

# תפוקות מחקר ופיתוח בישראל פרסומים מדעיים | ביבליומטריה

דוח מסכם 2023

ד"ר דפנה גץ  
אלה ברזני

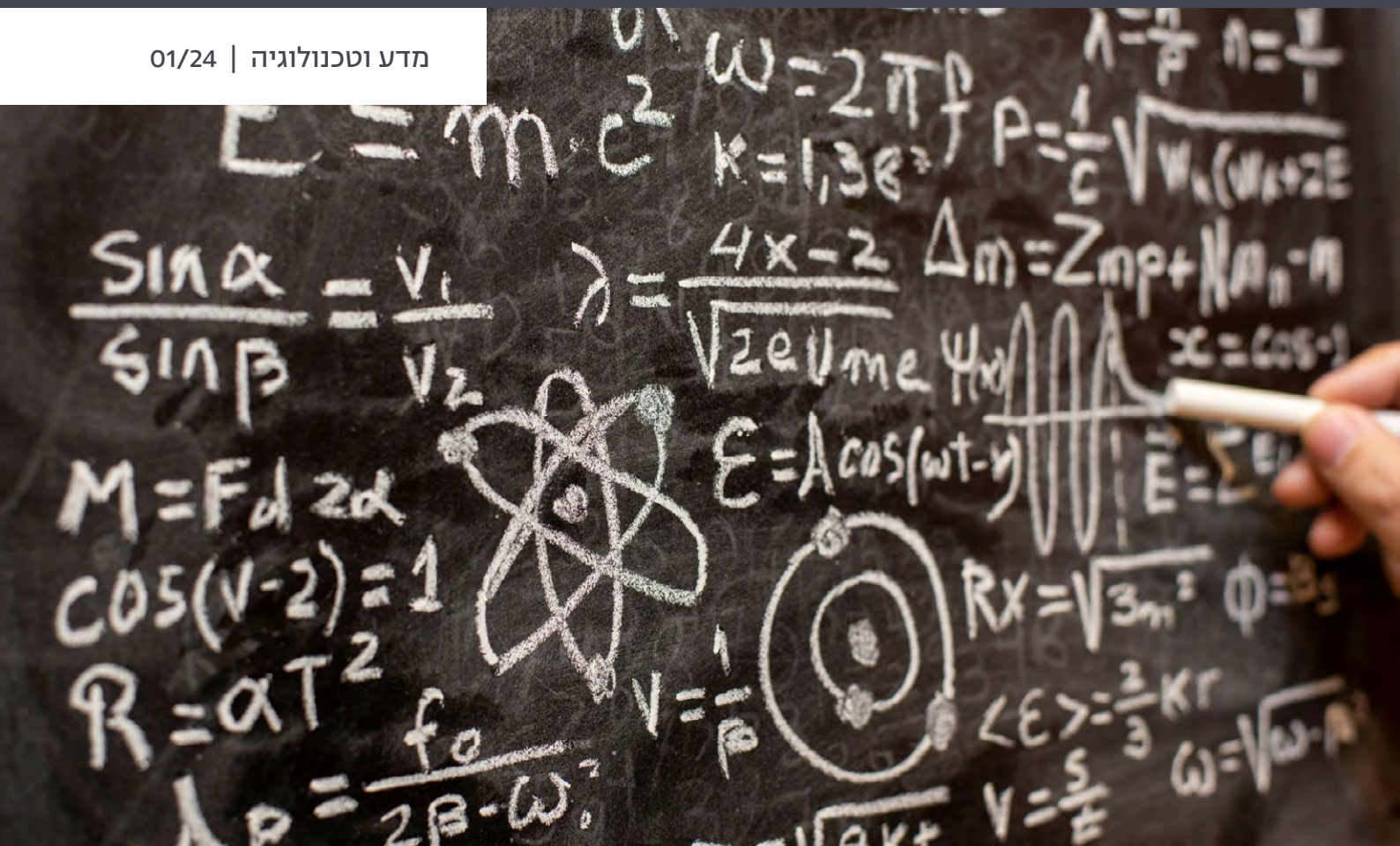
המועצה הלאומית  
למחקר ופיתוח אזרחי  
Israeli National Council for Civilian R&D



מוסד שמואל נאמן  
למחקר מדיניות לאומית



מדע וטכנולוגיה | 01/24





מוסד שמואל נאמן  
למחקר מדיניות לאומית

# סקרים ומחקרים לגיבוש מדיניות מו"פ לאומית עבור המולמו"פ

## פרסומים מדעיים – ביבליומטריה

דוח מסכם 2023

ד"ר דפנה גץ  
אלה ברזני

ינואר, 2024

אין לשכפל כל חלק מפרסום זה ללא רשות מראש ובכתב מהמועצה הלאומית למחקר ופיתוח 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 המחברים ואינן משקפות בהכרח את דעת מוסד שמואל נאמן.

## תוכן עניינים

6.....	הקדמה
7.....	ניתוח ביבליומטרי של פרסומים מדעיים - ישראל בהשוואה לעולם
7.....	תפוקות מחקר
12.....	שיתוף פעולה בינלאומי והשפעה מדעית
16.....	מדדי ציטוטים
22.....	פרסום ב-Open Access
23.....	התפלגות הפרסומים המדעיים לפי תחומי מחקר
25.....	סיכום
26.....	השוואת תפוקות מחקר – ישראל ומדינות המזרח התיכון
26.....	תפוקות מחקר
30.....	מדדי השפעה מדעית
34.....	שת"פ בינלאומי
36.....	פרסום ב-Open Access
36.....	נתוני פטנטים וחדשנות טכנולוגית
38.....	דיון וסיכום
40.....	טכנולוגיות קוונטים – מיפוי תפוקות מחקר בישראל
40.....	תפוקות מחקר בישראל ובעולם
43.....	נתוני ציטוטים והשפעה מדעית
45.....	שת"פ בינלאומי
46.....	קשרי אקדמיה-תעשייה ומיפוי פטנטים בתחומי הקוונטום
49.....	דיון וסיכום
50.....	סקירת מחקרים ומדדים חדשים
65.....	נספח: ישראל ומדינות המזה"ת - נתונים דמוגרפיים וכלכליים

## רשימת איורים

- איור 1: השינוי במספר הפרסומים הישראלים ושיעורם מכלל פרסומי העולם והמזרח התיכון  
8.....
- איור 2: דירוג המדינות לפי מספר הפרסומים המדעיים בשנים 2020-2022.....9
- איור 3: השינוי במספר הפרסומים המדעיים – ישראל ומדינות בנות השוואה.....10
- איור 4: דירוג המדינות לפי מספר פרסומים למיליון נפש, 2020-2022.....11
- איור 5: שיעור השת"פ הבינלאומי בפרסומים מדעיים - ישראל בהשוואה למדינות נבחרות  
12
- איור 6: שיעור השת"פ הבינלאומי בפרסומים מדעיים, ביחס למספר הפרסומים וממוצע  
הציטוטים לפרסום – ישראל בהשוואה למדינות נבחרות, 2020.....13
- איור 7: דירוג המדינות המובילות בפרסומים משותפים עם ישראל, 2020-2022.....14
- איור 8: דירוג הגופים העיקריים שתרמו למימון מאמרים שנכתבו בהשתתפות חוקרים  
ישראלים בשנים 2020-2022.....15
- איור 9: מספר המאמרים המצוטטים ביותר - Highly Cited Papers, ישראל בהשוואה למדינות  
נבחרות, 2020-2022.....17
- איור 10: שיעור המאמרים שנכתבו בשת"פ בינלאומי מתוך המאמרים המצוטטים ביותר  
(HCP) - ישראל בהשוואה למדינות נבחרות, 2020-2022.....18
- איור 11: השינוי בממוצע הציטוטים לפרסום - ישראל בהשוואה למדינות נבחרות.....19
- איור 12: Clinical Medicine - השינוי במספר המאמרים וממוצע הציטוטים לפרסום - ישראל  
בהשוואה למדינות נבחרות<sup>21</sup>, 2013-2022.....20
- איור 13: Physics - השינוי במספר המאמרים וממוצע הציטוטים לפרסום - ישראל בהשוואה  
למדינות נבחרות<sup>21</sup>, 2013-2022.....20
- איור 14: Chemistry - השינוי במספר המאמרים וממוצע הציטוטים לפרסום - ישראל  
בהשוואה למדינות נבחרות<sup>21</sup>, 2013-2022.....21
- איור 15: Mathematics - השינוי במספר המאמרים וממוצע הציטוטים לפרסום - ישראל  
בהשוואה למדינות נבחרות<sup>21</sup>, 2013-2022.....21
- איור 16: Space Science - השינוי במספר המאמרים וממוצע הציטוטים לפרסום - ישראל  
בהשוואה למדינות נבחרות<sup>21</sup>, 2013-2022.....22
- איור 17: שיעור המאמרים המתפרסמים ב-Open Access<sup>12</sup> – ישראל בהשוואה למדינות  
נבחרות.....23
- איור 18: התפלגות הפרסומים המדעיים לפי תחומי מחקר, 2020-2022.....24
- איור 19: מספר פרסומים שנתי - ישראל ומדינות המזה"ת.....27
- איור 20: מספר פרסומים לנפש - ישראל ומדינות המזה"ת.....28
- איור 21: התפלגות לפי תחומי המחקר לפי מספר הפרסומים המדעיים בשנים 2017-2021  
29.....
- איור 22: ממוצע ציטוטים לפרסום – כלל פרסומי ישראל ומדינות המזה"ת<sup>37</sup>.....30
- איור 23: ממוצע ציטוטים לפרסום - Clinical Medicine.....31

- 31.....Molecular Biology & Genetics - לפרסום - 24: ממוצע ציטוטים לפרסום
- 31.....Engineering - לפרסום - 25: ממוצע ציטוטים לפרסום
- 33.....<sup>37</sup> Top Papers לאורך זמן - 26: פרסומים מובילים – השינוי במספר ה-
- 33.....<sup>37</sup> Top Papers מכלל פרסומי המדינה - 27: שיעור ה-
- 34..... 28: שיעור השת"פ הבינלאומי בפרסומים מדעיים
- 35.....<sup>39</sup> 29: המדינות המובילות בשת"פ פרסומים מדעיים עם מדינות המזה"ת
- 36..... 30: שיעור הפרסומים ב-OA מכלל פרסומי המדינה
- 31: בקשות לפטנטים במסלול PCT, לפי מדינת המגורים של הממציא ושנת הגשת  
37..... הבקשה
- 38..... 32: השוואת מדדי חדשנות לפי GII 2022 - ישראל ומדינות המזה"ת
- 41..... 33: מספר פרסומים שנתי בנושאי טכנולוגיות קוונטום - ישראל בהשוואה לעולם
- 2018- 34: דירוג המדינות לפי מספר הפרסומים בנושאי טכנולוגיות קוונטום בין השנים -  
42.....2022
- 43..... 35: פרסומי האוניברסיטאות בנושאי טכנולוגיות קוונטום בשנים 2000-2022
- 2018-2022 36: התפלגות הציטוטים לפרסומי הקוונטום הישראליים שפורסמו בשנים -  
44.....
- 45..... 37: השת"פ הבינלאומי של ישראל בתחומי הקוונטום [2018-2022]
- 47.....<sup>67</sup> 38: מספר בקשות הפטנטים הישראליים בתחומי הקוונטום
- 2010-2022) 39: הארגונים הישראליים המובילים בהגשת פטנטים בתחומי הקוונטום (-  
48.....
- 54..... 40: התפלגות מדדי SDG בדירוג THE-IR
- 56..... 41: Academic Freedom Index – ישראל ומדינות נבחרות
- 57..... 42: International IP Index - ישראל ומדינות נבחרות
- 59..... 43: נושאים טכנולוגיים מתפתחים בתחומי הננוטכנולוגיה
- 65..... 44: השינוי בגודל האוכלוסיה 2011-2021 (2011=100)
- 66..... 45: תמ"ג לנפש 2021 [אלפי \$ קבועים ל-2015]
- 66..... 46: יצוא במיליארד דולר
- 67..... 47: הוצאות ממשלתיות על חינוך כאחוז מהתמ"ג, 2020
- 67..... 48: מספר הסטודנטים ל-1,000 איש 2020
- 68..... 49: סטודנטים לתואר שלישי הלומדים בארה"ב ובמדינות OECD אחרות, 2018
- 69..... 50: Academic Posts jobs באיזור המזרח התיכון

## הקדמה

דוח זה מציג ממצאים שהופקו במהלך אנליזה ביבליומטרית שהתבצעה במהלך שנת 2023 על השינויים שחלו בתפוקות המחקר של מדינת ישראל לאורך הזמן ובהשוואה בינלאומית. הדוח מספק תובנות לגבי פרודוקטיביות המחקר והאימפקט המדעי של תוצרי המחקר בזירה העולמית.

הפרק הראשון מציג ניתוח של **תפוקות מחקר ופיתוח בישראל בהשוואה בינלאומית**, כפי שהן באות לידי ביטוי בפרסומים מדעיים. הפרק כולל נתוני שת"פ בינלאומי והשפעה מדעית, מדדי ציטוטים בתחומים נבחרים וביחס למדינות בנות השוואה, וכן שינויים במגמות הפרסום Open Access-2.

הפרק השני מתמקד בהשוואת **תפוקות המחקר של ישראל ביחס למדינות המזרח התיכון**. הפרק כולל עדכון של השינויים בנתונים הביבליומטריים שחלו בשש המדינות הבולטות במחקר המדעי במזה"ת: ישראל, טורקיה, אירן, מצרים, ערב הסעודית וירדן. להשלמת התמונה - הוספנו נתוני חדשנות נבחרים, וכן דיון בסיבות הגיאוגרפיות שעשויות להשפיע על התמורות שזוהו.

טכנולוגיות קוונטיות נמצאות כיום בחזית המחקר המדעי ומבטיחות התקדמות מהפכנית בתחומי המחשוב, התקשורת והקריפטוגרפיה. לטכנולוגיות הקוונטיות יש פוטנציאל לחולל מהפכה במגוון תעשיות - החל מעיבוד מידע ועד למדעי החומרים. הפרק השלישי מתרכז בתפוקות המו"פ של ישראל בתחום טכנולוגיות הקוונטים. הפרק מתאר את מאפייני הפרסומים הישראליים בתחומי הקוונטום עם השוואה לזירה העולמית, התפלגות הפרסומים לפי אוניברסיטאות, נתוני ציטוטים והשפעה מדעית, ומיפוי פטנטים.

הפרק הרביעי כולל **סקירת מחקרים ומדדים חדשים** ומתבסס על מאמרים שפורסמו בעולם במהלך שנת 2023, עם דגש על מסקנות שעשויות להיות רלבנטיות לזירה הישראלית. העבודות שנסקרו כוללות התייחסות לנושאים כמו חופש אקדמי, קניין רוחני, חדשנות, פיתוח בר-קיימא, מגדר, ושימוש ב-ChatGPT להערכה ביבליומטרית. בחלק מהמקרים הוספנו הדגמה של הממצאים על נתונים ישראלים.

המקור העיקרי לנתונים הביבליומטריים שמוצגים בדוח זה הינו מאגר סקופוס<sup>1</sup> של Elsevier; במקרים שבהם נעשה שימוש בנתונים משלימים ממאגר אחר – המקור מופיע בהערות המקושרות לגרף.

<sup>1</sup> למאגר סקופוס יש חפיפה של כ-96-99% עם מקורות המאונדקסים במאגרים ביבליומטריים מקבילים (כמו Dimensions-1 Web of Science), כך שבחירת המאגר לא אמורה להשפיע על המגמות המתוארות בדוח זה

\* Al-Jamimi, H. A., BinMakhashen, G. M., Bornmann, L., & Al Wajih, Y. A. (2023). Saudi Arabia research: academic insights and trend analysis. *Scientometrics*, 1-33.

## ניתוח ביבליומטרי של פרסומים מדעיים - ישראל בהשוואה לעולם

ניתוח ביבליומטרי מהווה כלי חיוני להערכה של הפרודוקטיביות המדעית באמצעות בחינה שיטתית של נתוני פרסומים, ציטוטים ושיתופי פעולה. פרק זה מציג אנליזה של תפוקות מחקר ופיתוח בישראל בהשוואה בינלאומית, כפי שהן באות לידי ביטוי בפרסומים מדעיים.<sup>2</sup> פרסומים מדעיים מהווים תפוקה מרכזית של מחקר ופיתוח (במיוחד בזירה האקדמית), ולכן ניתוחם משקף את הפעילות המדעית ומשמש כלי מרכזי בתהליכים של מיפוי מצויינות אקדמית, הערכת ביצועי המחקר בדירוגים עולמיים וקביעת אסטרטגיות של מדינות ומוסדות לגבי הקצאת משאבים וקידום חוקרים.

### תפוקות מחקר

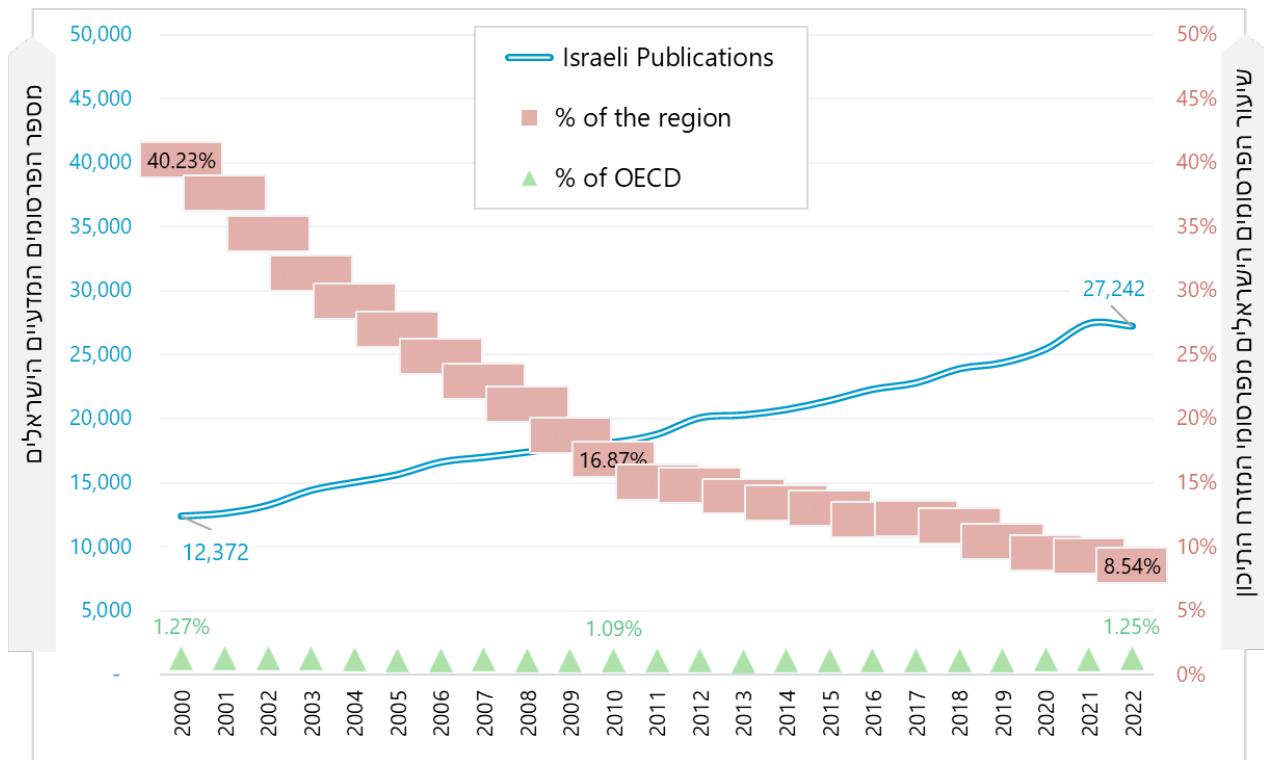
איור 1 מציג את השינוי במספר הפרסומים הישראליים<sup>3</sup> בשנים 2000-2022. מספר הפרסומים הישראליים גדל פי 2.2 בתקופה זו (מספר הפרסומים בעולם עלה פי 3.1). שיעור הפרסומים הישראליים מכלל פרסומי העולם ירד מ-0.94% ב-2000 ל-0.67% ב-2022, וכן ירד שיעור הפרסומים הישראליים מכלל פרסומי המזרח התיכון<sup>4</sup> מ-40.23% ב-2000 ל-8.54% ב-2022. שיעור הפרסומים הישראליים מכלל פרסומי ה-OECD ירד מ-1.27% ב-2000 ל-1.08% ב-2011, ועלה ל-1.25% ב-2022. תוצאות אלו מצביעות על כך שלמרות שחלה עליה במספר פרסומי ישראל לאורך השנים, עליה זו מתונה הן ביחס לעליה במדינות מפותחות (איור 3) והן ביחס לעליה בעולם כולו (שהיא משמעותית בעיקר במדינות מתפתחות – למשל באיזור המזרח התיכון). לכן, בהשוואה בינלאומית דירוגה של ישראל ממשיך במגמת הירידה במספר הפרסומים שהצגנו בדוח הקודם של סידרת מחקרים זו<sup>8</sup> (פורסם לפני שנתיים).

<sup>2</sup> המקור לנתונים הביבליומטריים בפרק זה הינו מאגר סקופוס (אלא אם כן צויין אחרת)

<sup>3</sup> פרסום ישראלי מוגדר כפרסום מדעי שבצוות הכותבים שלו יש לפחות מחבר אחד עם שיוך (affiliation) ישראלי

<sup>4</sup> השוואה מפורטת של נתוני ישראל ומדינות המזה"ת ניתן למצוא בפרק השני של דוח זה



איור 1: השינוי במספר הפרסומים הישראלים ושיעורם מכלל פרסומי העולם והמזרח התיכון<sup>5</sup>

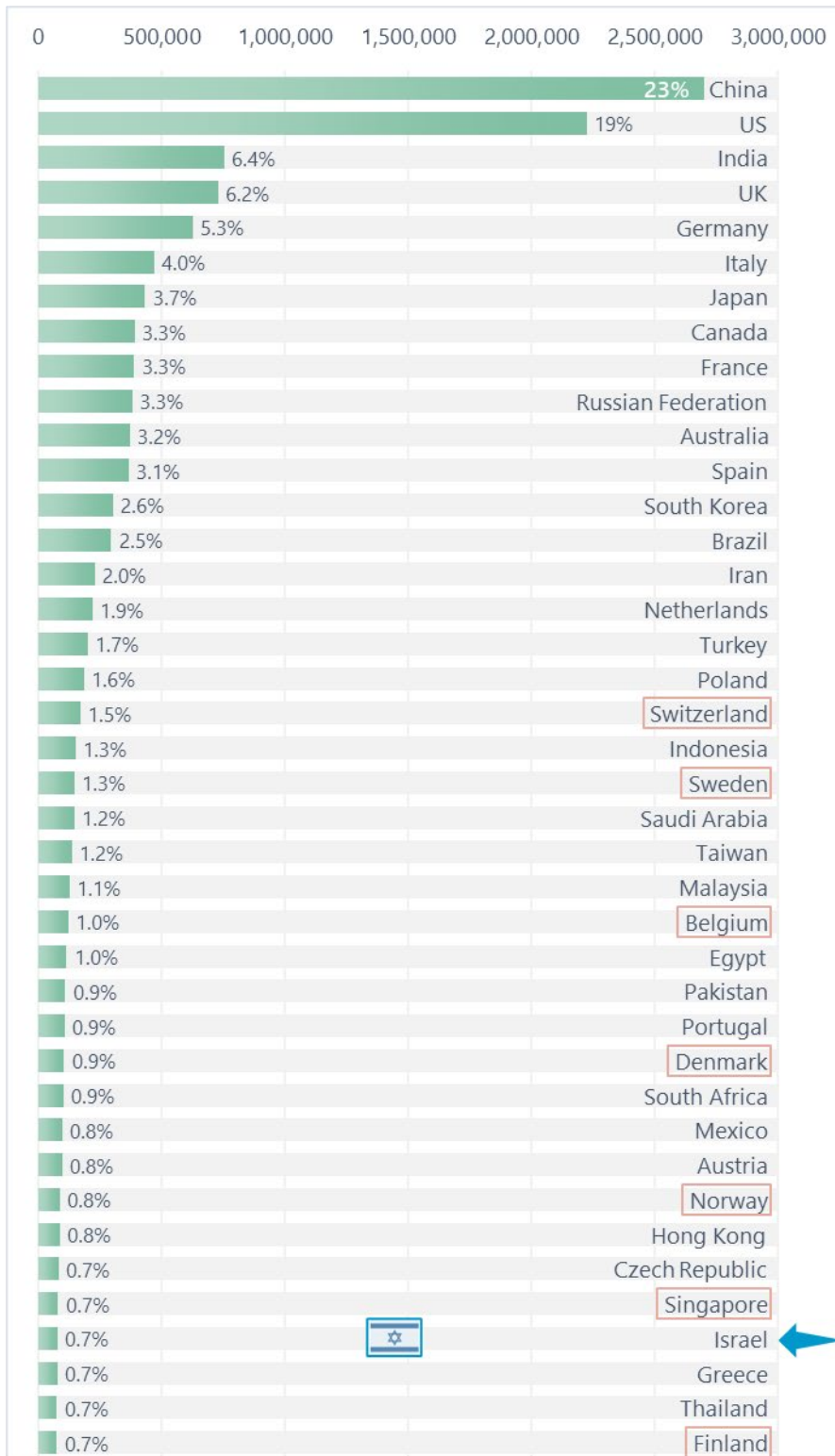
איור 2 מתאר את דירוג המדינות לפי מספר הפרסומים שלהן ושיעורם מכלל פרסומי העולם בשנים 2020-2022. ישראל מדורגת במקום ה-37 (ירידה של מקום אחד בהשוואה לבדיקה הקודמת שנערכה לפני שנתיים<sup>6</sup>). מעניין לראות שסין עקפה את ארה"ב ועלתה למקום הראשון בדירוג לפי מספר הפרסומים המדעיים בתקופה שנבדקה; כמעט רבע מהפרסומים המדעיים בעולם נכתבו בהשתתפות חוקרים מסין. מדינות בנות השוואה<sup>7</sup> לישראל מבחינת גודל האוכלוסיה ומספר הפרסומים השנתי מסומנות בגרף במסגרת כתומה: שווייץ, שוודיה, בלגיה, דנמרק, נורווגיה וסינגפור ממוקמות מעל ישראל במדד זה.

