במדינה הינה שיעור הפרסומים בשטח המדעי המסוים מכלל הפרסומים המדעיים במדינה.

מדדי השפעה מדעית

▪ ממוצע ציטוטים לפרסום

מספר הציטוטים הממוצע לפרסום משקף את כלל הציטוטים שנצברו בתקופה מסויימת, חלקי סך כל פרסומי המדינה שראו אור באותה התקופה.

Citations per Publication: The average number of citations received per publication

■ ממוצע ציטוטים לפרסום מנורמל לשטח

כיוון שתרבות הציטוטים שונה משטח לשטח, נהוג לנרמל את מספר הציטוטים הממוצע לפרסום בשטח (של הגורם הנבדק - מוסד או מדינה) לממוצע הציטוטים לפרסום בעולם באותו השטח. ממוצע ציטוטים מנורמל (Field-Weighted Citation Impact) משוקלל לשטח, שנת הפרסום ועוד.

Field-Weighted Citation Impact: The ratio of citations received relative to the expected world average for the subject field, publication type and publication year.

■ שיעור פרסומי המדינה באחוזונים העליונים

- שיעור פרסומי המדינה המצוי באחוזונים העליונים (1%, 5% או 10%) לפי מספר הציטוטים בשטח מסוים.

Outputs in Top Percentiles: The number of publications of a selected entity that are highly cited, having reached a particular threshold of citations received.

- שיעור פרסומי המדינה המצוי באחוזונים העליונים (1%, 5% או 10%) של כתבי העת הנחשבים ביותר.

Publications in Top Journal Percentiles: The number of publications of a selected entity that have been published in the world's top journals.

נספח ב': מתודולוגיות

מדעי המוח: חיפוש פטנטים

החיפוש נערך במאי 2017 במאגר הפטנטים האמריקאי (USPTO) לפי השאילתה הבאה שכוללת חיפוש של המונח neuro\$ ונגזרותיו בכותרות ובתקצירים של הפטנטים שהוגשו ע"י ממציא ו/או חברה ישראלים.

(TTL/neuro\$ OR ABST/neuro\$) and (AACO/il or ICN/il)

AACO - Applicant Country

ICN - Inventor Country

מדעי המוח – חיפוש תזות

החיפוש נערך במאי 2017 במאגר התזות של הספרייה הלאומית (ULI).

החיפוש כלל את המונח *neuro בכל השדות (על-מנת לכלול גם נגזרות כמו neurobiology, neurogenesis, neurofeedback וכד'). התקבלו 2,580 תוצאות, מהן 950 שפורסמו ב-1996-2016 (התוצאות ל-2016 אינן סופיות). לאחר הורדת כפילויות – נותרו 740 תזות.

השכלה גבוהה



מוסד שמואל נאמן
למחקר מדיניות לאומית

טל. 04-8292329 | פקס. 04-8231889
הטכניון – מכון טכנולוגי לישראל
קרית הטכניון, חיפה 3200003
www.neaman.org.il