<sup>5</sup> שילוב נתונים ממאגר סקופוס ו-Scimago

<sup>6</sup> בשנת 2000 ישראל דורגה במקום ה-21 במדד זה, בשנת 2005 – במקום ה-22, וב-2010 במקום ה-26.

<sup>7</sup> לרשימת המדינות בנות השוואה נבחרו מדינות שדומות למדינת ישראל מבחינת גודל האוכלוסיה ומספר הפרסומים. השיקולים לבחירת המדינות מפורטים בפרק "השוואת ישראל למדינות נבחרות במדדים שונים" בדו"ח שפורסם בנושא "תפוקות מו"פ בישראל: פרסומים מדעיים בהשוואה בינלאומית, 2017". בדוח הנוכחי הורדנו את הולנד מרשימת מדינות היחוס היות וגודל האוכלוסיה שלה כפול מזה של ישראל.

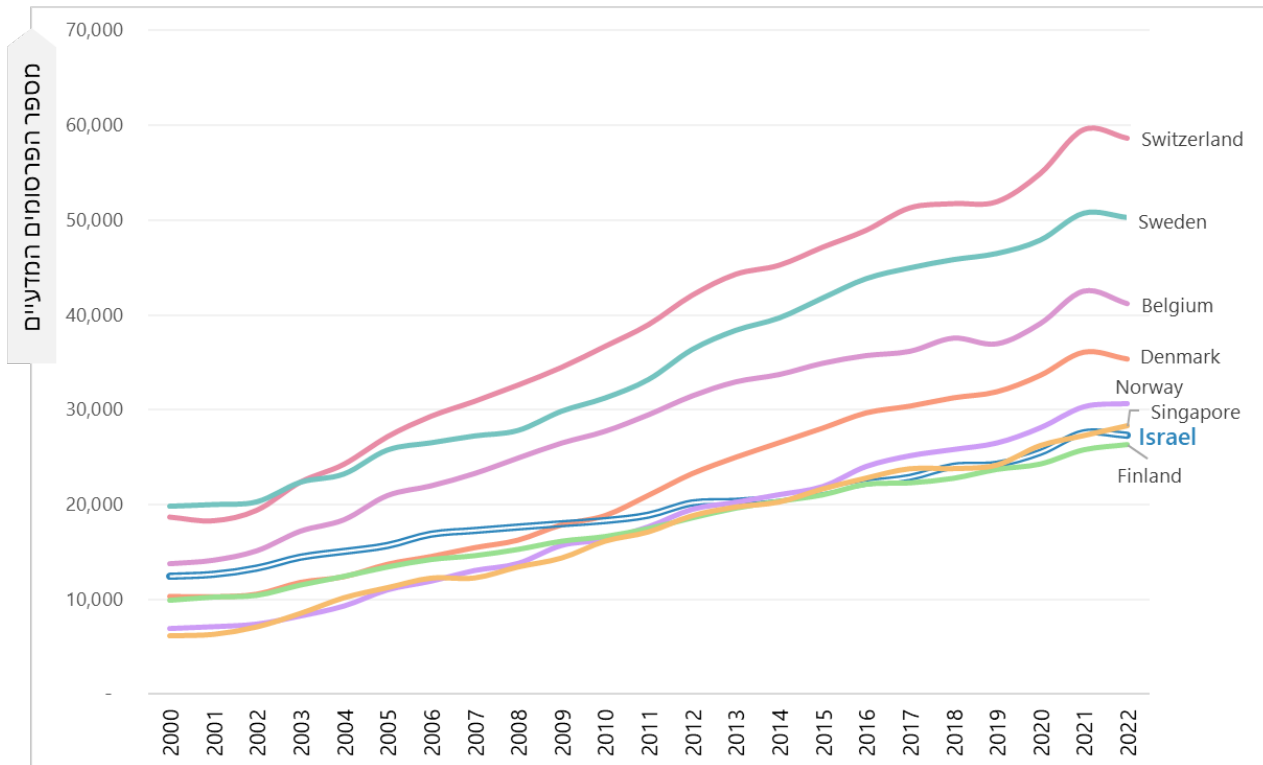
איור 2: דירוג המדינות לפי מספר הפרסומים המדעיים בשנים 2020-2022



\* האחוזים מציינים את שיעור הפרסומים של המדינה מכלל פרסומי העולם בתקופה

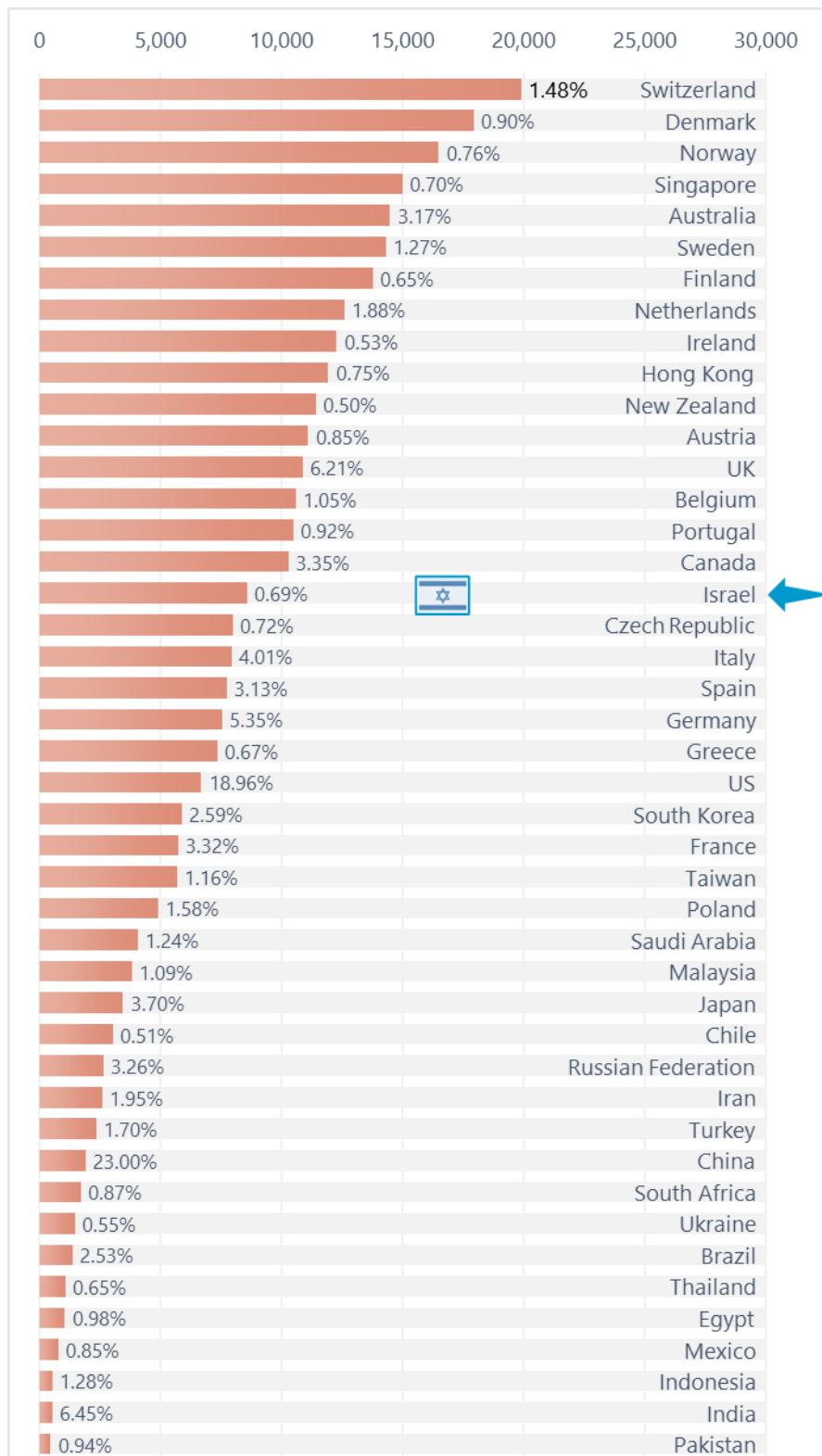
איור 3 מתאר את השינוי במספר הפרסומים המדעיים בישראל ובמדינות היחוס בשנים 2000-2022. ישראל מציגה עליה של 119% במספר הפרסומים, אולם עליה זו אינה מדביקה את שיעור העליה במדינות אחרות ולכן דירוגה של ישראל בין המדינות בגרף – יורד מהמקום הרביעי ב-2000 למקום השביעי ב-2022. שווייץ מובילה במספר הפרסומים המדעיים בהשוואה למדינות היחוס; מספר הפרסומים של שווייץ ב-2022 כפול מזה של ישראל. לסינגפור - שיעור הצמיחה הגבוה ביותר בתקופה שנבדקה - 361%; נורווגיה - 345%; דנמרק - 243%; שווייץ - 214%; בלגיה - 200%; שוודיה - 154%.

איור 3: השינוי במספר הפרסומים המדעיים – ישראל ומדינות בנות השוואה



איור 4 מציג דירוג של המדינות לפי מספר הפרסומים למיליון נפש בין השנים 2020-2022. ישראל מדורגת במקום ה-17 (בדומה לתוצאה שהתקבלה בדוח שפירסמנו לפני כשנתיים); בשנים 2008-2010 ישראל דורגה במקום ה-13 במדד זה, וב-2016-2018 במקום ה-16<sup>8</sup>. מספר הפרסומים לנפש בישראל מהווה כ-43% מהנתון המקביל של שווייץ המדורגת ראשונה (ובעלת אוכלוסיה דומה לזו של ישראל). ניתן לראות כי בראש הדירוג ממוקמות מדינות מפותחות ובתחתיתו - מדינות מתפתחות.

<sup>8</sup> התוצאות התקבלו בדוחות הקודמים שהופיעו בסידרת פרסומים זו [קישור לדף הפרסומים באתר מוסד שמואל נאמן]

איור 4: דירוג המדינות<sup>9</sup> לפי מספר פרסומים למיליון נפש, 2020-2022

\* האחוזים מציינים את שיעור הפרסומים של המדינה מכלל פרסומי העולם בתקופה

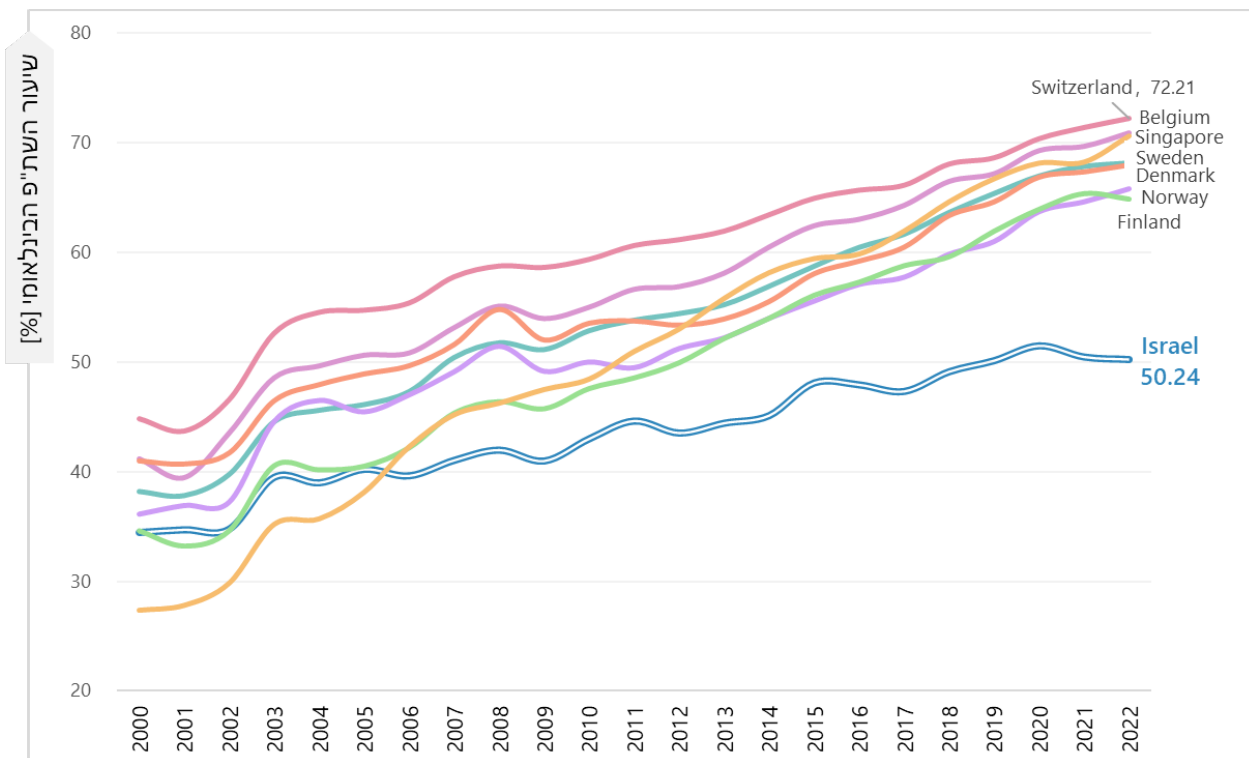
<sup>9</sup> הדירוגים כוללים את רשימת המדינות שפירסמו 0.5% ומעלה מפרסומי העולם בתקופה שנבדקה.

נתוני האוכלוסיה חושבו לפי שנת הביניים 2021 (מקור: [The World Bank](https://www.worldbank.org/))

## שיתוף פעולה בינלאומי והשפעה מדעית

שיתוף פעולה מדעי בינלאומי מאפשר חילופי ידע, מומחיות, מתודולוגיות, כמו גם חשיפה לפרספקטיבות מגוונות ומקורות מימון שעשויים לתרום לפרויקטים חדשניים שיקדמו את המדע בעולם. איור 5 מציג את השינוי בשיעור השת"פ הבינלאומי בפרסומים מדעיים<sup>10</sup> של ישראל בהשוואה למדינות נבחרות במהלך השנים 2000-2022. שווייץ, בלגיה וסינגפור מובילות בשיעור המאמרים שנכתבו בשיתוף עם חוקרים ממדינות אחרות (מבין כלל הפרסומים המדעיים של המדינות שנבדקו). שיעור הפרסומים של סינגפור שנכתבו בשת"פ בינלאומי גדל פי 2.6 במהלך התקופה; נתון זה העלה את סינגפור מהמקום האחרון למקום השני במדד זה (מבין מדינות היחוס). שיעור הצמיחה הממוצע של 8 המדינות במדד השת"פ הבינלאומי הינו 81%; שיעור הצמיחה של ישראל הינו 46%. יש לציין ששיעור השת"פ הבינלאומי של ישראל ירד בשנתיים האחרונות, בעוד שנתון זה עלה ברוב מדינות היחוס<sup>11</sup>.

איור 5: שיעור השת"פ הבינלאומי בפרסומים מדעיים - ישראל בהשוואה למדינות נבחרות<sup>12</sup>



שיעור השת"פ הבינלאומי במחקרים מדעיים עשוי להשפיע על מספר המאמרים של מדינה היות ופרסומים הנכתבים במסגרת קבוצות מחקר בינלאומיות נספרים באופן שווה עבור כל אחת מהמדינות של מחברי המאמר. שיתוף פעולה בינלאומי עשוי להגדיל גם את מספר הציטוטים למאמרים. באיור 6 מתואר שיעור הפרסומים שנכתבו בשת"פ בינלאומי ביחס

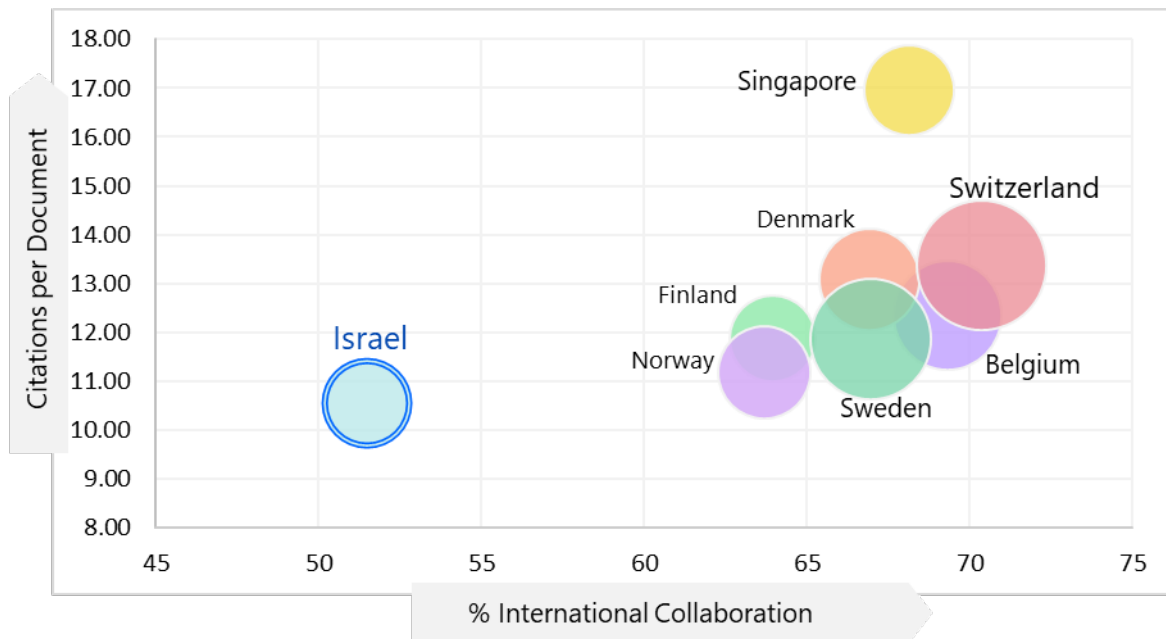
<sup>10</sup> שת"פ בינלאומי בפרסומים מדעיים כולל ספירה של מאמרים שנכתבו ע"י מחברים משתי מדינות ומעלה

<sup>11</sup> מלבד פינלנד שהנתון שלה ירד בשנה האחרונה

<sup>12</sup> המקור לנתונים בגרף זה הינו אתר Scimago המתבסס על נתוני סקופוס

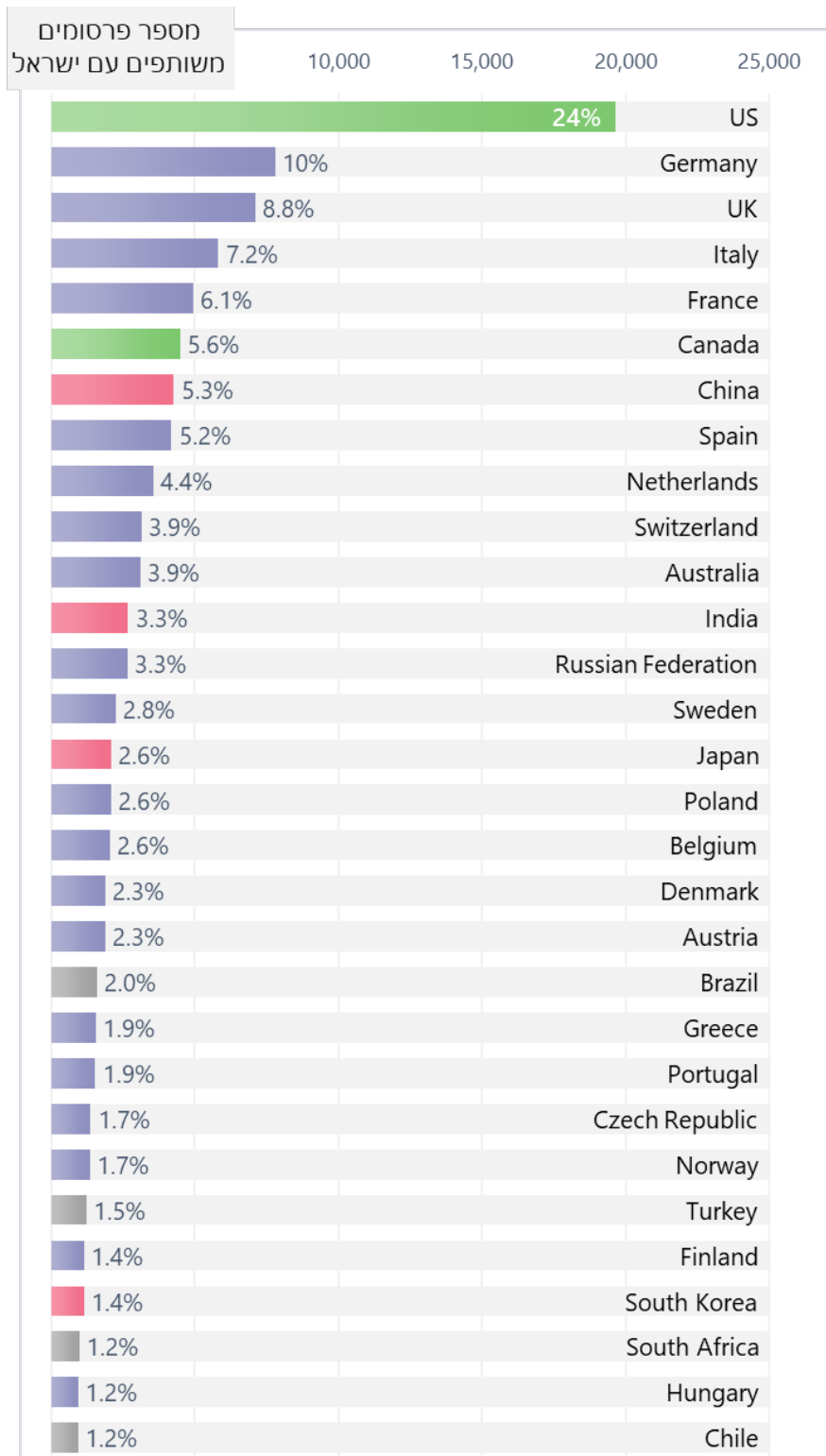
למספר הפרסומים ומוצע הציטוטים לפרסום. ניתן לראות כי לישראל שיעור נמוך של פרסומים שנכתבו בשת"פ בינלאומי, וגם ממוצע הציטוטים לפרסומים ישראלים נמוך בהשוואה למדינות היחוס. תוצאות אלו ממשיכות את המגמה שהוצגה בדוח הקודם של סידרת מחקרים זו. סינגפור ממשיכה לעלות בדירוג לפי ממוצע ציטוטים לפרסום ומציגה פער משמעותי ביחס לשאר המדינות שמופיעות בגרף.

איור 6: שיעור השת"פ הבינלאומי בפרסומים מדעיים, ביחס למספר הפרסומים ומוצע הציטוטים לפרסום – ישראל בהשוואה למדינות נבחרות, 2020



באיור 7 ניתן לראות את 30 המדינות המובילות בפרסומים משותפים עם ישראל במהלך השנים 2020-2022. כרבע מהפרסומים המדעיים של ישראל נכתבו בשת"פ עם חוקרים מארה"ב; 10% בהשתתפות חוקרים מגרמניה.

איור 7: דירוג המדינות המובילות בפרסומים משותפים עם ישראל<sup>13</sup>, 2020-2022

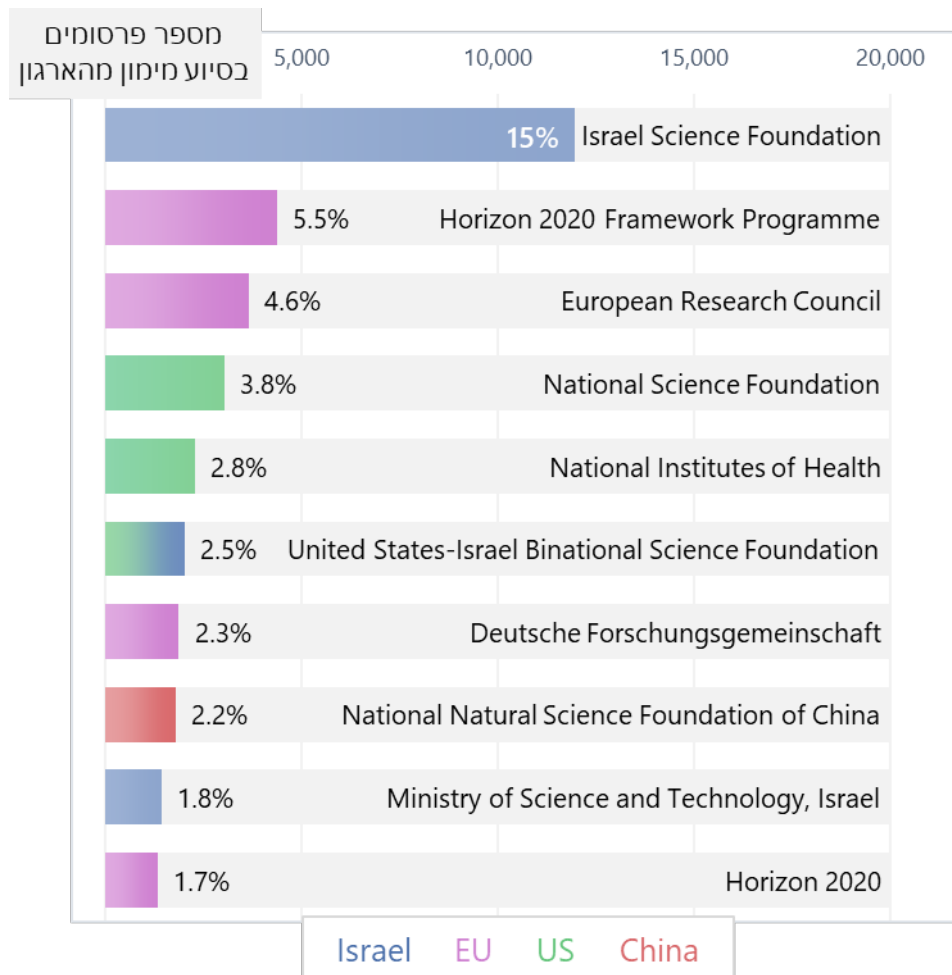


\* האחוזים מציינים את שיעור המאמרים המשותפים עם המדינה מכלל הפרסומים הישראליים שנכתבו בשיתוף עם חוקרים מחו"ל בתקופה שנבדקה. מדינות מאותה יבשת – מסומנות בצבע זהה

<sup>13</sup> מאמרים שנכתבו ע"י חוקרים ממספר מדינות נספרים עבור כל אחת מהמדינות ולכן סכום האחוזים גדול מ-100%

שיתוף פעולה עם חוקרים ממדינות אחרות מגדיל את היצע מקורות המימון שמהווים זרז לשותפויות מחקר גלובליות וחילופי ידע. סוכנויות מימון, הן ממשלתיות והן פרטיות, ממלאות תפקיד מרכזי בקידום שיתופי פעולה חוצי גבולות על ידי תמיכה ביוזמות משותפות והקמת תשתיות מחקר של פרויקטים שיתופיים בין חוקרים ממדינות שונות. הקשר הסימביוטי הזה חיוני למיטוב תוצאות המחקר, קידום חדשנות והתמודדות עם אתגרים גלובליים מורכבים באמצעות מאמצים מדעיים קולקטיביים. איור 8 מפרט את 10 הארגונים העיקריים שמופיעים ברשימות גופי המימון של מאמרים שנכתבו בהשתתפות מחברים מישראל בשנים 2020-2022. הקרן הלאומית למדע (ISF) השתתפה במימון של 15% מהפרסומים הישראליים בתקופה שנבדקה; משרד המדע סייע למימון 1.8% מהפרסומים; שאר גופי המימון בגרף מגיעים ממקורות זרים: 5.5% מהפרסומים נכתבו בסיוע מימון של Horizon 2020; ERC - 4.6%.

איור 8: דירוג הגופים העיקריים<sup>14</sup> שתרמו למימון מאמרים שנכתבו בהשתתפות חוקרים ישראלים בשנים 2020-2022



<sup>14</sup> התפלגות גופי המימון על בסיס מספר הפרסומים לא בהכרח משקפת את התפלגות גובה ההשקעות



## מדדי ציטוטים

מדדי ציטוטים מכמתים את ההשפעה והנראות של המחקר האקדמי ולכן מסייעים בהערכת האימפקט המדעי של מדינה וביצועי המחקר שלה בזירה הבינלאומית. מדדים אלו מסייעים לקובעי המדיניות בתהליכי קבלת החלטות למימון, קידום ומאמצים שיתופיים, המעצבים את מסלול ההתקדמות בכלכלת הידע העולמית.

לנתוני המאמרים המצוטטים ביותר (Highly Cited Papers – HCP) והחוקרים המצוטטים ביותר (Highly Cited Researchers - HCR) השפעה משמעותית על התוצאות שמתקבלות בדירוג שנחאי<sup>15</sup>, כפי שאפשר לראות בדירוג של 3 האוניברסיטאות הישראליות שממוקמות במאה הראשונה של דירוג שנחאי 2023: מכון ויצמן – במקום 68, הטכניון – במקום 79, האוניברסיטה העברית – מקום 86. ניתן היה לחזות את סדר האוניברסיטאות בדירוג כבר בינואר 2023 לפי רשימת HCR<sup>16</sup> שפורסמה באתר Clarivate. הסבר מפורט על השפעת התפלגות ה-HCR על דירוג האוניברסיטאות הישראליות במדד שנחאי ניתן לקרוא בדוח<sup>17</sup> הקודם שלנו משנת 2020.

איור 9 מתאר את מספר המאמרים המוגדרים כמובילים במספר הציטוטים Highly Cited in Field<sup>18</sup> של ישראל ומדינות נבחרות, ביחס למספר הפרסומים הכולל של כל מדינה. ישראל ממוקמת במקום ה-6 בדירוג לפי המספר של כלל המאמרים (מבין 8 המדינות שנבדקו) ובמקום ה-7 לפי מספר המאמרים המצוטטים ביותר (HCP); בבחינת שיעור ה-HCP מכלל פרסומי המדינה – ישראל מדורגת במקום השמיני עם 1.3%. תוצאות אלו דומות למגמה שהוצגה לפני כשנתיים בדוח הקודם בסידרת פרסומים זו.

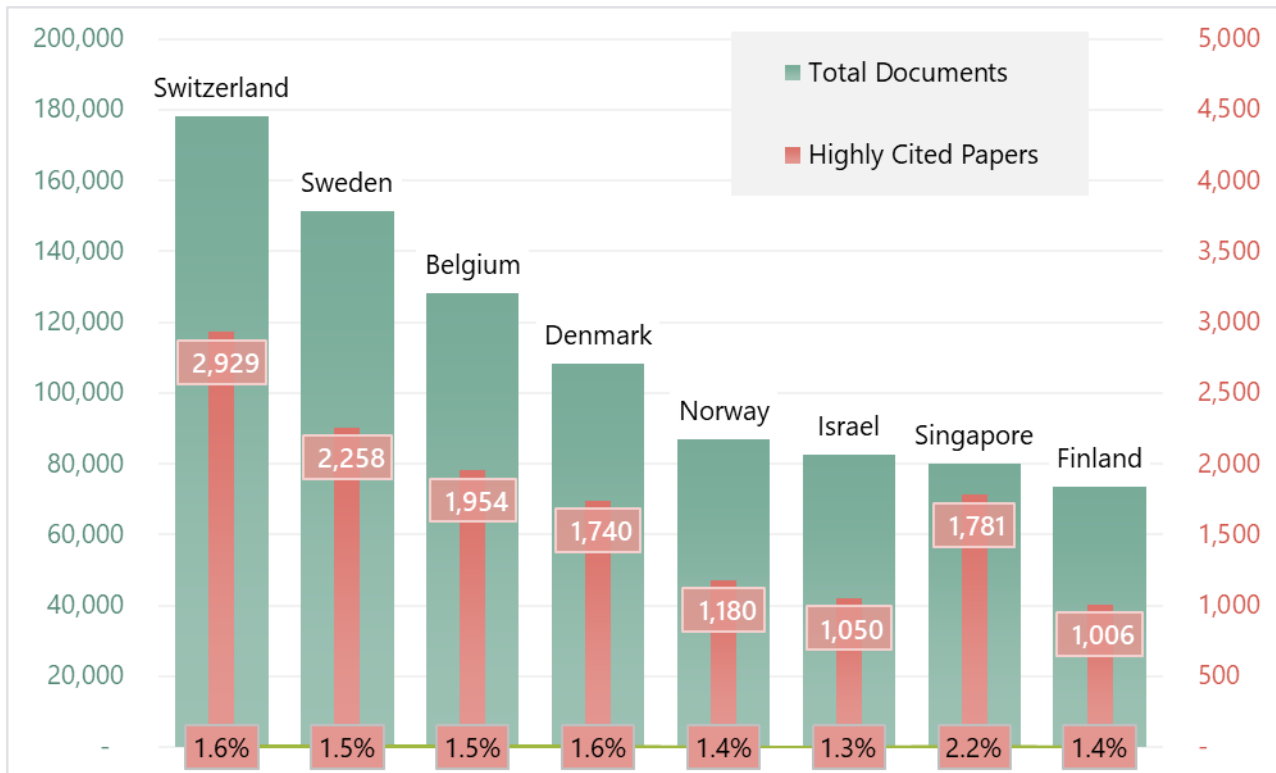
<sup>15</sup> ShanghaiRanking's Academic Ranking of World Universities Methodology 2023 [\[website\]](#)

<sup>16</sup> Highly Cited Researchers [\[website\]](#)

<sup>17</sup> תפוקות מחקר ופיתוח בישראל / פרסומים מדעיים - 2020 חיפה, ישראל, מוסד שמואל נאמן, 2021. [\[קישור\]](#)

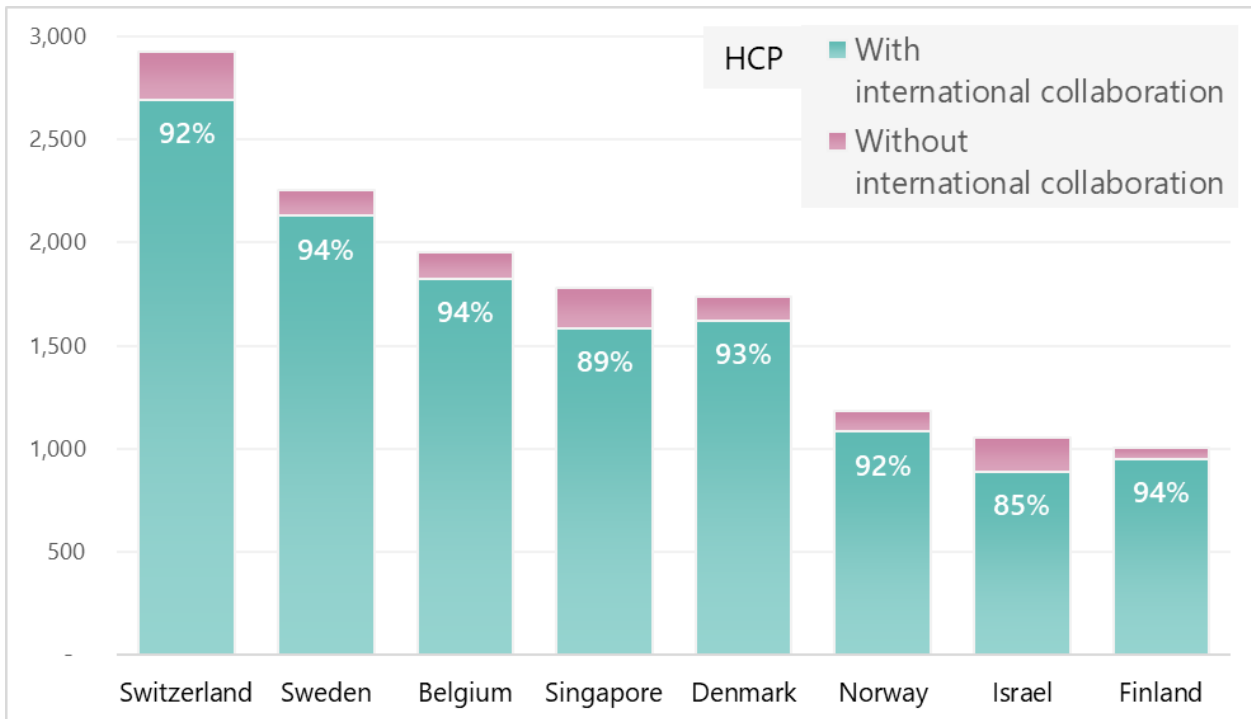
<sup>18</sup> Web of Science defines highly cited papers as papers that “received enough citations to place [them] in the top 1% of the academic field based on a highly cited threshold for the field and publication year” [\(source\)](#)

איור 9: מספר המאמרים המצוטטים ביותר<sup>19</sup> - Highly Cited Papers, ישראל בהשוואה למדינות נבחרות, 2020-2022



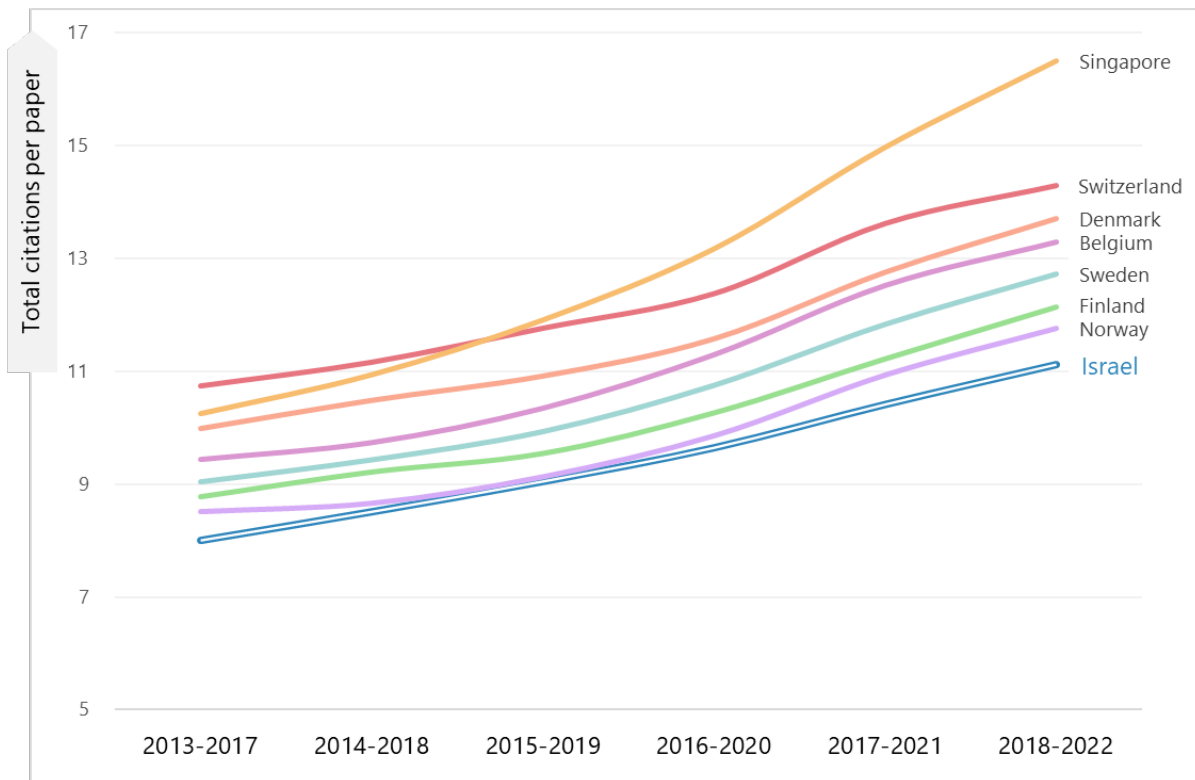
מעניין לראות שבממוצע (של 8 המדינות באיור 10) 92% מהמאמרים המצוטטים ביותר (HCP) נכתבו בשת"פ בינלאומי, כלומר – רק 8% מהמאמרים נכתבו ללא השתתפות של חוקרים ממדינות אחרות. בישראל – שיעור ה-HCP שנכתבו ללא שת"פ בינלאומי כפול מהממוצע ועומד על 15%.

איור 10: שיעור המאמרים שנכתבו בשת"פ בינלאומי מתוך המאמרים המצוטטים ביותר (HCP)<sup>20</sup> - ישראל בהשוואה למדינות נבחרות, 2020-2022



המקור לנתוני הפרסומים והציטוטים המוצגים באיור 11 עד איור 16 הינו Essential Science Indicators (ESI) של Clarivate. מאגר זה מכסה למעלה מ-11,000 כתבי-עת הנכללים ב- Web of Science Core Collection. חשוב לציין שמאגר זה אינו כולל נתונים של פרסומים מכנסים – מה שעלול להשפיע על מדדים ביבליומטריים של תחומים שבהם חלק ניכר מהמאמרים מתפרסמים בכנסים, כמו מדעי המחשב והנדסה. מספר הציטוטים הממוצע לפרסום עשוי להיות מושפע מגורמים כמו פרסום ב-Open Access ושיתוף פעולה בינלאומי במחקר.

איור 17 מציג את ממוצע הציטוטים לפרסום של ישראל ומדינות נבחרות בשנים 2013-2022. ניתן לראות כי בכל המדינות המוצגות בגרף יש עליה במדד זה. סינגפור עקפה את שווייץ עם עליה של 61% במהלך העשור; שאר מדינות היחוס שומרות על עליה בקצב דומה בממוצע של 38% ולכן דירוג המדינות נשאר דומה לאורך התקופה שנבדקה (לישראל עליה של 39% במדד זה).

איור 11: השינוי בממוצע הציטוטים לפרסום - ישראל בהשוואה למדינות נבחרות<sup>21</sup>

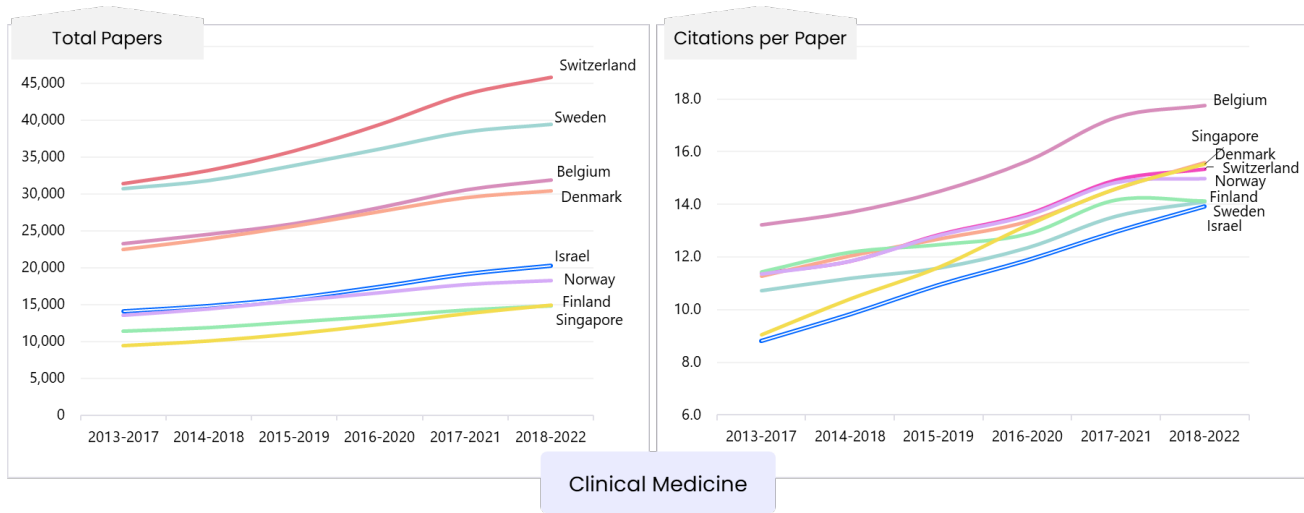
באיורים הבאים (איור 12-איור 16) מתואר השינוי במספר הפרסומים וממוצע הציטוטים לפרסום בתחומי מחקר נבחרים. ניתן לראות את העליה המתונה במספר הפרסומים ובממוצע הציטוטים (Citations per Paper) של פרסומי ישראל בהשוואה למדינות היחוס. המגמות דומות לתוצאות שהוצגו בדוח הביבליומטריה הקודם שפורסם ב-2021. אפשר להבחין בעליה הבולטת של סינגפור במדדי הציטוטים ברוב התחומים שנבדקו.

מעניין לראות שבמתמטיקה (איור 15) ישראל מובילה במספר הפרסומים וממוקמת אחרונה בנתוני הציטוטים בתחום זה שבו חלק גדול מהמאמרים נכתבים ע"י צוותי מחקר קטנים.<sup>22</sup>

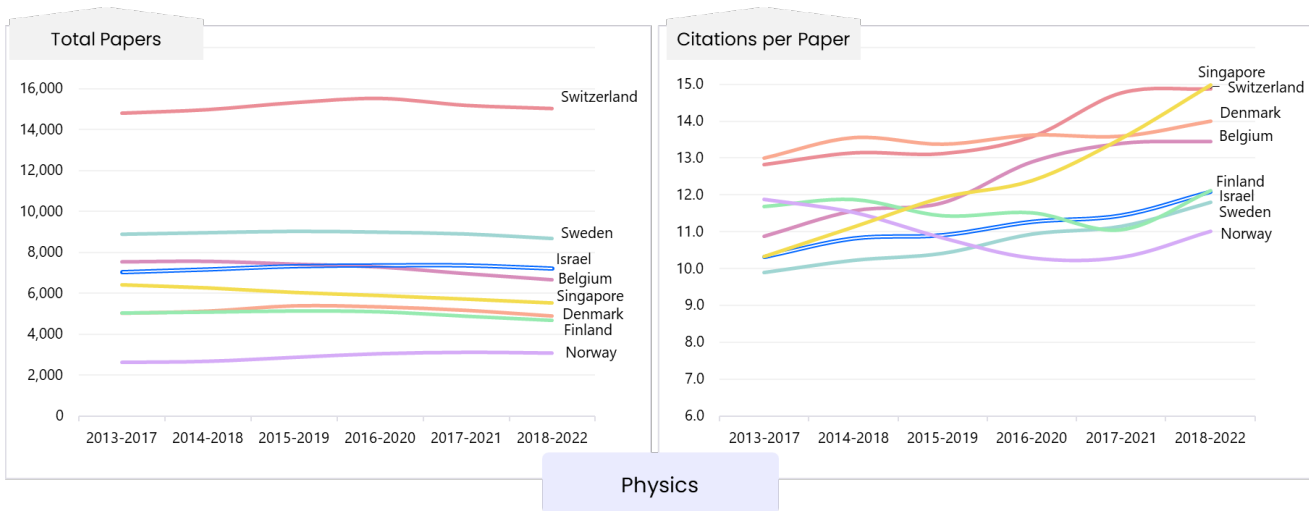
<sup>21</sup> המקור לנתונים: Essential Science Indicators / InCites - Clarivate

<sup>22</sup> בהשוואה לצוותי מחקר עתירי מחברים בתחומים כמו פיזיקה

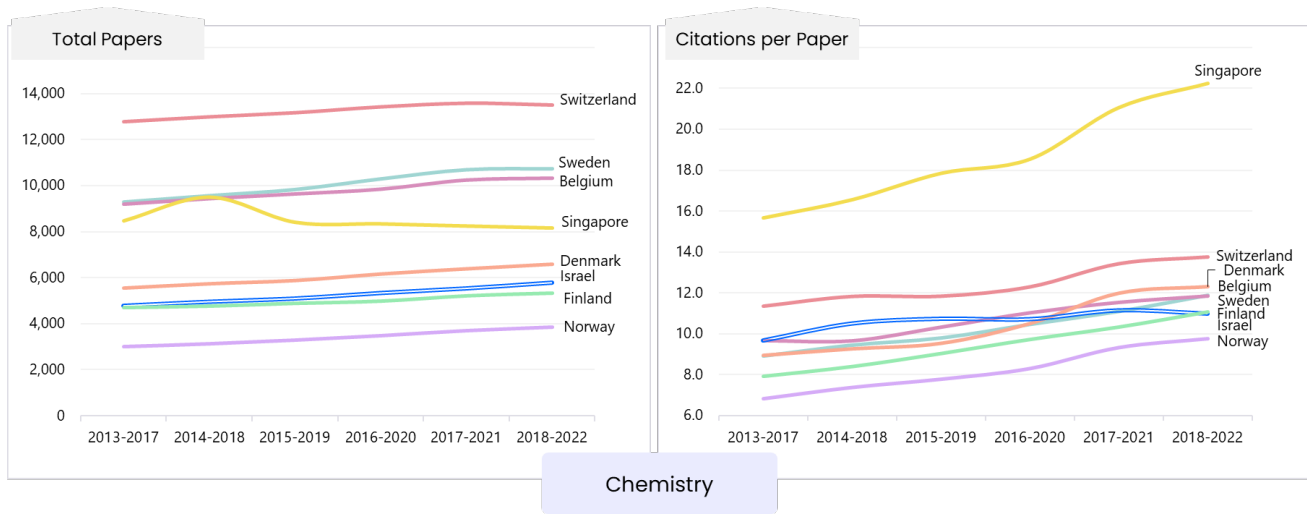
איור 12: Clinical Medicine - השינוי במספר המאמרים וממוצע הציטוטים לפרסום - ישראל בהשוואה למדינות נבחרות<sup>21</sup>, 2013-2022



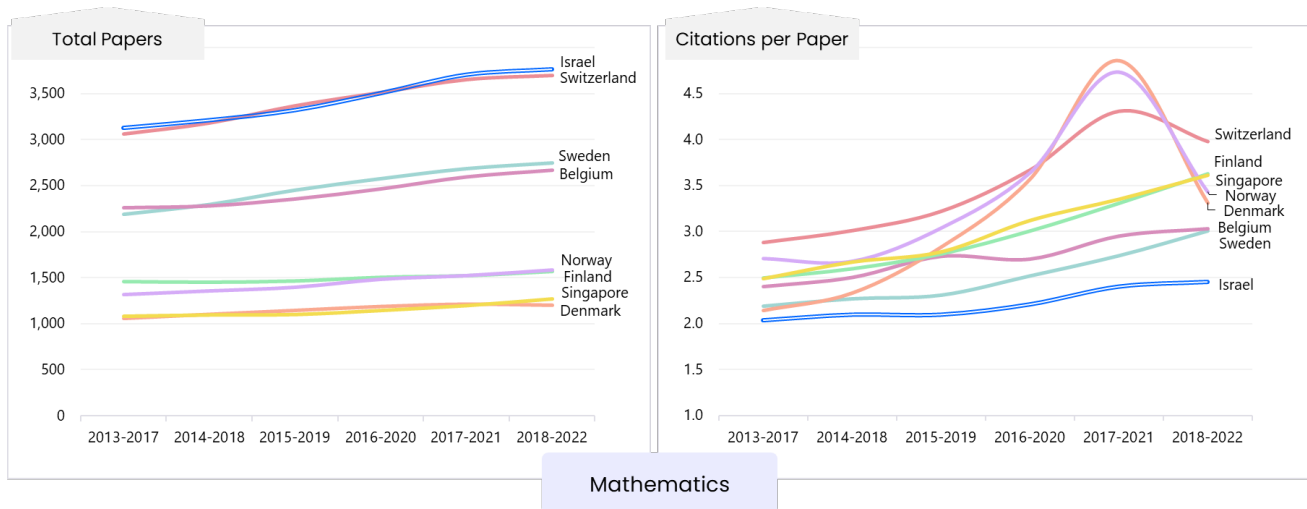
איור 13: Physics - השינוי במספר המאמרים וממוצע הציטוטים לפרסום - ישראל בהשוואה למדינות נבחרות<sup>21</sup>, 2013-2022



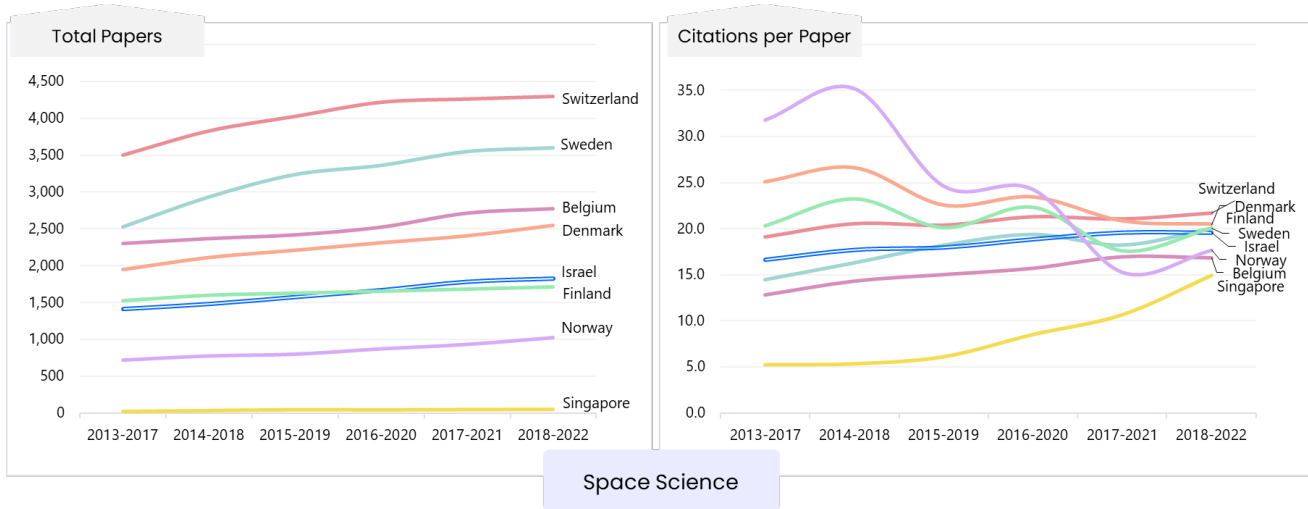
איור 14: Chemistry - השינוי במספר המאמרים ומוצע הציטוטים לפרסום - ישראל בהשוואה למדינות נבחרות<sup>21</sup>, 2013-2022



איור 15: Mathematics - השינוי במספר המאמרים ומוצע הציטוטים לפרסום - ישראל בהשוואה למדינות נבחרות<sup>21</sup>, 2013-2022



## איור 16: Space Science - השינוי במספר המאמרים ומוצע הציטוטים לפרסום - ישראל בהשוואה למדינות נבחרות<sup>21</sup>, 2013-2022



במחקר<sup>23</sup> שפורסם ב-2023 נמצא שהאימפקט פקטור של כתבי-העת לא בהכרח מעיד על איכות המאמרים שמתפרסמים בהם; איכות המאמרים שנבדקו במחקר נקבעה על-סמך הערכה של מומחים (expert judgements). תוצאות אלו הביאו את מחברי המאמר להצטרף להמלצה הראשונה של ארגון DORA<sup>24</sup>:

“Do not use journal-based metrics, such as Journal Impact Factors, as a surrogate measure of the quality of individual research articles, to assess an individual scientist’s contributions, or in hiring, promotion, or funding decisions”.

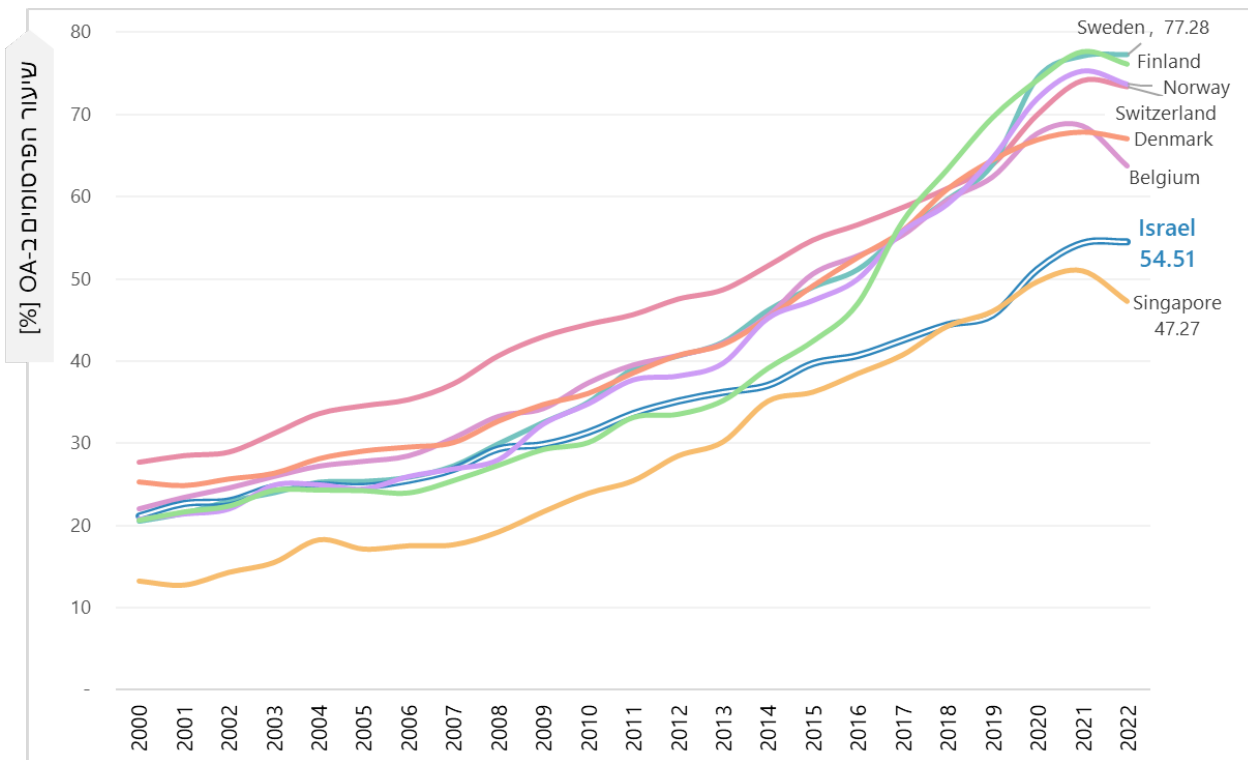
### פרסום ב-Open Access

פרסומים במקורות פתוחים (Open Access - OA) מאפשרים חלוקה שוויונית יותר של ידע ומעצימים את האימפקט של המחקר באמצעות הענקת גישה בלתי מוגבלת לקהל גלובלי, ולכן מאיצים את ההתקדמות המדעית. פרסום ב-OA כולל תפוקות מחקר שמתפרסמות במקורות מקוונים ושניתן להוריד אותן ללא תשלום. המקורות כוללים מאמרים מכתבי-עת אקדמיים שפיטים (peer-reviewed) וכאלו שאינם שפיטים, מאמרים מכנסים (Proceedings), פרקים מספרים, תזות ועוד. פרסום ב-OA עשוי להגדיל את מספר הציטוטים למאמר, כפי שהדגמנו בדוחות קודמים של סידרת הדוחות הביבליומטריים<sup>8</sup>.

איור 17 מציג את השינוי בשיעור ה-OA מכלל הפרסומים המדעיים של ישראל בהשוואה למדינות נבחרות. שוודיה, פינלנד, נורווגיה ושווייץ מובילות בשיעור המאמרים שפורסמו ב-OA (מבין המדינות שנבדקו) עם שיעור גבוה מ-70% ב-2022. במוצע – מספר הפרסומים ב-OA של 8 מדינות היחוס עלה פי 3.2 במהלך התקופה שנבדקה; בישראל – נתון זה עלה פי 2.6.

<sup>23</sup> Thelwall, M., Kousha, K., Makita, M., Abdoli, M., Stuart, E., Wilson, P., & Levitt, J. (2023). In which fields do higher impact journals publish higher quality articles?. *Scientometrics*, 128(7), 3915-3933.

<sup>24</sup> The Declaration on Research Assessment - DORA [\[website\]](#)

איור 17: שיעור המאמרים המתפרסמים ב-Open Access<sup>12</sup> – ישראל בהשוואה למדינות נבחרות

חשוב לציין כי שיעור הפרסום ב-OA משתנה בהתאם למאפייני תחומי המחקר<sup>25</sup>; כדאי לקחת זאת בחשבון במקרים שבהם הרשויות הממשלתיות או גופי המימון שנותנים את מענקי המחקר מחייבים פרסום תוצרים ב-OA ומפעילים מעקב אחר התוצאות המתפרסמות.

## התפלגות הפרסומים המדעיים לפי תחומי מחקר

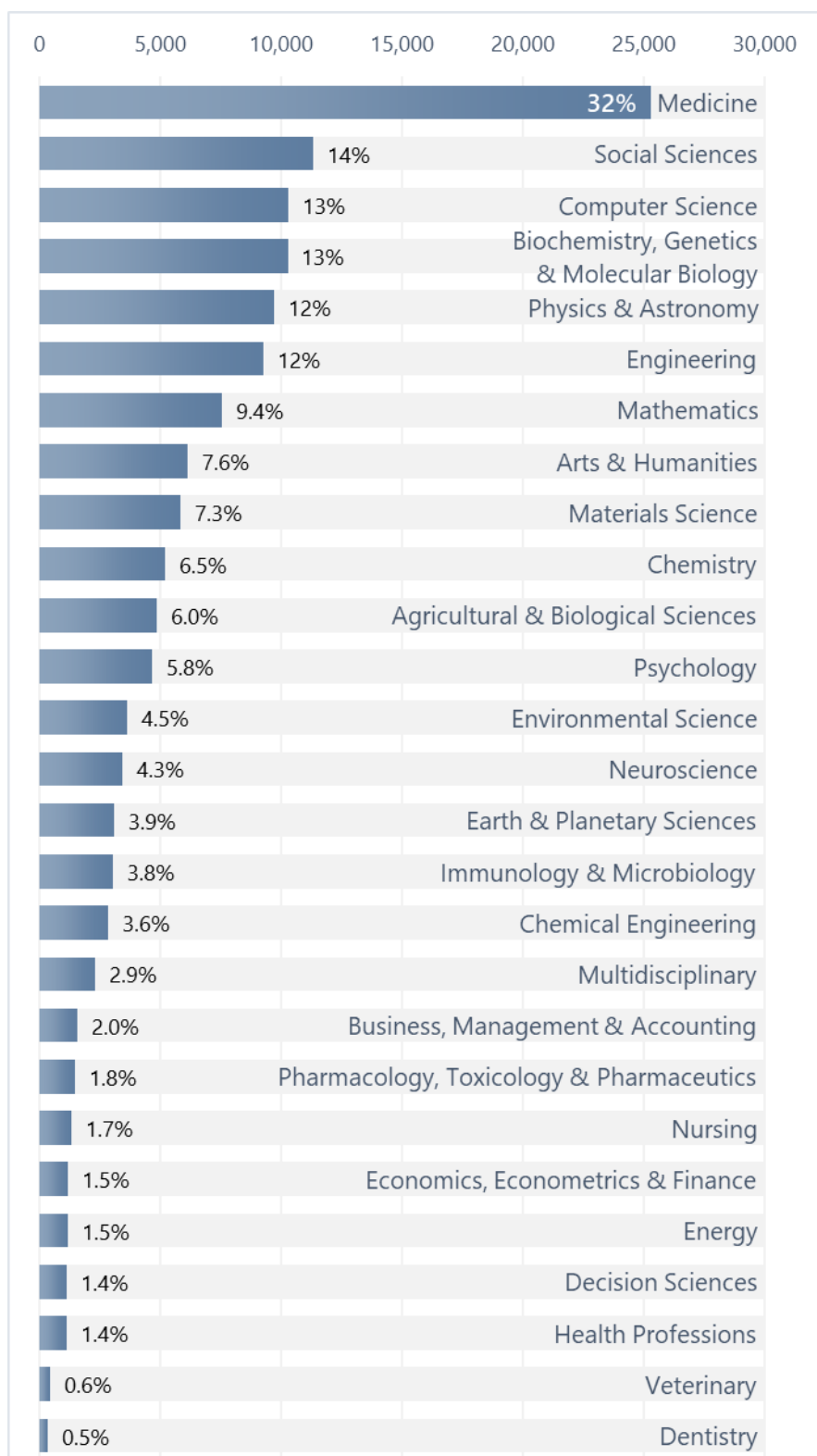
73% מהפרסומים הישראליים בשנים 2020-2022 התפרסמו כמאמרים בכתבי-עת. 9% הופיעו כמאמרים בכנסים (conference paper). איור 18 מציג את מדרג תחומי המחקר של הפרסומים הישראליים בתקופה זו<sup>26</sup>. כשליש מהפרסומים המדעיים שנכתבו בהשתתפות מחברים ישראלים עוסקים ברפואה; 14% במדעי החברה; 13% במדעי המחשב; 13% בביוכימיה, גנטיקה וביולוגיה מולקולרית; 12% - פיזיקה ואסטרונומיה; 12% - הנדסה. התחום של מדעי המחשב עלה למקום השלישי בדירוג התחומים, בהשוואה למקום החמישי שהתקבל בניתוח הביבליומטרי שבוצע לפני כשנתיים.

<sup>25</sup> Bordons, M., González-Albo, B., & Moreno-Solano, L. (2023). Improving our understanding of open access: how it relates to funding, internationality of research and scientific leadership. *Scientometrics*, 128(8), 4651-4676.

<sup>26</sup> חשוב לציין כי מדרג התחומים אינו מצביע על השפעה מדעית של המחקר בשטח כלשהו או על רמת המחקר במדינה, וכי קיימת חפיפה בין תחומים היות ומאמר יכול להיות מסווג למספר קטגוריות. מאגר המידע סקופוס מסווג את הפרסומים לתחומי המחקר בהתאם לכתבי העת בהם פורסמו וכולל סיווג ל-27 תחומי מדע ראשיים, שכל אחד מהם מורכב ממספר תתי שטחים (בסך הכל יש כ-330 תתי שטחים).



איור 18: התפלגות הפרסומים המדעיים לפי תחומי מחקר, 2020-2022



\* האחוזים מציגים את שיעור הפרסומים בכל תחום מכלל פרסומי ישראל בתקופה שנבדקה

## סיכום

פרק זה מתאר פרופיל מחקרי של ישראל כפי שהוא מתבטא במטריקות של תפוקות מחקר, אימפקט מדעי ושיתוף פעולה בינלאומי. למעלה מ-84% מהפרסומים הישראלים בשנים 2020-2022 נכתבו בהשתתפות חוקרים מהאוניברסיטאות הישראליות. אוניברסיטאות נחשבות לנכסים אינטלקטואליים הנדרשים להשגת פיתוח ושגשוג כלכלי היות וידע שמקורו באקדמיה מהווה מרכיב חשוב בקידום התעשייה והמגזר העסקי<sup>27</sup>.

מספר הפרסומים הישראלים גדל פי 2.2 במהלך תקופה זו, אולם עליה זו מתונה ביחס לעליה בעולם בכלל, ובמזרח התיכון בפרט. שיעור הפרסומים הישראלים מכלל פרסומי העולם ירד מ-0.94% ב-2000 ל-0.67% ב-2022. ישראל ממוקמת במקום ה-17 בדירוג לפי מספר פרסומים לנפש בשנים 2020-2022.

כמחצית מהפרסומים הישראלים ב-2022 הופיעו ב-Open Access. שיעור השת"פ הבינלאומי של ישראל ירד בשנתיים האחרונות, בעוד שנתון זה עלה עבור רוב מדינות היחוס; כרבע מהמאמרים הישראלים נכתבו בשת"פ עם חוקרים מארה"ב.

ישראל מציגה עליה במדדי ההשפעה המדעית, אולם זו אינה מדביקה את קצב העליה במדינות אחרות. תופעה זו נובעת הן מגורמים פנימיים של ישראל (שיעור צמיחה אקדמי נמוך), והן מגורמים עולמיים (צמיחה גבוהה במספר הפרסומים, במיוחד במדינות מתפתחות). בהשוואה בינלאומית דירוגה של ישראל ממשיך במגמת הירידה שהצגנו בדוחות הקודמים של סידרת מחקרים זו.

הטבלה הבאה מסכמת את המדדים העיקריים שנסקרו בפרק:

תוצאות	מדד
ישראל מדורגת במקום ה-37 (ירידה של מקום אחד בהשוואה לבדיקה הקודמת שנערכה לפני שנתיים)	מספר הפרסומים המדעיים בשנים 2020-2022
ישראל מדורגת במקום ה-17 (בדומה לתוצאה שהתקבלה בדוח שפירסמנו לפני כשנתיים)	מספר פרסומים למיליון נפש בין השנים 2020-2022 <sup>9</sup>
גדל פי 2.2 בין השנים 2000-2022	מספר הפרסומים השנתי של ישראל
ירד מ-0.94% ב-2000 ל-0.67% ב-2022	שיעור הפרסומים הישראלים מכלל פרסומי העולם
ירד מ-40.23% ב-2000 ל-8.54% ב-2022	שיעור הפרסומים הישראלים מכלל פרסומי המזרח התיכון
שיעור השת"פ הבינלאומי של ישראל ב-2022 הינו 50.24% (עליה של 46% לעומת שנת 2000)	שיעור השת"פ הבינלאומי בפרסומים מדעיים
11.13 בשנים 2018-2022 (עליה של 39% ביחס לשנים 2013-2017)	ממוצע ציטוטים לפרסום
1.3% מהמאמרים הישראלים שפורסמו בשנים 2020-2022 מוגדרים כ-HCP	שיעור המאמרים המצוטטים ביותר ( Highly Cited Papers ) מכלל פרסומי המדינה
54.51% בשנת 2022 (גבוה פי 2.6 מהנתון בשנת 2000)	שיעור המאמרים הישראלים המתפרסמים ב-Open Access

<sup>27</sup> Hladchenko, M., & Pinheiro, R. (2019). Implementing the triple helix model: means-ends decoupling at the state level?. *Minerva*, 57(1), 1-22.

## השוואת תפוקות מחקר – ישראל ומדינות המזרח התיכון

השוואת נתוני תפוקות מחקר משמשת להערכת ביצועי המחקר של מדינות. הבדלים איזוריים בין תפוקות מחקר של מדינות שונות ניתן לייחס למגוון של סיבות כמו רמת הפיתוח (מדינות מפותחות לעומת מתפתחות), יציבות פוליטית וכד'. ההיסטוריה המתמשכת של קונפליקטים מקומיים ובינלאומיים במזרח התיכון (להלן מזה"ת) השפיעה גם על תפוקות המחקר של המדינות באיזור. ישנה חשיבות למדידה מתמשכת של הנתונים כדי לבחון כיצד התמורות באיזור השפיעו על המיצוב המדיני של מדינות המזה"ת.

מאמר<sup>28</sup> שפורסם ב-2015 והציג השוואה של תפוקות מחקר בין 15 מדינות המזה"ת לאורך תקופה של 33 שנים (1981-2013) מצא כי ישראל הובילה בכל המדדים הביבליומטריים שנבדקו במחקר. תוצאה זו תואמת לנתונים שהצגנו בעבודות קודמות של מוסד נאמן, אולם כבר בדוח של 2016<sup>29</sup> הצבענו על מגמה ברורה של צמצום פערים בין ישראל לשכנותיה הן במספר הפרסומים והן במדדי השפעה מדעית.

בפרק הנוכחי אנו ממשיכים לעקוב אחר התמורות שחלו בשש המדינות הבולטות<sup>30</sup> במחקר המדעי במזה"ת: ישראל, טורקיה, אירן, מצרים, ערב הסעודית וירדן - כפי שהן משתקפות בנתונים ביבליומטריים ונדון בסיבות הגיאו-פוליטיות שעשויות להשפיע על התמורות.

### תפוקות מחקר

האביב הערבי מתייחס לתקופה של אירועי מחאה ואלימות נגד המשטר שהחלו בדצמבר 2010 בתוניסיה, התפשטו ברחבי המזרח התיכון והביאו לחילופי שלטון ורפורמות במדינות האיזור. מהפכות אלו זכו בתואר "מהפכות האינטרנט" היות והאמצעים הטכנולוגיים תרמו לחשיפת המשטרים המושחתים ומחאה שנבנתה באמצעות יצירת קשרים ברשתות החברתיות<sup>31</sup>. תוצאות המחאה השפיעו על פיתוח מערכות של מחקר מדעי וטכנולוגי במדינות האיזור, לאור ההכרה בחשיבות של תרומת המדע לפתרון בעיות שמעסיקות את החברה.

מאמר<sup>32</sup> שפורסם ב-2018 בחן את השפעת האביב הערבי על תפוקות המחקר של 22 מדינות באמצעות השוואת נתוני הפרסומים המדעיים בין שתי תקופות: 2006-2010 לעומת 2011-2015. נמצא שתפוקות המחקר במדינות ערב הוכפלו בתקופה שלאחר האביב הערבי. יש לציין ש-98% מהמאמרים שנבדקו התפרסמו באנגלית (96% לפני האביב הערבי), וישנם

<sup>28</sup> Gul, S., Nisa, N. T., Shah, T. A., Gupta, S., Jan, A., & Ahmad, S. (2015). Middle East: research productivity and performance across nations. *Scientometrics*, 105, 1157-1166.

<sup>29</sup> גץ דפנה, לביד נועה, ברזני אלה. תפוקות מו"פ בישראל: פרסומים מדעיים בהשוואה בינלאומית, 2000-2014 חיפה, ישראל, מוסד שמואל נאמן, 2016. [\[מקור\]](#)

<sup>30</sup> מובילות במספר הפרסומים בתקופה שנבדקה

<sup>31</sup> האביב הערבי. ויקיפדיה [\[מקור\]](#)

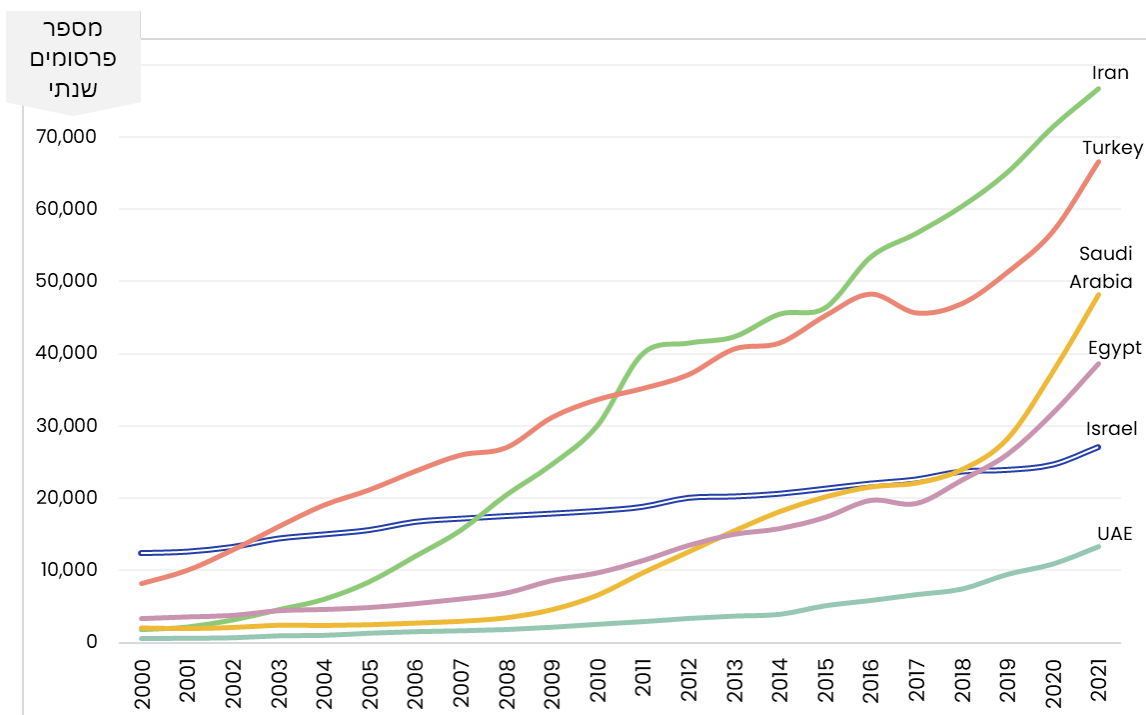
<sup>32</sup> Ibrahim, B. (2018). Arab Spring's effect on scientific productivity and research performance in Arab countries. *Scientometrics*, 117(3), 1555-1586.

כתבי-עת ערביים שהחלו לפרסם מאמרים באנגלית (או להוסיף מהדורה אנגלית) על-מנת לבנאם את תפוקות המחקר.

איור 19 מציג את מספר הפרסומים השנתי של ישראל ומדינות המזה"ת לאורך השנים 2000-2021. ניתן לראות שישראל ירדה מהמקום הראשון בשנת 2000 למקום החמישי ב-2021. מספר הפרסומים של ישראל גדל פי 2.2 לאורך התקופה שנבדקה; אירן - פי 41; איחוד האמירויות - פי 25; ערב הסעודית - פי 23; מצרים - פי 12; טורקיה - פי 8. בשנת 2021 מספר הפרסומים של אירן גדול פי 2.8 מזה של ישראל.

מעניין לציין שחלק מהמו"לים המובילים בעולם לא הסכימו לפרסם מאמרים של מחברים אירניים בעקבות הסנקציות הבינלאומיות שננקטו נגד אירן ב-2011; בנוסף, חוקרים אירניים נחסמו משימוש בתשתיות מחקר בינלאומיות ומאגרי מידע אקדמיים; שינויים אלו עשוים להסביר את ההאטה בקצב הצמיחה של הפרסומים האירניים בשנים 2012-2016 (בסוף 2015 הוחלט על הקלה מדורגת במשטר הסנקציות בעקבות החתימה של אירן על הסכם הגרעין)<sup>43</sup>.

איור 19: מספר פרסומים שנתי - ישראל ומדינות המזה"ת



מספר הפרסומים של ערב הסעודית החל לעלות בקצב מהיר החל משנת 2009, כך שמספר הפרסומים הסעודיים ב-2021 גבוה פי עשר ממספר הפרסומים ב-2009 (איור 19). תוצאות אלו דומות לנתונים שדווחו במאמר<sup>33</sup> שפורסם בשנת 2023 ומייחס את הזינוק במספר הפרסומים לתכנית התמריצים<sup>34</sup> הממשלתית של סעודיה שהושקה ב-2008 במסגרת

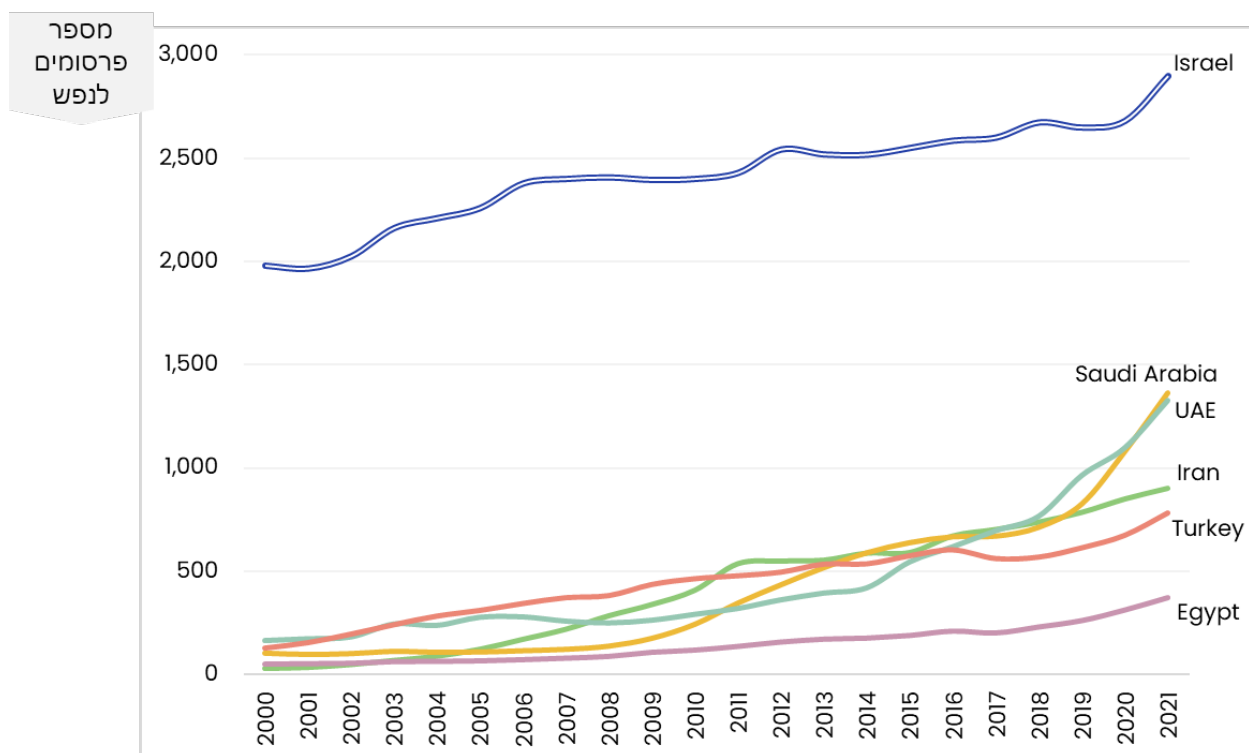
<sup>33</sup> AlShareef, M. R., Alrammah, I. A., Alshoukani, N. A., & Almalik, A. M. (2023). The impact of financial incentives on research production: Evidence from Saudi Arabia. *Scientometrics*, 128(5), 3067-3089.

<sup>34</sup> Saudi Amended Incentive Program

המדיניות לקידום מדע, טכנולוגיה וחדשנות<sup>35</sup>; תכנית התמריצים כוללת הקצאה של מענקים מיוחדים לחוקרים שמפרסמים בכתבי-עת שנחשבים מובילים בתחומם. גורמים נוספים שתרמו לעליה המואצת הינם הקמה של אוניברסיטאות חדשות וחזרתם של סטודנטים לתארים מתקדמים שהשתתפו בתכניות המלגות שהושקו ב-2006. לערב הסעודית 21 אוניברסיטאות שמופיעות בדירוג של 2023 Times Higher Education כאוניברסיטאות בינלאומיות; 6 מהאוניברסיטאות נכנסו לדירוג בשנת 2023<sup>33</sup>. ההתקדמות המהירה של ערב הסעודית בדירוגים המבוססים על מטריקות אקדמיות מדגימה כיצד שילוב יעיל של רגולציה ומקורות מימון עשוי להשפיע על הישגים בזירת ההשכלה הגבוהה.

מספר הפרסומים לנפש בישראל גדל ב-46% לאורך השנים 2000-2021 (איור 20). בשנת 2021 מספר הפרסומים לנפש בישראל גדול פי 8 מהנתון המצרי, פי 4 מהנתון הטורקי, ופי 3 מהנתון האירני. מספר הפרסומים לנפש באירן גדל פי 31 לאורך התקופה; בערב הסעודית – פי 13.

איור 20: מספר פרסומים לנפש - ישראל ומדינות המזה"ת

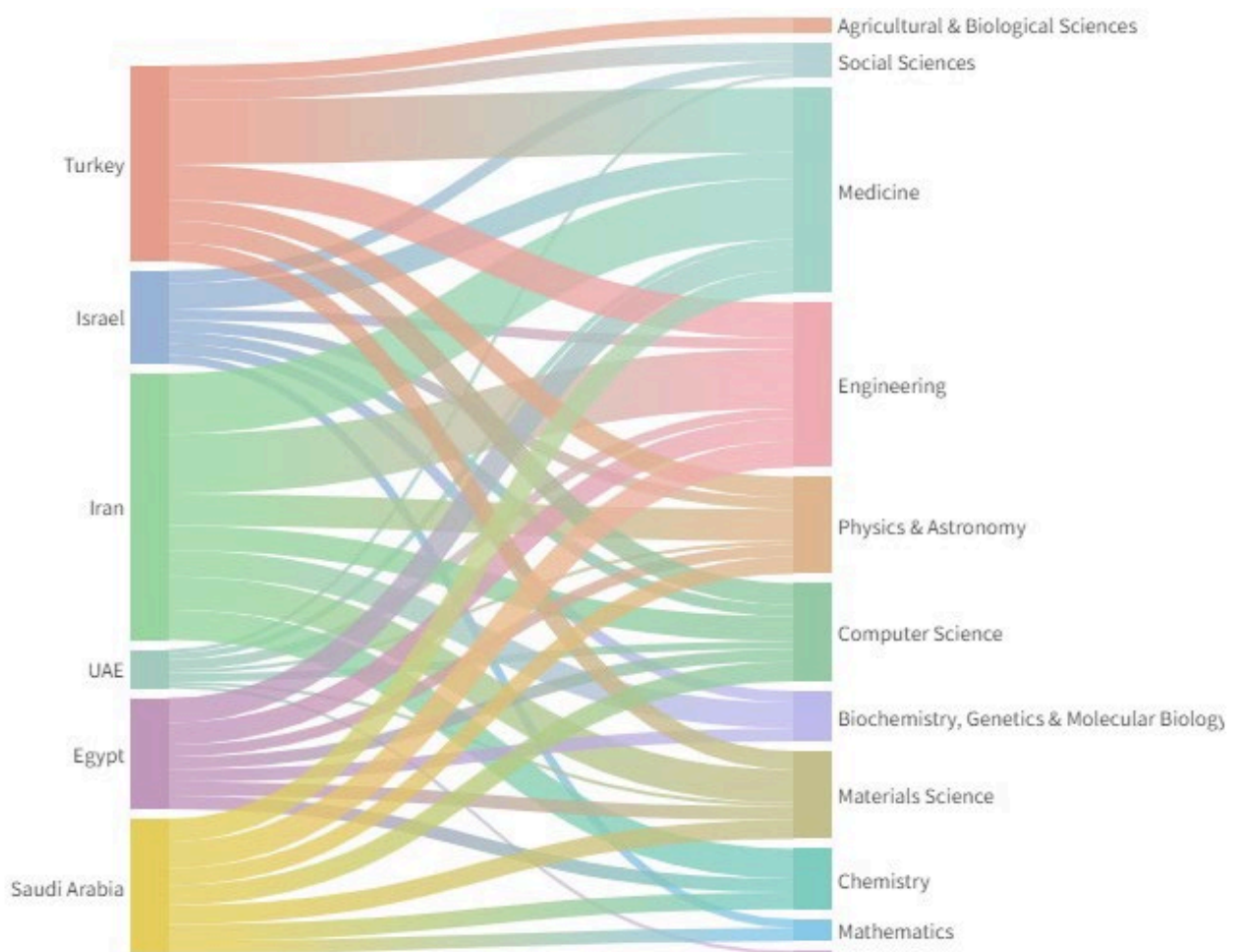


בבחינת ההתפלגות לפי סוג הפרסומים<sup>32</sup> נמצא כי 71% מהפרסומים בעולם הערבי הופיעו כמאמרים בכתבי-עת; 17.7% הופיעו בכנסים (proceedings paper) - שנחשבים כאמצעי משמעותי לשמירת הסינרגיה בין עבודת החוקרים לסטטוס העדכני בתחומי המחקר; השאר (11.3%) מתחלק בין תקצירי פגישות, פרקים בספרים, מכתבים ועוד.

<sup>35</sup> National Science, Technology, and Innovation Plan (NSTIP)

באיור 21 ניתן לראות את 7 תחומי המחקר העיקריים של כל מדינה לפי מספר הפרסומים בשנים 2017-2021. רפואה והנדסה מהווים את שני התחומים העיקריים של מאמרים שנכתבים בהשתתפות מחברים מאירן, טורקיה, ערב הסעודית ומצרים. בישראל – רפואה נמצאת במקום הראשון והנדסה נמצאת במקום השישי; במקום השני – מדעי החברה (טבלת הנתונים ששימשו להכנת התרשים מופיעה מתחת לגרף).

איור 21: התפלגות לפי תחומי המחקר לפי מספר הפרסומים המדעיים בשנים 2017-2021



Subject Area <sup>36</sup>	Egypt	Iran	Israel	Saudi Arabia	Turkey	UAE
Agricultural & Biological Sciences					21,493	
Biochemistry, Genetics & Molecular Biology	17,413	35,386	15,396			
Chemistry	18,648	41,158		22,939		
Computer Science	16,781	33,545	15,393	26,968	29,683	11,076
Energy						4,615

<sup>36</sup> באיור ובטבלה מוצגים 7 תחומי המחקר העיקריים של כל מדינה.

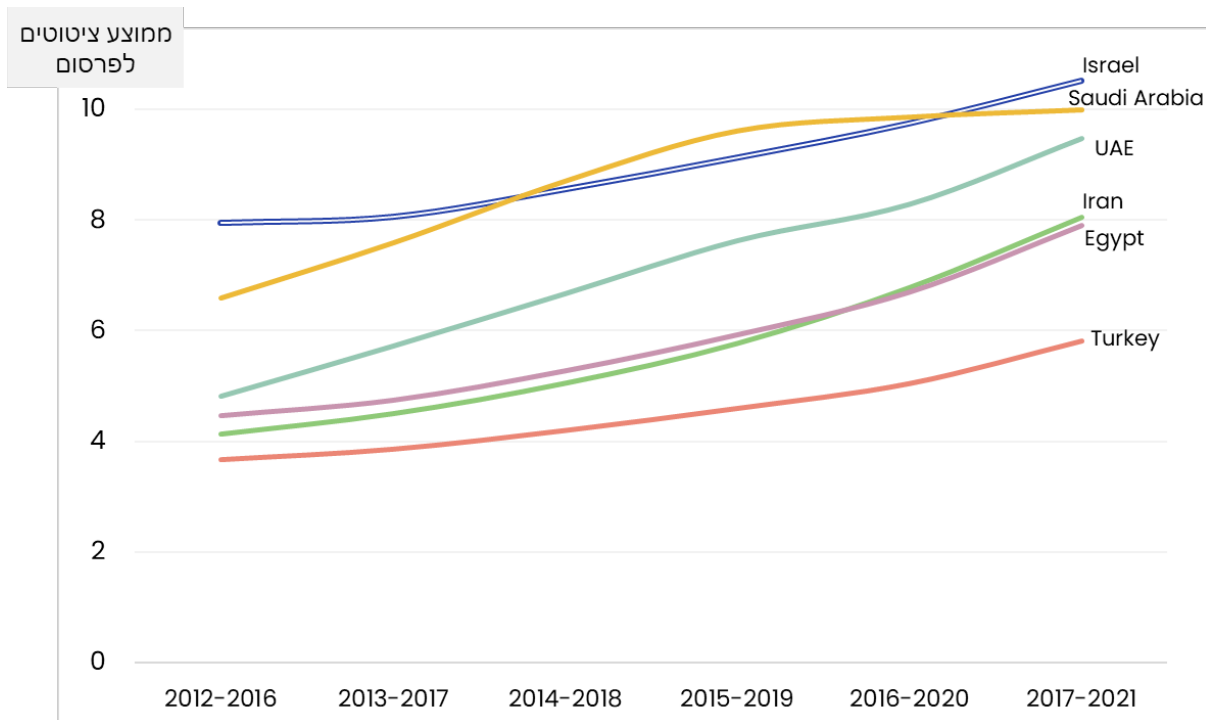
בכל עמודה בטבלת הנתונים מסומנים בצבע שני תחומי המחקר המובילים במספר הפרסומים המדעיים של המדינה שמופיעה בראש העמודה.

Engineering	30,104	81,201	14,743	36,079	47,918	13,822
Materials Science	18,591	45,083		25,613	25,438	4,753
Mathematics			11,893	18,196		
Medicine	33,948	82,577	35,717	30,980	87,925	8,311
Physics & Astronomy	15,883	43,321	15,960	23,223	28,061	4,962
Social Sciences			17,319		25,443	5,314

## מדדי השפעה מדעית

נתוני ציטוטים מהווים כלי עזר להערכת האימפקט של המחקר המדעי. באיור 22 ניתן לראות את השינוי במוצע הציטוטים לפרסום<sup>37</sup> של כלל פרסומי ישראל ומדינות המזה"ת לאורך השנים 2012-2021. ישראל מובילה במדד זה בצמוד לערב הסעודית. האיורים הבאים מתארים את השינויים בנתוני הציטוטים של תחומי מחקר נבחרים: איור 23 - Clinical Medicine; איור 24 - Molecular Biology & Genetics; איור 25 - Engineering.

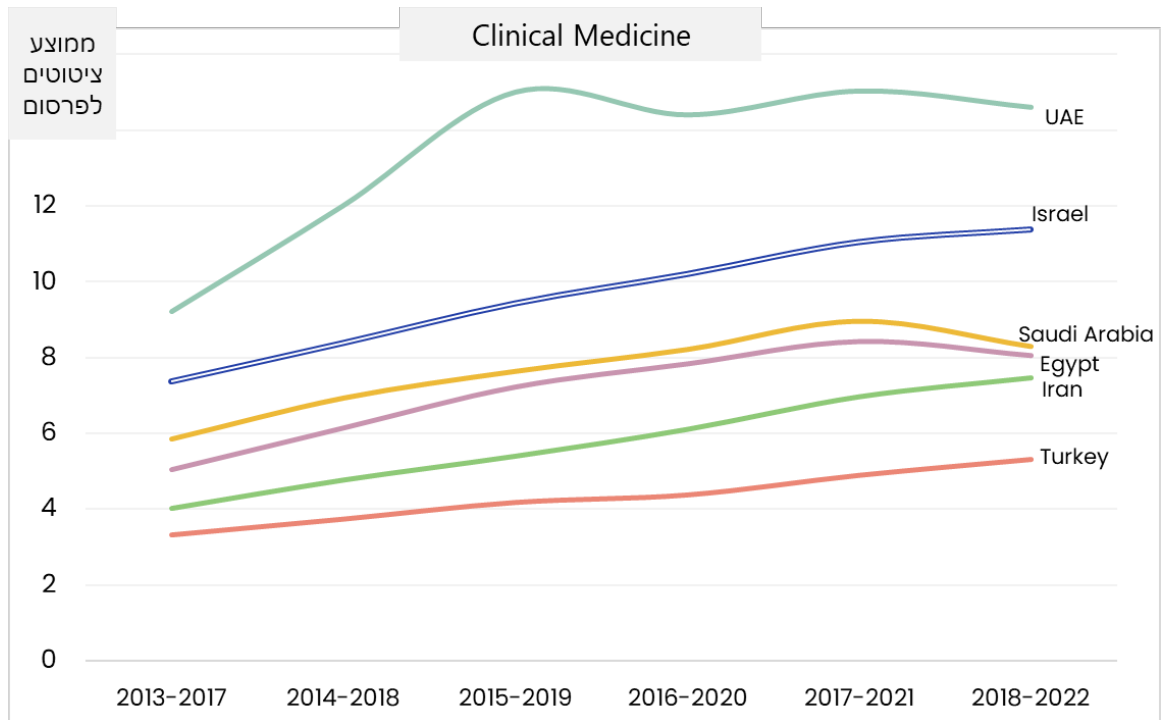
איור 22: ממוצע ציטוטים לפרסום – כלל פרסומי ישראל ומדינות המזה"ת<sup>37</sup>



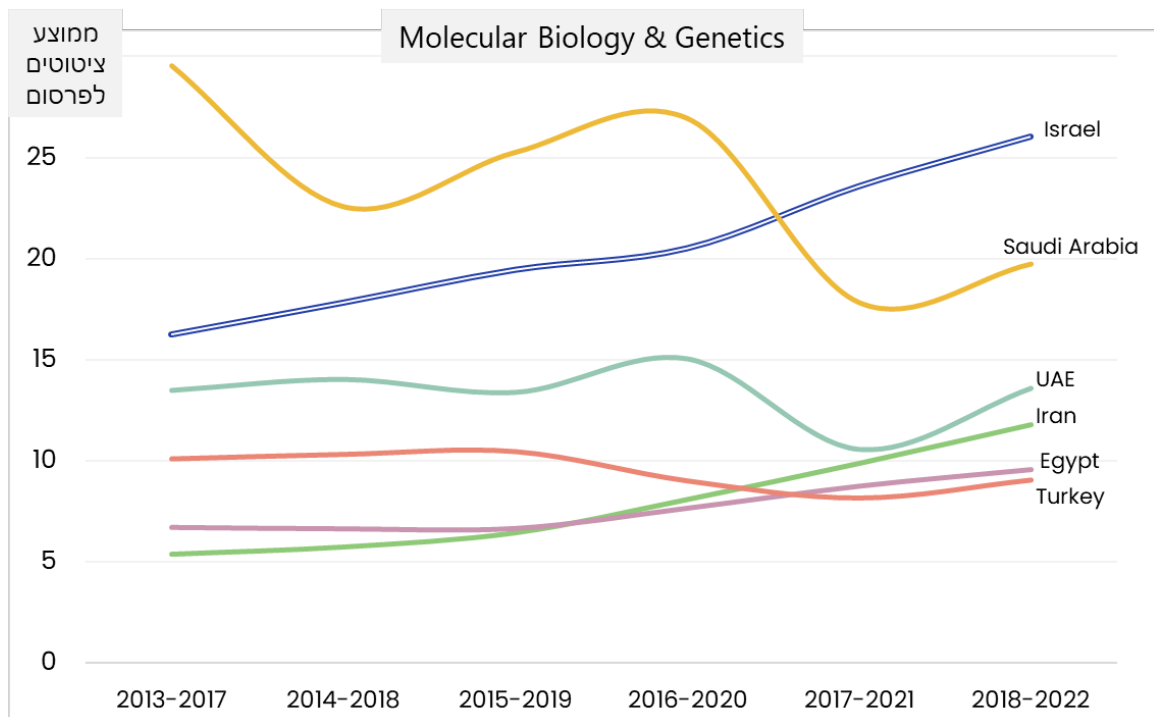
<sup>37</sup> המקור לנתוני הציטוטים הינו מאגר ESI - Essential Science Indicators

Cites/Paper: The quotient obtained by dividing cites by papers

איור 23: ממוצע ציטוטים לפרסום - Clinical Medicine

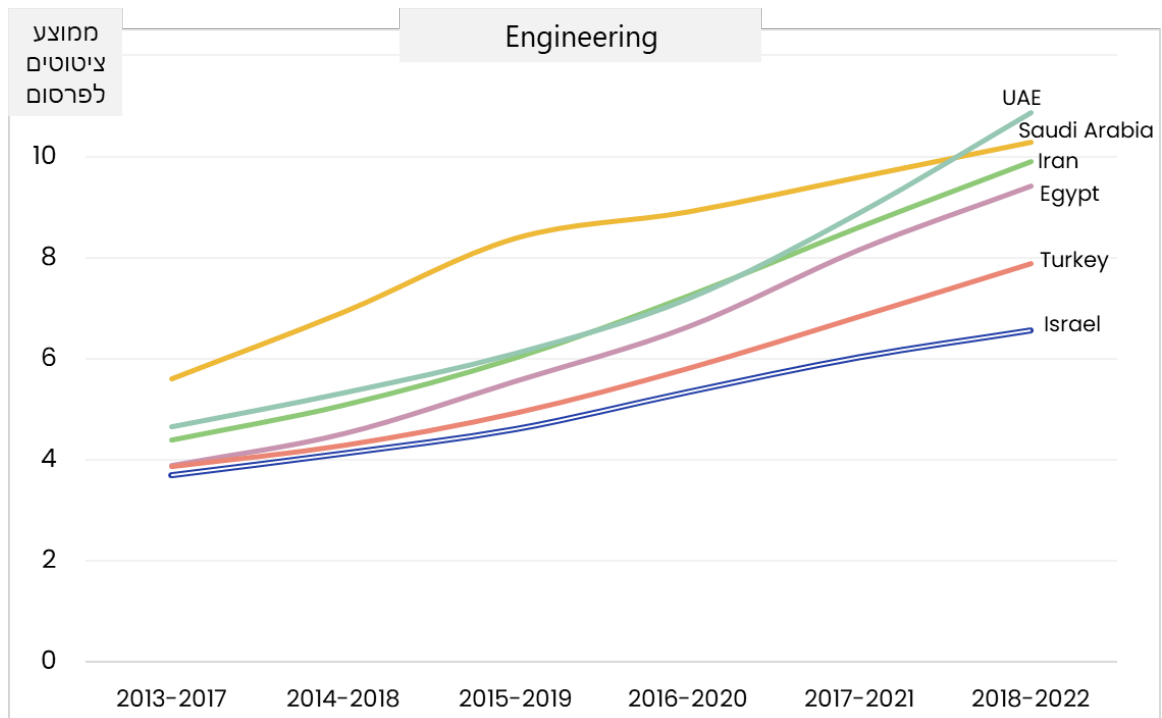


איור 24: ממוצע ציטוטים לפרסום - Molecular Biology &amp; Genetics



איור 25: ממוצע ציטוטים לפרסום - Engineering

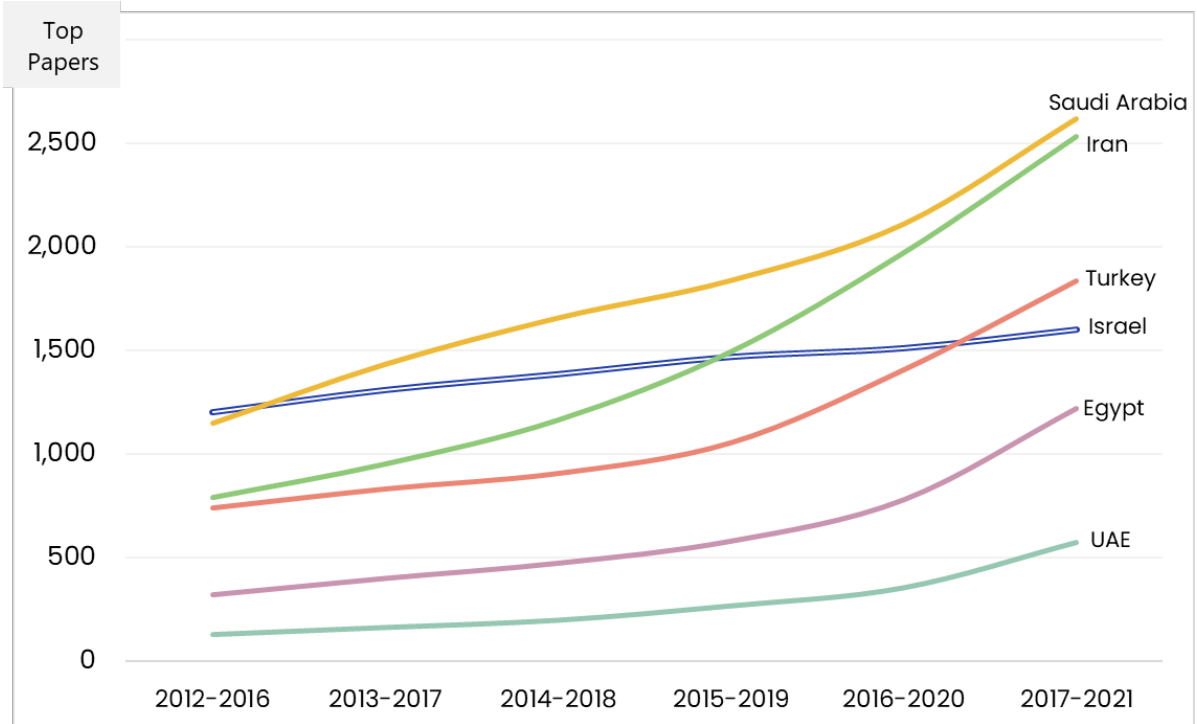




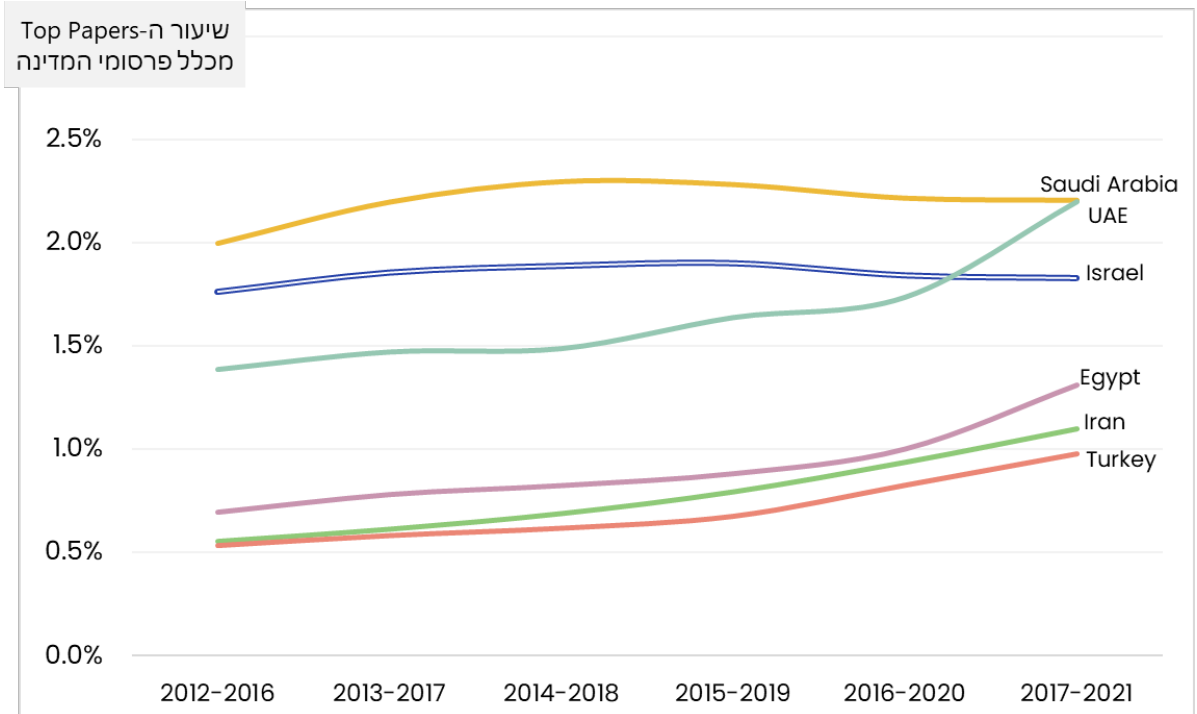
<sup>38</sup>Top Papers מהווה מדד להערכת המאמרים המובילים בנתוני ציטוטים ומתבסס על חיבור של מספר המאמרים המצוטטים ביותר (highly cited papers) עם מספר המאמרים החמים (hot papers) לפי נתוני ESI. מספר ה-Top Papers של ישראל עלה ב-30% במהלך השנים 2012-2021. מספר ה-Top Papers של אירן גדל פי 3.2, ושל ערב הסעודית פי 2.3 (איור 26). שיעור המאמרים המובילים מכלל פרסומי המדינה באירן, מצרים וטורקיה – הוכפל (איור 27).

<sup>38</sup> Top Papers: the sum of hot papers and highly cited papers. It is the number of papers in the top 1% of papers for the past ten years, plus the number of papers in the past two years that received a very high number of citations in the current two-month period. This total discounts duplicates, so that a paper that is both hot and highly cited is counted only once.

איור 26: פרסומים מובילים – השינוי במספר ה-Top Papers לאורך זמן<sup>37</sup>



איור 27: שיעור ה-Top Papers מכלל פרסומי המדינה<sup>37</sup>

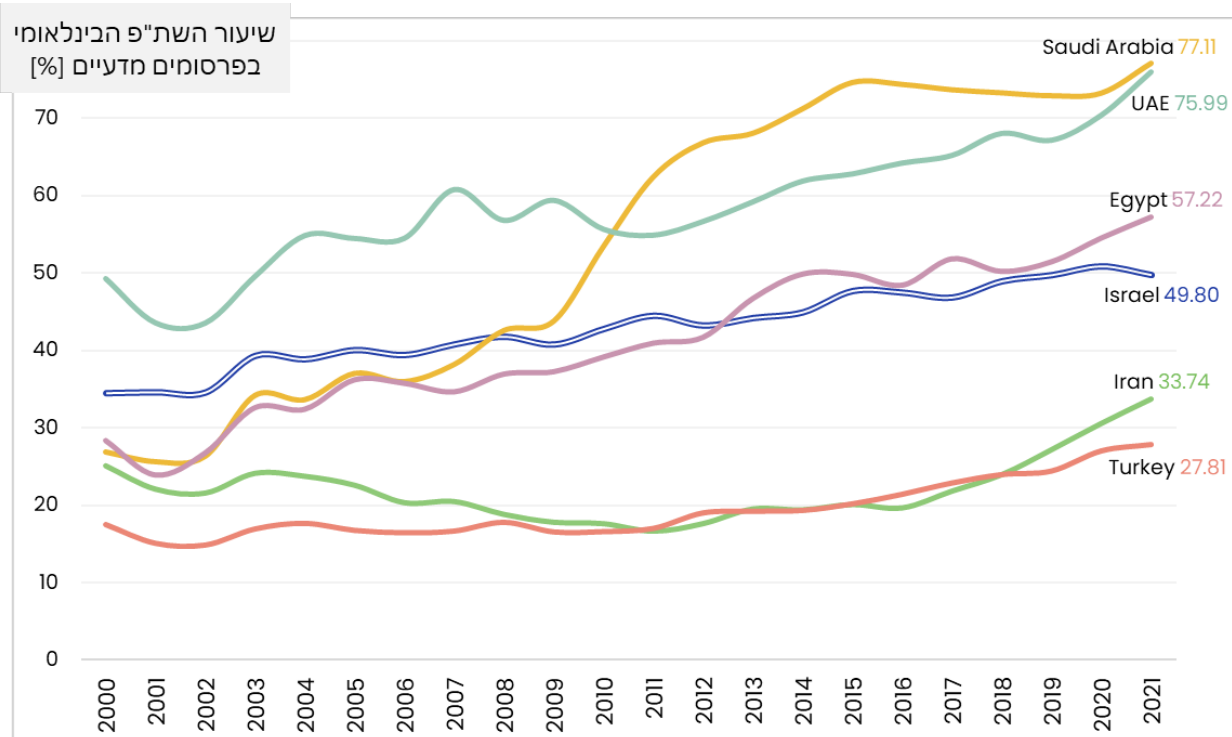


## שת"פ בינלאומי

לפני תקופת האיבי הערבי שיעור השת"פ בין המדינות הערביות היה כפול משיעור השת"פ שלהן עם שאר העולם<sup>32</sup>. שיעור השת"פ עם חוקרים ממדינות שאינן ערביות עלה מ-35% (ב-2006-2010) ל-46% (ב-2011-2015); עיקר הפרסומים נכתבו בשת"פ עם חוקרים מאירופה (אסיה במקום השני עם מחצית מהנתונים של אירופה; צפון אמריקה במקום השלישי עם שלישי מהתוצאות).

כשליש מהפרסומים המדעיים של ישראל בשנת 2000 נכתב בשת"פ בינלאומי; שיעור זה עלה ל-50% בשנת 2021. שיעור השת"פ הבינלאומי של ערב הסעודית גדל פי שלוש. לטורקיה ואירן שיעור השת"פ הבינלאומי הנמוך ביותר בהשוואה למדינות שנבדקו (איור 28).

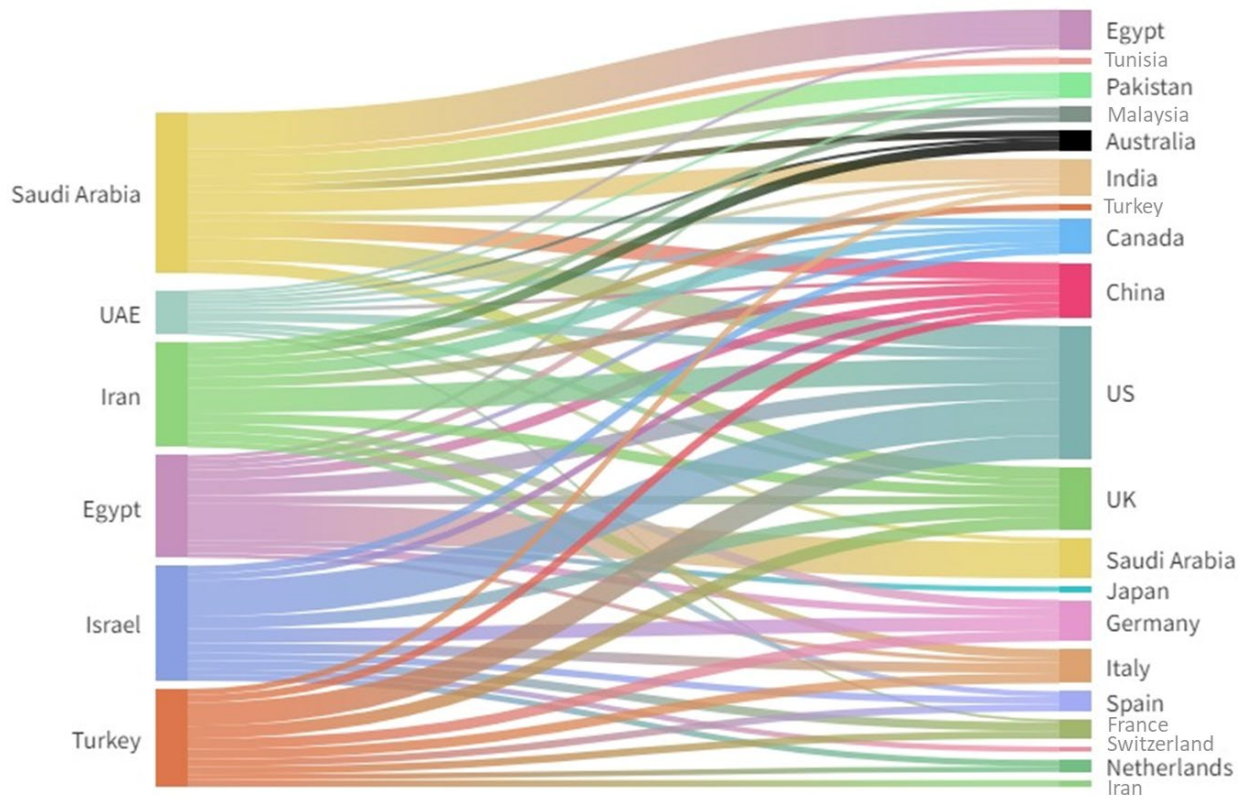
איור 28: שיעור השת"פ הבינלאומי בפרסומים מדעיים



בתרשים הבא ניתן לראות מימין את רשימת המדינות המובילות<sup>39</sup> בפרסומים משותפים עם מדינות המזה"ת בשנים 2017-2021. ארה"ב ממוקמת בראש מדינות השת"פ המדעי של ישראל, אירן, טורקיה, ואיחוד האמירויות. מצרים וערב הסעודית ממוקמות בראש מדינות השת"פ (זו של זו) עם למעלה מ-30,000 פרסומים משותפים בתקופה שנבדקה (טבלת הנתונים ששימושו להכנת התרשים מופיעה מתחת לגרף).

<sup>39</sup> התרשים כולל את 10 המדינות המובילות בשת"פ פרסומים מדעיים עם כל אחת ממדינות המזה"ת.

בכל עמודה בטבלת הנתונים מסומנות בצבע שתי המדינות המובילות במספר הפרסומים המשותפים עם מדינת המקור שמופיעה בראש העמודה.

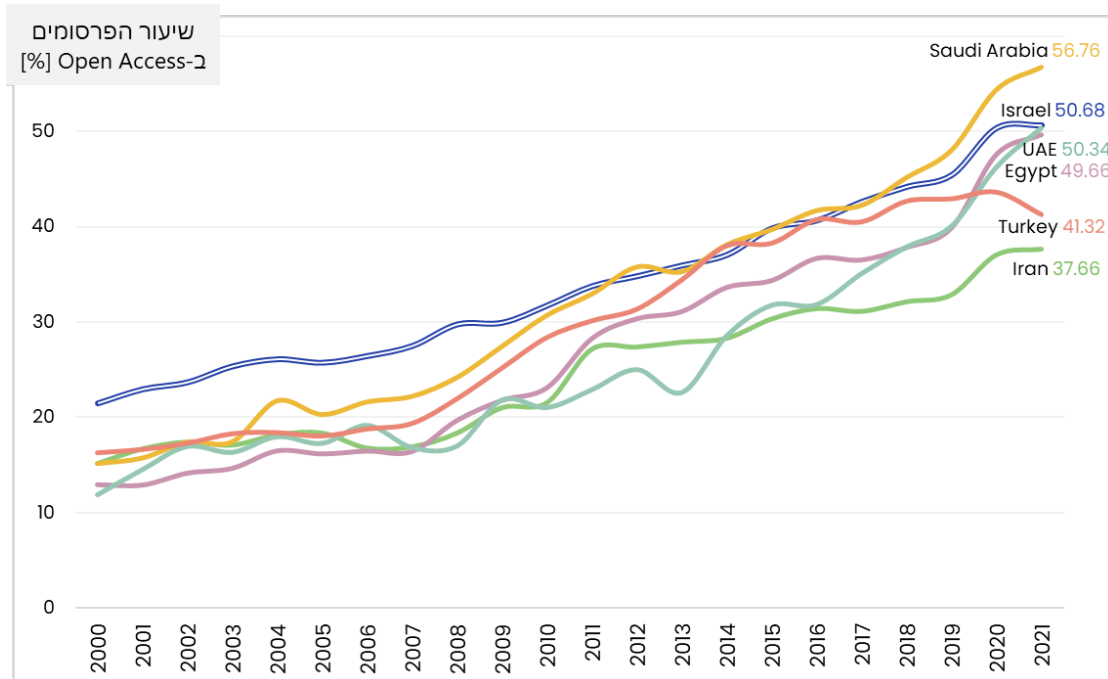
איור 29: המדינות המובילות בשת"פ פרסומים מדעיים עם מדינות המזה"ת<sup>39</sup>

Country	Egypt	Iran	Israel	Saudi Arabia	Turkey	UAE
Australia		8,212		6,188		2,587
Canada	4,071	10,274	6,447	5,947		3,135
China	7,906	8,321	5,657	14,253	6,480	3,125
Egypt				30,252		2,916
France			7,361		6,368	2,149
Germany	6,437	7,367	11,809		8,829	
India	5,004			17,249	5,011	3,741
Iran					5,777	
Italy	3,700	7,650	8,427		8,411	
Japan	4,568					
Malaysia		4,865		7,915		
Netherlands			5,187		4,616	
Pakistan	3,266			16,030		2,449
Saudi Arabia	30,252					3,630
Spain		4,834	5,902		6,156	
Switzerland			4,626			
Tunisia				6,055		
Turkey		5,777				
UK	6,881	8,807	10,293	10,574	10,482	5,133
US	13,311	20,980	30,175	19,198	19,485	8,038

## פרסום ב-Open Access

21% מהפרסומים המדעיים של ישראל בשנת 2000 פורסמו במקורות פתוחים (OA); שיעור זה עלה ל-51% בשנת 2021. שיעור הפרסומים ב-OA של איחוד האמירויות, מצרים וערב הסעודית, גדל פי ארבעה. לטורקיה ואירן שיעור ה-OA הנמוך ביותר בהשוואה למדינות שנבדקו (איור 30).

איור 30: שיעור הפרסומים ב-OA מכלל פרסומי המדינה

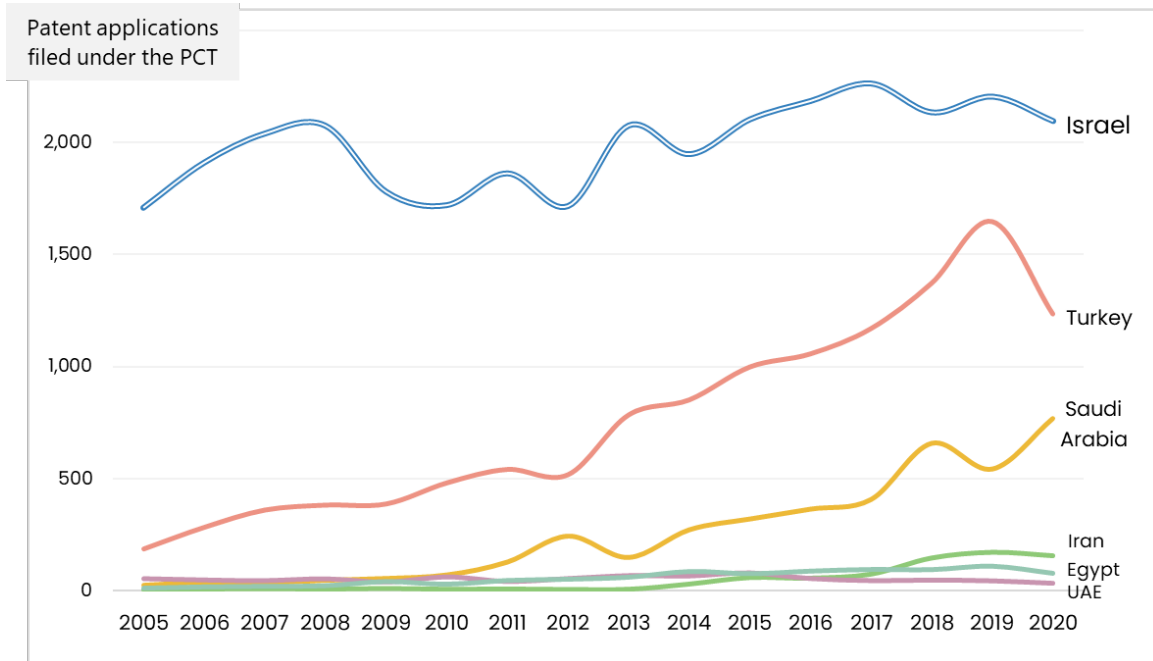


## נתוני פטנטים וחדשנות טכנולוגית<sup>40</sup>

נתוני פטנטים מהווים מדד להערכת תפוקות המחקר והחדשנות של מדינות; בדרך כלל יש קורלציה בין נתוני הפרסומים המדעיים לנתוני הפטנטים של מדינות, כך שמדינות שיש להן יותר מאמרים יהיו להן גם יותר בקשות לפטנט ופטנטים רשומים<sup>42</sup>. באיור 31 ניתן לראות השוואה של מספר הבקשות לפטנטים במסלול PCT שהוגשו ע"י ישראל ומדינות המזה"ת במהלך השנים 2005-2020. בקשות PCT הינן מדד מקובל לצורכי השוואה בינלאומית בשל האחידות המאפיינת את הליכי ההגשה במסלול זה. מעניין לראות שעד שנת 2017 מספר הפטנטים הישראליים גבוה משמעותית מסכום הפטנטים של 5 המדינות האחרות בכל שנה. מספר הפטנטים השנתי של אירן גדל פי 30 בהשוואה בין השנים 2010 ו-2020; מספר הפטנטים של ערב הסעודית עלה פי 28; מספר הפטנטים של ישראל עלה פי 1.2 באותה התקופה.

<sup>40</sup> תודה לד"ר ערן לק על הסיוע בביתוח נתוני הפטנטים

איור 31: בקשות לפטנטים במסלול PCT, לפי מדינת המגורים של הממציא ושנת הגשת הבקשה<sup>41</sup>



במאמר<sup>42</sup> שבחן את תפוקות המחקר של אירן נמצא שבניגוד לרוב המדינות האחרות שבהן יש קורלציה בין נתוני המאמרים לנתוני הפטנטים - באירן אין התאמה בין שני מדדים אלו; מחברי המאמר מצאו כי אירן ממוקמת במקום ה-52 בדירוג לפי מספר הפטנטים ב-USPTO בשנים 2015-2019, לעומת המקום ה-16 בדירוג לפי מספר המאמרים בסקופוס; כלומר, העלייה במספר המאמרים של אירן לא הובילה להגדלה של מספר הפטנטים. מחברי מאמר<sup>43</sup> קודם שפורסם ב-2019 משערים שתופעה זו עשויה להיות תוצאה של הסנקציות הבינלאומיות שהוטלו על אירן ב-2011 והובילו לכך שהאירנים מעדיפים להגיש פטנטים במשרד הפטנטים המקומי של אירן, ולא במשרדי הפטנטים הבינלאומיים; לדוגמה - בשנת 2017 אירן הגישה 6 בקשות פטנטים למשרד הפטנטים האירופי (EPO), 175 ל-USPTO ו-15,264 פטנטים למשרד הפטנטים האירני.<sup>44</sup>

אינדקס החדשנות העולמי ה-GII<sup>45</sup> (Global Innovation Index) מהווה מדד משוקלל המשמש להשוואה שנתית של מצב החדשנות והטכנולוגיה במדינות העולם לפי 7 קטגוריות ראשיות המחולקות לתתי-נושאים. ישראל ממוקמת במקום ה-16 בדירוג GII 2022 - ראשונה מבין מדינות המזה"ת (ישראל שומרת על ההובלה האזורית בחדשנות כבר 15 שנה). ישראל היא המדינה היחידה שמשקיעה למעלה מ-5% מהתמ"ג במו"פ עם נתון של 5.4% ב-2020.

<sup>41</sup> המקור לנתוני הפטנטים: OECD.Stat export

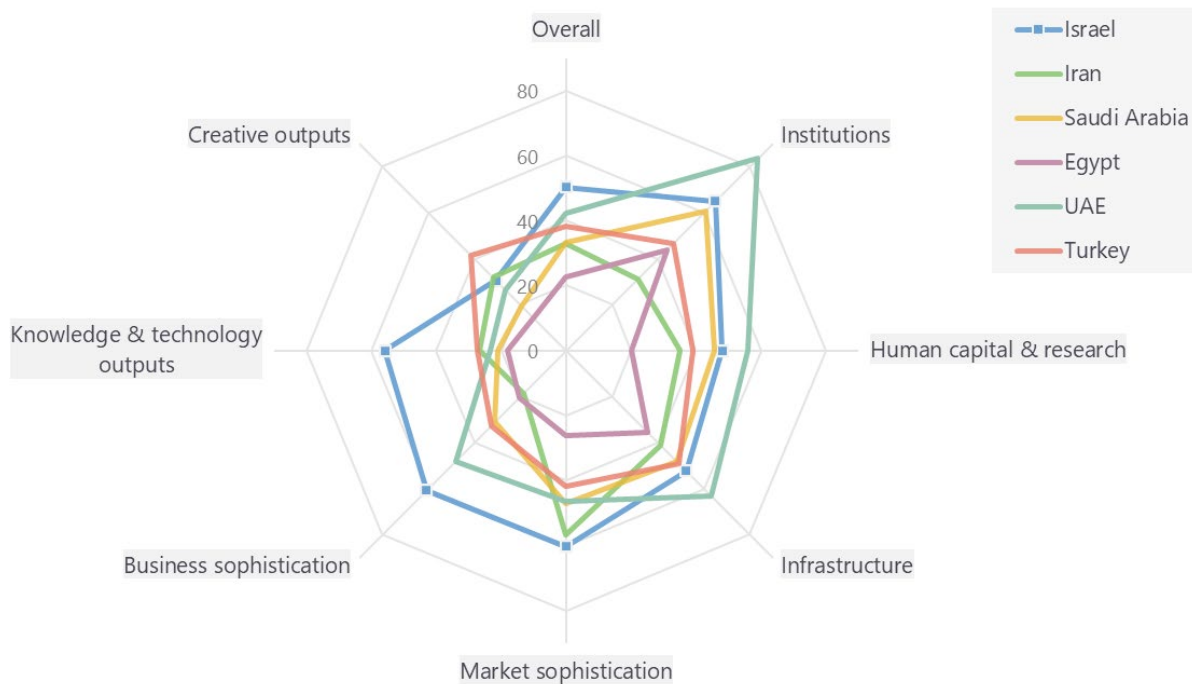
<sup>42</sup> Negahban, M. B., Soltaninejad, A., & Naghdinejad, A. (2021). A Study of Iranian Scientific Productions on Patenting and its Comparison with those of Scientifically Advanced Countries. *International Journal of Information Science and Management (IJISM)*, 19(1), 45-58.

<sup>43</sup> Heshmati, A., & Dibaji, S. M. (2019). Science, technology, and innovation status in Iran: main challenges. *Science, Technology and Society*, 24(3), 545-578.

<sup>44</sup> World Intellectual Property Indicators 2018

בהשוואה לפי אינדיקטורים נבחרים בין מדינות המזה"ת שנבחרו להשוואה – ישראל מובילה ב-3 מהמדדים: Market sophistication, Business sophistication, Knowledge & technology outputs; איחוד האמירויות מובילים ב-3 המדדים הבאים: Institutions, Human capital & research; טורקיה מובילה במדד ה-Creative outputs-research, Infrastructure.

איור 32: השוואת מדדי חדשנות לפי GII 2022 - ישראל ומדינות המזה"ת<sup>45</sup>



## דיון וסיכום

מאמר<sup>46</sup> שפורסם ב-2013 ובחן את הקשר בין מדדים כלכליים לביצועי המחקר של 40 מדינות באסיה - מצא מתאם חיובי בין השקעה במו"פ לתפוקות המחקר במדדים כמו מספר פרסומים מדעיים וממוצע ציטוטים למאמר. מאמר<sup>28</sup> אחר (שפורסם ב-2015) מציג סיבות אפשריות להצלחה של ישראל (בהיבטים של תפוקות מחקר) לעומת שאר מדינות האיזור: שיעור גבוה של מימון ממקורות זרים (בעיקר ארה"ב); ישראל אמנם נמצאת בקונפליקט עם חלק מהמדינות השכנות, אך בניגוד אליהן – פחות סבלה ממשברים פוליטיים פנימיים כמו מלחמת אזרחים ותנועות התנגדות למשטר<sup>47</sup>; משטר דתי מהסוג שנפוץ בחלק ממדינות המזה"ת עלול גם הוא להשפיע לרעה על תפוקות המחקר; הסכסוך המתמשך באיזור המזה"ת ואי היציבות הפוליטית האטו תהליכים של פיתוח תרבות מחקרית במדינות האיזור.

<sup>45</sup> Global Innovation Index 2022 - WIPO / GII.

<sup>46</sup> Meo, S. A., Al Masri, A. A., Usmani, A. M., Memon, A. N., & Zaidi, S. Z. (2013). Impact of GDP, spending on R&D, number of universities and scientific journals on research publications among Asian countries. PloS one, 8(6), e66449.

<sup>47</sup> בהתאם לנתונים במאמר שפורסם ב-2015

בניתוח הנתונים שבוצע בפרק זה ניתן לראות המשך של צמצום הפערים בין ישראל למדינות המזה"ת ברוב המדדים הביבליומטריים שנבדקו, ואף מעבר להובלה במספר הפרסומים המדעיים של מדינות כמו אירן, טורקיה, ערב הסעודית ומצרים.

ניתן לייחס את העליה במספר הפרסומים של המדינות הערביות למספר גורמים<sup>48</sup>: צמיחה בגודל האוכלוסייה שמשפיעה גם על עליה במספר החוקרים; מאמץ נרחב לקשר את האוניברסיטאות והחוקרים המקומיים לקהילת המדע העולמית באמצעות השתתפות בכנסים, צוותי מחקר בינלאומיים וכד'; רפורמות במדיניות הממשלתית בתגובה למחאות נגד המשטר; יציבות פוליטית במדינות כמו קטאר ואיחוד האמירויות גרמה למשיכה של חוקרים ממדינות ערב אחרות.

סיבות אפשריות נוספות מפורטות במאמר<sup>48</sup> מ-2019 ומתייחסות לצמיחה במספר השלוחות של אוניברסיטאות בינלאומיות שהקימו קמפוסים בארצות ערב, כמו New York University ו-Texas A&M University at Qatar-I Abu Dhabi. קמפוסים אלו משמשים כפלטפורמות מחקר שמחזקות את הקשרים בין החוקרים המקומיים לחוקרים מובילים בעולם ומאפשרים לשפר את תפוקות המחקר (ב-2018 הקמפוסים הבינלאומיים תרמו כ-26% מתפוקות המחקר של קטאר).

העליה המשמעותית בביצועי המחקר של ערב הסעודית נובעת בעיקר מהמאמץ הממשלתי (החל משנת 2000) להפוך את שתי האוניברסיטאות הסעודיות הראשיות<sup>49</sup> לאוניברסיטאות ברמת עולמית באמצעות יצירת שותפויות וחיזוק קשרי המחקר עם מוסדות אקדמיים מובילים במדינות המפותחות, הקמת פארק טכנולוגי המקושר לתעשייה המקומית לצורך קידום מו"פ ברמה גבוהה (Riyadh Techno Valley Park), וכן גיוס מאסיבי של חוקרים בעלי נתוני ציטוטים גבוהים למישרות אקדמיות מלאות או חלקיות במוסדות המקומיים<sup>50</sup>.

השוואת ביצועי המחקר של מדינות האיזור מהווה כלי חשוב להערכת ההתקדמות המדעית בתקופה נתונה. התוצאות עשויות לסייע בהגדרת רמת הפיתוח של המדינות וגיבוש אסטרטגיות השקעה לקידום תכניות עתידיות. השוואות מסוג זה רצוי לערוך בתקופות קבועות כדי להעריך את מידת ההתקדמות לאורך זמן.

<sup>48</sup> Turki, H., Ben Aouicha, M., & Hadj Taieb, M. A. (2019). Discussing Arab Spring's effect on scientific productivity and research performance in Arab countries. *Scientometrics*, 120, 337-339.

<sup>49</sup> King Abdelaziz University-I King Saud University

<sup>50</sup> דוגמה הממחישה את התנאים הנלווים להסכמי גיוס מסוג זה מתוארת בפרק מס' 5



## טכנולוגיות קוונטים – מיפוי תפוקות מחקר בישראל

תורת הקוונטים מהווה בסיס ליישומים חדשים שעשויים להשפיע על פיתוח טכנולוגיות פורצות דרך בתעשייה האזרחית ובמערכת הבטחון. הערכה זו הניעה מדינות רבות בעולם להפעיל תכנית לאומית בתחומי טכנולוגיות הקוונטים, במטרה להאיץ את המחקר הבסיסי ואת פיתוח היסודות הטכנולוגיים והעברת הידע לתעשייה האזרחית והבטחונית<sup>51</sup>.

התחום עדיין נמצא בשלבי פיתוח ראשוניים, ובהתארגנות מתאימה – ישראל עשויה לקחת חלק משמעותי במהפכה הקוונטית. וועדת הבדיקה של פורום תל"מ המליצה להקים בישראל תכנית לאומית לתחום מדע וטכנולוגיית הקוונטים במטרה לבסס פלטפורמה איתנה ולתמוך בפעילות הרלבנטית באקדמיה, במערכת הבטחון ובתעשייה האזרחית<sup>51</sup>. התכנית אושרה בממשלת ישראל בקיץ 2020 בהיקף של כ-1.25 מיליארד ש"ח לשש שנים<sup>52</sup>; התכנית כוללת שיתוף פעולה בין-לאומי, תמיכה תקציבית בהקמה ובשדרוג של תשתיות מחקר, במענקים למחקרים מדעיים ויישומיים המשתמשים בטכנולוגיה זו, וכן בהעצמת ההון האנושי בישראל העוסק בה (כולל גיוס אנשי סגל והענקת מלגות לתלמידים לתארים מתקדמים).

משרד המדע הציב את נושא הקוונטום בקדמת סדרי העדיפויות בשנת העבודה 2023<sup>53</sup>. הוועדה האקדמית מטעם ות"ת הגדירה את תתי התחומים של "מדע וטכנולוגיית קוונטים": חישוב קוונטי, תקשורת קוונטית, סימולציה באמצעות מערכות קוונטיות, מכשור וחיישנים קוונטיים, חומרים קוונטיים, יסודות תורת הקוונטים, ומדע וטכנולוגיות קוונטיות חדשניים<sup>51</sup>. בפרק זה נציג מיפוי של תפוקות המחקר של ישראל בתחומי טכנולוגיות הקוונטים עם השוואה לנתונים העולמיים<sup>54</sup>.

### תפוקות מחקר בישראל ובעולם

מספר הפרסומים בנושאי טכנולוגיות קוונטום מוצג באיור 33: מספר הפרסומים בעולם צמח פי 4.3 בשנים 2010-2022. מספר הפרסומים שנכתבו בהשתתפות מחברים ישראלים גדל פי

<sup>51</sup> המלצות ועדת בדיקה מקצועית לבחינת הצורך והאפשרות להקמת תשתית למו"פ בתחום מדע וטכנולוגיות קוונטים. פורום תל"מ. מרץ 2019

<sup>52</sup> דוח ועדת המעקב לדוח מצב המדע השלישי (תש"ף/2019). האקדמיה הלאומית הישראלית למדעים. פברואר 2021.

<sup>53</sup> עיקרי תכנית העבודה לשנת 2023. משרד החדשנות, המדע והטכנולוגיה. ינואר 2023. [\[מקור\]](#)

<sup>54</sup> מילות המפתח בהן השתמשנו ליצירת השאלתה שהרצנו לאיסוף הנתונים מבוססות על המתודולוגיה המתוארת במאמרים הבאים:

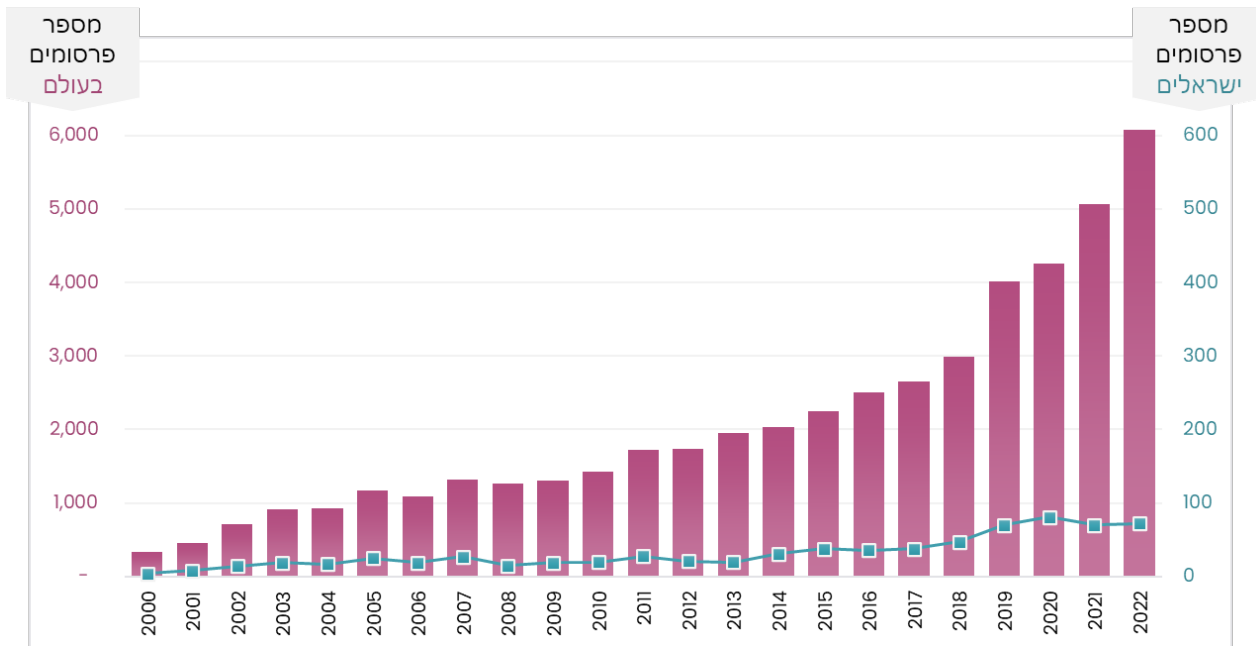
Coccia, M. (2023). Evolutionary Aspects of Scientific Development in Research Fields of Quantum Technologies Driven by Heterogeneity and Concentration of Topics. Available at SSRN 4531241.

Jang, B., Choung, J. Y., & Kang, I. (2022). Knowledge production patterns of China and the US: quantum technology. *Scientometrics*, 127(10), 5691-5719.

Scheidsteger, T., Haunschild, R., Bornmann, L., & Ettl, C. (2021). Bibliometric analysis in the field of quantum technology. *Quantum Reports*, 3(3), 549-575.

3.6 באותה תקופה. שיעור הפרסומים הישראליים מכלל פרסומי העולם בנושא זה עמד על ממוצע של 1.5% בתקופה זו.

איור 33: מספר פרסומים שנתי בנושאי טכנולוגיות קוונטום - ישראל בהשוואה לעולם



ניתן להבחין בצמיחה מתמדת של מספר פרסומי הקוונטום בעולם, עם זינוק משמעותי בין השנים 2018/2019. עליה דומה נצפתה במחקר<sup>55</sup> שפורסם לאחרונה על מאמרים בנושאי Quantum Computing - נמצא שתפוקת המחקר העולמיות בנושא עלו משמעותית במהלך חמש השנים החולפות (2018-2022), מה שמצביע על כך שתחום הקוונטום זוכה לעניין מדעי נרחב מצד חוקרים ברחבי העולם.

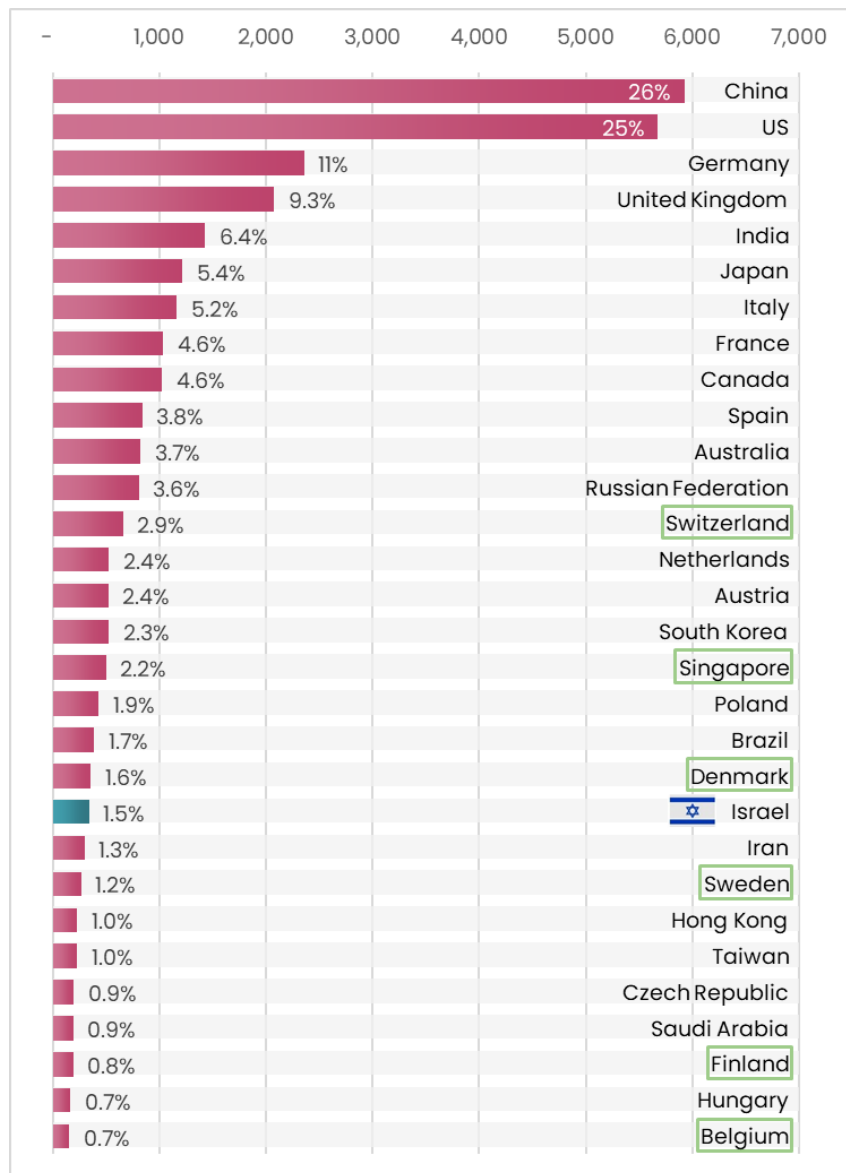
איור 34 מציג דירוג של 30 המדינות המובילות במספר הפרסומים העוסקים בטכנולוגיות קוונטום בין השנים 2018-2022. סין מובילה בדירוג עם 26% מפרסומי העולם בתקופה זו, ארה"ב במקום השני עם 25%. כמחצית מפרסומי הקוונטום העולמיים בתקופה זו נכתבו בהשתתפות חוקרים מסין ו/או ארה"ב. ישראל מדורגת במקום ה-21<sup>56</sup> עם שיעור של 1.5% מפרסומי העולם בתקופה שנבדקה. מדינות היחוס שדומות לישראל מבחינת גודל האוכלוסיה ומספר הפרסומים השנתי הכללי מסומנות במסגרת ירוקה.

<sup>55</sup> Sood, S. K. (2023). Quantum Computing Review: A Decade of Research. IEEE Transactions on Engineering Management.

<sup>56</sup> במחקר דומה שהתבצע על נתוני WoS בשנים 2000-2018 ישראל דורגה במקום ה-20

Scheidsteger, T., Haunschild, R., Bornmann, L., & Ettl, C. (2021). Bibliometric analysis in the field of quantum technology. Quantum Reports, 3(3), 549-575.

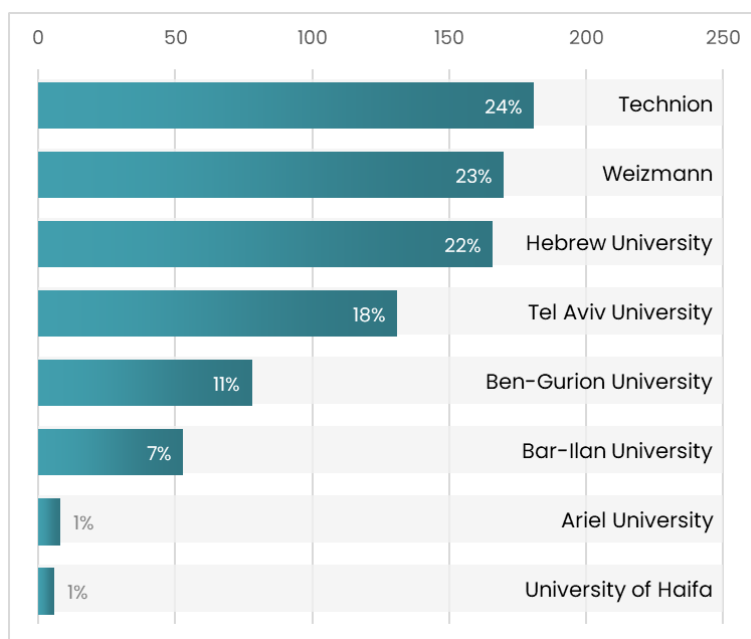
איור 34: דירוג המדינות לפי מספר הפרסומים בנושאי טכנולוגיות קוונטים בין השנים 2018-2022



98% מהמאמרים הישראלים שהתפרסמו בשנים 2000-2022 בנושאי הקוונטום נכתבו ע"י חוקרים משמונה האוניברסיטאות הישראליות שמופיעות באיור 35: חוקרי הטכניון שותפים לכתיבת 24% מהמאמרים, מכון ויצמן – 23%, האוניברסיטה העברית – 22%, אוניברסיטת ת"א – 18%, בן-גוריון 11%, בר-אילן 7.7%<sup>57</sup>

<sup>57</sup> מאמר שנכתב ע"י מחברים מאוניברסיטאות שונות נספר באופן שווה עבור כל אחד מהמוסדות ולכן סכום האחוזים בגרף גדול מ-100%

איור 35: פרסומי האוניברסיטאות בנושאי טכנולוגיות קוונטום בשנים 2000-2022



הקרן הלאומית למדע (ISF) השתתפה במימון של כ-20% מהמאמרים הישראליים בנושאי הקוונטום (2000-2022); 12% מהמאמרים נכתבו בסיוע מימון של Horizon 2020; ו-11% בסיוע ERC.

77% מהמאמרים הישראליים התפרסמו בפורמט של מאמר, 19% התפרסמו בכנסים, והשאר בספרים. 67% מהמאמרים התפרסמו במקורות פתוחים (Open Access).

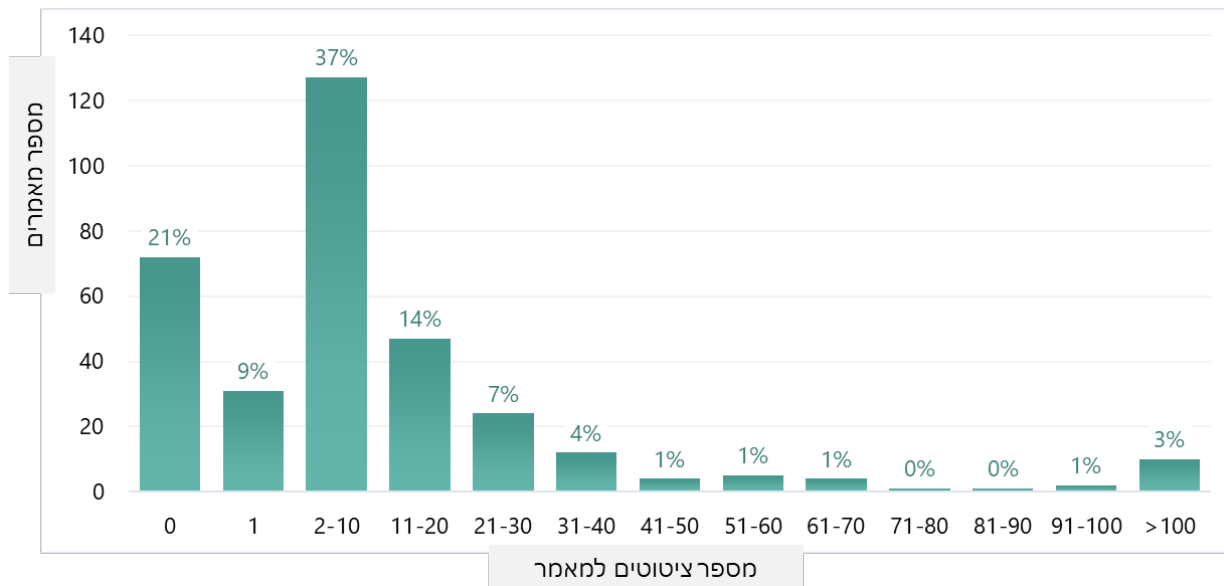
## נתוני ציטוטים והשפעה מדעית

כ-46% מהמאמרים הישראליים בנושאי הקוונטום<sup>58</sup> פורסמו במהלך חמש השנים החולפות (2018-2022). התפלגות הציטוטים<sup>59</sup> למאמרי הקוונטום הישראלי שפורסמו בתקופה זו מתוארת באיור 36. ניתן לראות ש-79% מהפרסומים בתקופה זו צוטטו לפחות פעם אחת; 37% מהמאמרים צוטטו זכו ל-10-2 ציטוטים, 3% מהמאמרים צוטטו למעלה מ-100 פעמים.

<sup>58</sup> מבין המאמרים שפורסמו בשנים 2000-2022

<sup>59</sup> כולל ציטוטים עצמיים

### איור 36: התפלגות הציטוטים לפרסומי הקוונטום הישראליים שפורסמו בשנים 2018-2022



ממוצע הציטוטים לפרסום בקבוצת מאמרי הקוונטום הישראליים (2018-2022) הינו 17.2. להלן רשימת 5 המאמרים המצוטטים<sup>60</sup> ביותר בתקופה זו והמקורות בהם פורסמו:

Title	Source	Israeli Author/s <sup>61</sup>	Citations
Machine learning and the physical sciences [* review article]	Reviews of Modern Physics 2019	Tishby, Naftali / HUJI	1,013 FWCI: 55.45
Photonic topological insulator in synthetic dimensions	Nature 2019	Segev, Mordechai; Lustig, Eran; Plotnik, Yonatan / Technion	200 FWCI: 8.97
Topological protection of biphoton states	Science 2018	Segev, Mordechai; Oren, Dikla / Technion	184 FWCI: 6.09
Highlighting photonics: looking into the next decade	eLight 2021	Segev, Mordechai / Technion	154 FWCI: 22.11
Light-matter interactions with photonic quasiparticles	Nature Reviews Physics 2020	Kaminer, Ido / Technion	146 FWCI: 3.97

<sup>60</sup> הרשימה כוללת מאמרים שנכתבו ע"י 10 מחברים ומטה. ניתוח נתוני הציטוטים בוצע בספטמבר 2023.

FWCI: Field-Weighted Citation Impact - reflects the ratio between the document's citations to the average number of citations received by all similar documents

<sup>61</sup> כל המאמרים בטבלה זו נכתבו בשנת"פ עם חוקרים ממדינות אחרות

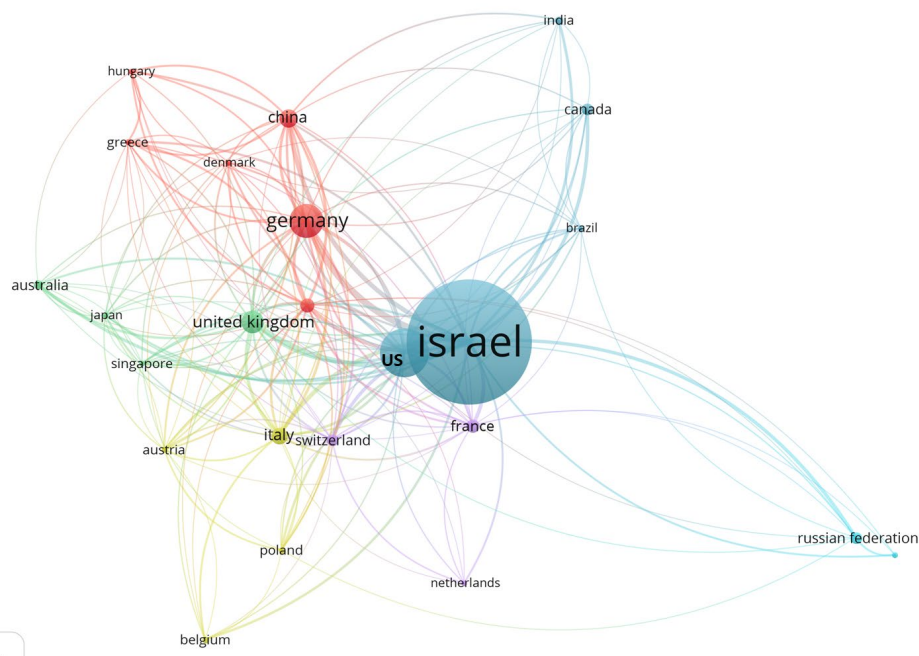
## שת"פ בינלאומי

במאמר<sup>62</sup> שפורסם ב-2022 נכתב כי ארה"ב וסין הן המדינות המובילות במרוץ לפיתוח טכנולוגיות קוונטום, מתוך הכרה בחשיבות האסטרטגית של טכנולוגיות אלו על הצמיחה הכלכלית והיכולת הצבאית. מעניין לגלות שלמרות המתחים הגיאופוליטיים ביחסי סין-ארה"ב, כל אחת מהמדינות מהווה את הפרטנרית הראשית של השניה בבחינת שיתופי הפעולה הבינלאומיים בתחום הקוונטום<sup>63</sup>. מניתוח תפוקות המחקר של שתי המדינות<sup>62</sup> עולה שעיקר המאמרים של סין עוסקים בתחומים של חיישנים ותקשורת קוונטית, ואילו ארה"ב מתמקדת במחשוב קוונטי.

במאמר<sup>55</sup> שפורסם באוגוסט 2023 נמצא שחזית המחקר בתחום טכנולוגיות הקוונטום כוללת את הנושאים הבאים: Teleportation, quantum error correction, quantum-inspired metaheuristic algorithms, QML, quantum image processing, image captioning, blockchain, QKD, postquantum cryptography, privacy and random number generators, logic gates.

66% מפרסומי הקוונטום הישראליים ב-2018-2022 נכתבו בשת"פ בינלאומי. המדינות המובילות בשת"פ עם ישראל בנושאי הקוונטום בתקופה שנבדקה הן: ארה"ב - עם 29% מהפרסומים, גרמניה - 18%, בריטניה - 11%, סין - 8%, ואיטליה - 7%. איור 37 מתאר באופן סכמטי את קשרי המחקר של ישראל בתחומי הקוונטום לפי מספר המאמרים שנכתבו עם חוקרים ממדינות אחרות בשנים 2018-2022.

איור 37: השת"פ הבינלאומי של ישראל בתחומי הקוונטום [2018-2022]



<sup>62</sup> Jang, B., Choung, J. Y., & Kang, I. (2022). Knowledge production patterns of China and the US: quantum technology. *Scientometrics*, 127(10), 5691-5719.

<sup>63</sup> Quantum USA Vs. Quantum China: The World's Most Important Technology Race. *Forbes*. 10.10.2019. [\[source\]](#)

## קשרי אקדמיה-תעשייה ומיפוי פטנטים בתחומי הקוונטום

שת"פ בין-ארגוני במחקר ופיתוח משמש פלטפורמה ליצירת רשתות של זרימת ידע ולכן עשוי לתרום להשגת יתרון יחסי במערכת החדשנות העולמית. רשות החדשנות הודיעה בינואר 2023 על הקמת מאגד לפיתוח טכנולוגיות מחשוב קוונטי בתקציב של 115 מיליון ₪. במאגד ישתתפו חמש חברות טכנולוגיה ישראליות: חטיבת אלתא של התעשייה האווירית, קוונטום ארט, קלאסיק, קדמה ורפאל. הפיתוח הטכנולוגי יתמך ע"י קבוצות אקדמיות מובילות ממגוון גופי מחקר: האוניברסיטה העברית, מכון ויצמן, אוניברסיטת בר אילן, הטכניון ובית החולים סורוקה<sup>64</sup>.

חדשנות מבוססת טכנולוגיה מונעת בדרך כלל באמצעות הסינרגיה בין אקדמיה, תעשייה וכוחות השוק. פטנטים מהווים אינדיקטור להערכת ההתקדמות והדינמיקה של החדשנות בשלבי ההמצאה. נתוני הפטנטים עשויים לסייע בהחלטות לגבי קביעת מדיניות ורגולציה בנושאים כמו זכויות קניין רוחני (IPR) וחלוקת מענקים ממשלתיים המתייחסים לפיתוח הטכנולוגיות החדשות.

מאמר<sup>65</sup> שפורסם ב-2022 מתאר מיפוי של נתוני הפטנטים בתחומי הקוונטום לאורך שני העשורים האחרונים<sup>66</sup>. במאמר נמצא כי מספר הפטנטים הרשומים (granted patents) השנתי גדל פי 10 במהלך התקופה שנבדקה והגיע לקצב של כ-2,000 פטנטים בשנה (שמאשרים ע"י משרדי הפטנטים של ה-USPTO וה-EPO). ה-USPTO מהווה את הזירה העיקרית להגשת בקשות בתחומי הקוונטום: 77.96% מהבקשות הוגשו ל-USPTO, 22.04% הוגשו באמצעות ה-EPO. עיקר הפטנטים הרשומים עוסקים במכשור קוונטי (סמיקונדקטורים והתקני מצב מוצק) ואופטיקה; לאחר מכן (בסדר יורד) עיבוד מידע קוונטי, מחשוב קוונטי, קריפטוגרפיה קוונטית ותקשורת קוונטית.

בניתוח הפטנטים לפי חברות<sup>65</sup> ניתן למצוא בעשיריה הראשונה חברות אמריקאיות כמו IBM, Northrop, מיקרוסופט, גוגל ואינטל; חברת D-Wave הקנדית מדורגת במקום השני וטושיבה היפנית במקום השביעי. רשימת האוניברסיטאות המובילות בדירוג הפטנטים בתחומי המחשוב הקוונטי כוללת את MIT, אוקספורד, יל, הרווארד, קאלטק, סטנפורד, אוניברסיטת מרילנד ואוניברסיטת דלפט ההולנדית.

ניתוח הפטנטים לפי מדינות<sup>65</sup> מצביע על כך שארה"ב וסין מובילות בהגשת פטנטים, ואחריהן (בסדר יורד) יפן, דרום קוריאה, EPO, טאיוואן, רוסיה, אוסטרליה, קנדה ובריטניה. התוצאות של סין מדהימות לאור העובדה שעיקר הצמיחה של סין (בהגשת פטנטים בתחומי התקשורת הקוונטית) החלה לפני כחמש שנים, ולפי נתוני 2021 סין התקדמה למקום השני אחרי ארה"ב, ולפני יפן, אירופה ואוסטרליה.

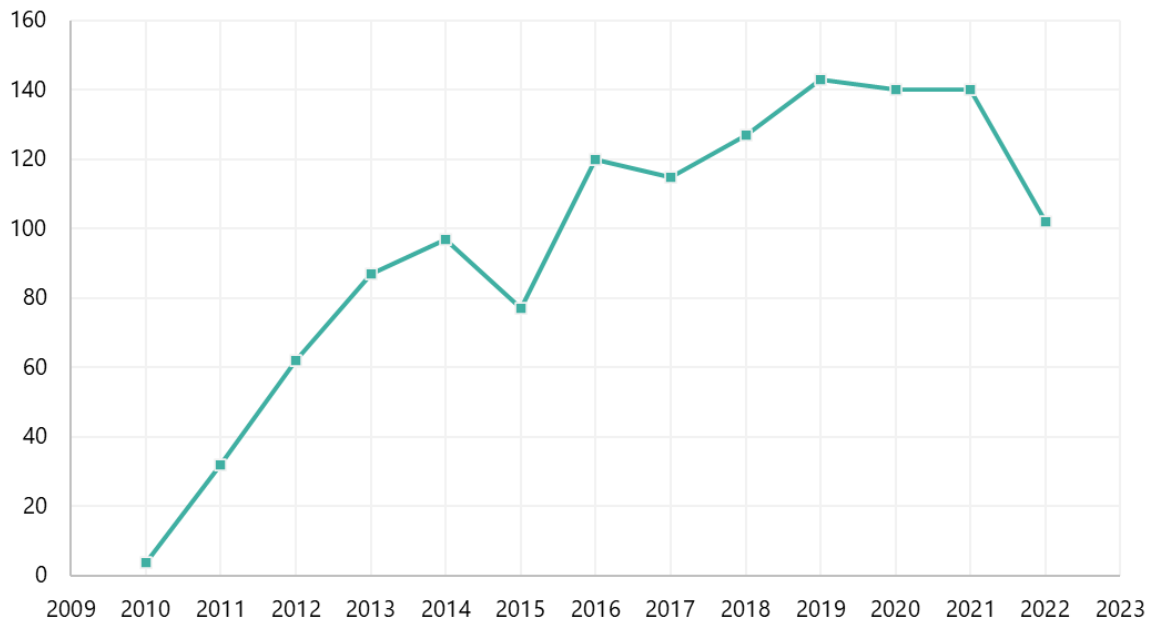
<sup>64</sup> בונים מחשב קוונטי כחול לבן! המאגד הגדול בתולדות הרשות יוקם לפיתוח טכנולוגיות מחשוב קוונטי בתקציב של 115 מיליון ₪. רשות החדשנות. 1.1.23. [מקור]

<sup>65</sup> Aboy, M., Minssen, T., & Kop, M. (2022). Mapping the patent landscape of quantum technologies: patenting trends, innovation and policy implications. IIC-International Review of Intellectual Property and Competition Law, 53(6), 853-882.

<sup>66</sup> הבדיקה התבצעה במאגרי הפטנטים של EPO ו-USPTO

בניתוח נתוני הפטנטים הישראליים בתחומי הקוונטום<sup>67</sup> נמצאו 1,210 בקשות פטנטים<sup>68</sup> שהוגשו בין השנים 2012-2022 ומהווים 0.9% מכלל בקשות הפטנטים הקוונטיים בעולם בתקופה זו. בתרשים הבא ניתן לראות את התפלגות בקשות הפטנטים הישראליים לפי שנת הגשה. מספר הפטנטים הישראליים השנתי (בתחומי הקוונטום) גדל פי 2.3 בהשוואה בין השנים 2012 ו-2021<sup>69</sup>; מספר הפטנטים בעולם גדל פי 1.5 באותן שנים.

איור 38: מספר בקשות הפטנטים הישראליים בתחומי הקוונטום<sup>67</sup>



באיור 39 ניתן לראות את 24 הארגונים המובילים בהגשת פטנטים ישראלים בתחומי הקוונטום במהלך השנים 2010-2022. האוניברסיטאות מובילות את הדירוג לפי הסדר הבא: האוניברסיטה העברית, מכון ויצמן, אוניברסיטת תל-אביב, הטכניון ואוניברסיטת בן-גוריון. מעניין לראות גם את מגוון התחומים של החברות הישראליות שהגישו פטנטים קוונטיים ועוסקות ברפואה, מזון, חקלאות, בטחון, מחשוב, תקשורת, אלקטרוניקה, אלקטרו-אופטיקה, ועוד.

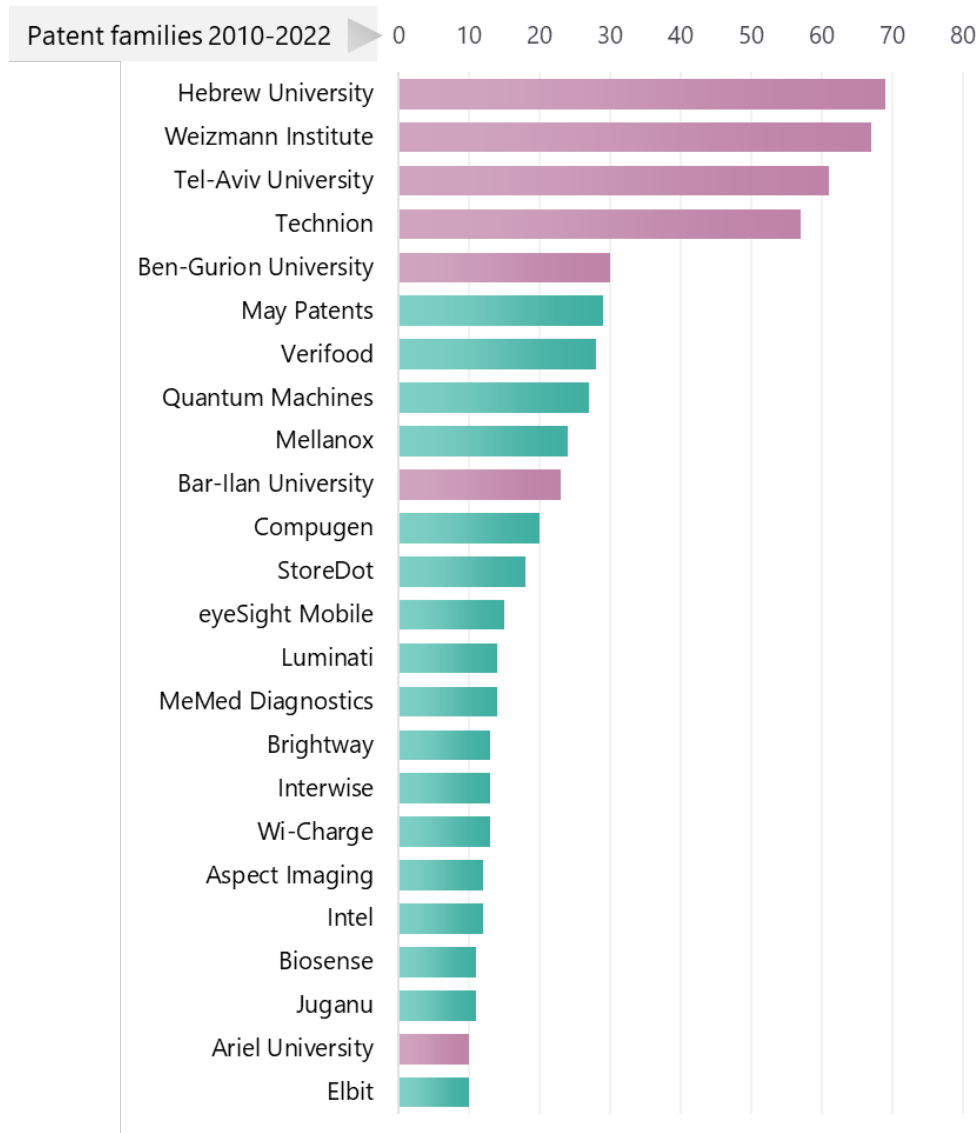
<sup>67</sup> ניתוח המידע בוצע לפי נתוני USPTO, בדומה לאסטרטגיית החיפוש S1 המתוארת במאמר [65]

<sup>68</sup> 1,025 משפחות פטנטים

<sup>69</sup> יתכן שהירידה ב-2022 קשורה להאטה בתקופת הקורונה, ולכן ההשוואה בוצעה לפי נתוני השנה הקודמת



איור 39: הארגונים הישראליים המובילים בהגשת פטנטים בתחומי הקוונטום (2010-2022)<sup>70</sup>



באתר QURECA<sup>71</sup> מוצג מיפוי של למעלה מ-600 חברות קוונטום ברחבי העולם: 42.9% מהחברות ממוקמות באירופה, 32.41% מהחברות בארה"ב, 13.12% בבריטניה, 13% באסיה, 0.77% בישראל.

<sup>70</sup> בתרשים זה הספירה התבצעה לפי משפחות פטנטים שהוגשו ע"י ישראלים (Applicant country)

<sup>71</sup> QURECA - Quantum Resources and Careers [[website](#)]

## דיון וסיכום

טכנולוגיות קוונטום צפויות ליצור שינוי פרדיגמה משמעותי במגוון רחב של תחומים. במהלך העשור החולף חברות וארגונים רבים ברחבי העולם השקיעו מאות מיליוני דולרים במרוץ לבניית המחשב הקוונטי המנצח<sup>72</sup>. שווי השוק העולמי של טכנולוגיות קוונטום צפוי להגיע ל-65 ביליון דולר בשנת 2030 בקצב צמיחה שנתי של 50.6% (מ-570 מיליון דולר ב-2019)<sup>73</sup>. היתרונות הפוטנציאליים של טכנולוגיות הקוונטום למגוון רחב של יישומים הביאו להתעניינות רחבה מצד העולם המדעי ועליה במספר המאמרים שהתפרסמו. מספר הפרסומים הישראליים צמח פי 3.6 במהלך השנים 2010-2022; מספר הפרסומים בעולם גדל פי 4.3 באותה תקופה.

סין מובילה בדירוג העולמי עם 26% מפרסומי העולם בשנים 2018-2022, ארה"ב במקום השני עם 25%; ישראל מדורגת במקום ה-21 עם שיעור של 1.5% מפרסומי העולם בתקופה זו. 66% מפרסומי הקוונטום הישראליים (בתקופה שנבדקה) נכתבו בשת"פ בינלאומי.

דירוג הפטנטים בתחומי הקוונטום לפי מדינות מצביע על כך שארה"ב וסין מובילות בהגשת פטנטים, ואחריהן (בסדר יורד) יפן, דרום קוריאה, EPO, טאיוואן, רוסיה, אוסטרליה, קנדה ובריטניה. מספר הפטנטים הישראליים השנתי (בתחומי הקוונטום) גדל פי 2.3 בהשוואה בין השנים 2012 ו-2021; מספר הפטנטים בעולם גדל פי 1.5 באותן שנים.

מדעי הקוונטום צפויים לסייע בפריצת הגבולות הפיזיקליים של טכנולוגיות המידע ולשפר את קצב עיבוד המידע, הקיבולת, הדיוק ואבטחת המידע<sup>73</sup>. השילוב של המחשוב הקוונטי בתעשייה צפוי להתניע תהליכי חדשנות ולחולל מהפכה במגוון רחב של דיסציפלינות<sup>72</sup>.

<sup>72</sup> Lu, Y., Sigov, A., Ratkin, L., Ivanov, L. A., & Zuo, M. (2023). Quantum Computing and Industrial Information Integration: A Review. *Journal of Industrial Information Integration*, 100511.

<sup>73</sup> Ye, Z., & Lu, Y. (2022). Quantum science: A review and current research trends. *Journal of Management Analytics*, 9(3), 383-402.

## סקירת מחקרים ומדדים חדשים

פרק זה כולל סקירה קצרה של ממצאים ממחקרים שפורסמו בעולם במהלך השנה וכוללים מדדים, דירוגים חדשים ומסקנות שעשויות להיות רלבנטיות לזירה הישראלית. העבודות שנסקרו כוללות התייחסויות לנושאים כמו חופש אקדמי, קניין רוחני, חדשנות, פיתוח בר-קיימא, מגדר, ושימוש ב-ChatGPT להערכה ביבליומטרית. במקרים בהם יתאפשר – נציג הדגמה של הממצאים על נתונים ישראלים.

### Policy shaping the impact of open-access publications: a longitudinal assessment<sup>74</sup>

מאמר זה נכתב ע"י 3 חוקרות ישראליות שניתחו את המדדים הביבליומטריים של המאמרים הישראלים שפורסמו במקורות פתוחים (OA - Open Access) במהלך השנים 2010-2020. התוצאות מעידות על כך שמאמרים שמתפרסמים ב-OA זוכים ביתרון מבחינת מספר הציטוטים [OA citation advantage (OACA)]; תוצאות אלו תואמות לממצאים שדיווחנו עליהם בדוחות קודמים של סידרת פרסומים זו<sup>8</sup>.

פרסום ב-OA מאפשר להפוך את הידע המדעי נגיש יותר לציבור, ומצד שני – מגדיל את החשיפה והנראות של מאמרים אקדמיים ולכן עשוי להשפיע על מספר הציטוטים שלהם. המחברות כותבות כי בישראל אין עדיין מדיניות רשמית לגבי פרסום ב-OA - הן ברמה הלאומית, והן ברמה המוסדית. המחברות ממליצות על יישום יוזמת מדיניות כדי לשנות את פרקטיקות הפרסום של מדענים ישראלים. הגדרת מדיניות לפרסום ב-OA צפויה להשפיע בעיקר על מספר הציטוטים של חוקרים צעירים בשלבי הקריירה המוקדמים שלהם, ועל תחומי מחקר עם דפוסי ציטוטים נמוכים יחסית (כמו מדעי החברה ומדעי הרוח).

בהשוואת הנתונים לאורך זמן (מרגע הפרסום) – נמצא שהיתרון היחסי של נתוני ציטוטים לפרסומים ב-OA עולה (OACA), והפער בין נתוני הציטוטים של מאמרים ב-OA לעומת מאמרים במקורות סגורים (closed-access) גדל באופן משמעותי.

בבחינת ההשפעה של מקורות מימון נמצא ששיעור המאמרים שנכתבו בסיוע מענקי מימון ופורסמו ב-OA גבוה משמעותית משיעור המאמרים הממומנים שפורסמו במקורות סגורים. המחברות ביצעו השוואה של מדיניות הפרסום ב-OA בין 10 גופי המימון העיקריים של פרסומים ישראלים ומצאו שלשניים מהם אין מדיניות פרסום ב-OA: הקרן הלאומית למדע – שמהווה את גוף המימון העיקרי לפרסומים ישראלים, והקרן הדו-לאומית למדע ארצות הברית-ישראל (US-Israel Binational Science Foundation). נמצא ששיעור הפרסום ב-OA של מאמרים שנכתבו במימון שתי הקרנות הנ"ל נמוך מזה של מאמרים שנכתבו במימון קרנות אחרות. גופי מימון ממלאים תפקיד חיוני בקידום הקונספט של גישה פתוחה, ולכן הם דוחפים את העולם האקדמי לכיוון של הנגשת מאמרים מדעיים ונתוני מחקר לכלל הציבור.

<sup>74</sup> Hadad, S., Aharony, N., & Raban, D. R. (2023). Policy shaping the impact of open-access publications: a longitudinal assessment. *Scientometrics*, 1-24.

### Identification of national research output using Scopus/Web of Science Core Collection: a revisit and further investigation<sup>75</sup>

מחברי המאמר בדקו את מידת הדיוק של הסיווג למדינות במאגרים של Scopus ו- Web of Science. הסיווג למדינות מהווה כלי בסיסי בניתוחים הביבליומטריים ולכן נדרשת מידה גבוהה של דיוק בשדה זה. החוקרים השוו בין התוצאות שמתקבלות בחיפוש לפי שם המדינה בשדה AFFILCOUNTRY לבין התוצאות שמתקבלות באמצעות סינון לפי שמות המדינות. נמצא כי בשני המאגרים שתי המתודולוגיות נותנות תוצאות שונות, עם הבדלים משמעותיים בין המספרים שמתקבלים. אחת הסיבות להבדלים נובעת מכך שבמאגר סקופוס, למשל, לא מתבצע סיווג של המדינה שמופיעה בשדה של correspondence address (המחברים וידאו עובדה זו מול צוות השירות של סקופוס).

מסקנות:

כדי להפיק תוצאות מדויקות ככל האפשר - נדרשת מיומנות מבחינת השימוש במאגרים הביבליומטריים, וכן ידע על המאפיינים הייחודיים של כל אחד מהמאגרים ומגוון המתודולוגיות שבהן כדאי להשתמש עבור המשימות הנדרשות.

כפי שהמלצנו בדוחות קודמים, רצוי לבצע בקרה שוטפת על נתוני המאמרים החדשים שמואונדקסים במאגרים הביבליומטריים. כדאי לוודא שהרשומות כוללות שיוך מדויק מבחינת השיוך למדינה ולמוסד האקדמי. הבקרה יכולה להתבצע ע"י מחברי המאמרים בשיתוף עם הספריות של הפקולטות הרלבנטיות.

### Government R&D spending as a driving force of technology convergence: a case study of the Advanced Sequencing Technology Program<sup>76</sup>

חוקרים יפנים בחנו את ההשפעה של השקעות המו"פ הממשלתיות על השת"פ בין אקדמיה ותעשייה במחקרים שמתבססים על מיזוג טכנולוגיות (technology convergence). ניתוח המידע בוצע באמצעות שילוב הנתונים של מקבלי המענקים בתכנית Advanced Sequencing Technology Program (ASTP) עם נתוני פטנטים של PATSTAT.

נתוני פטנטים מעידים על צבירת ידע ופיתוח בתחום טכני מסוים ולכן משמשים כפרוקסי לניטור טכנולוגיות רב-תחומיות באמצעות אנליזה של סיווגים משותפים (patent co-classification), ניתוח תוכן (text-mining techniques) וציטוטים (interfield citations). במקרה זה, החוקרים השתמשו במתודולוגיה של ניתוח ציטוטי פטנטים בין התחומים של ביוטכנולוגיה וטכנולוגיות מידע.

מחברי המאמר ממליצים שקובעי מדיניות ומנהלי חברות יעקבו אחר טכנולוגיות רב-תחומיות היות והן מהוות בסיס לחדשנות וצמיחה כלכלית, ועשויות לסייע בהקדמת הישגים של חברות

<sup>75</sup> Huang, X., Wang, L., & Liu, W. (2023). Identification of national research output using Scopus/Web of Science Core Collection: a revisit and further investigation. *Scientometrics*, 1-11.

<sup>76</sup> Zhu, C., & Motohashi, K. (2022). Government R&D spending as a driving force of technology convergence. In *Academy of Management Proceedings* (Vol. 2022, No. 1, p. 11356). Briarcliff Manor, NY 10510: Academy of Management.

מתחרות. טכנולוגיות רב-תחומיות מאפשרות גילוי של שווקים חדשים לנישות שטרם נוצלו ועשויים להביא לשיפור דרסטי בחיים של אנשים.

המחקר נועד לחשוף את המנגנון הבסיסי שבאמצעותו תכנית מימון ממשלתי משפיעה על התנהגותם של ממצאים מהאקדמיה ומהתעשייה - שהם השחקנים העיקריים בתהליך המיזוג. תכנית ASTP נבחרה להדגמת הרעיון היות והיא מופעלת בסיוע מימון ממשלתי ארה"ב<sup>77</sup> לצורך קידום הריצוף הגנטי (genome sequencing) באמצעות שילוב טכנולוגיות של ביוטכנולוגיה וטכנולוגיות מידע (IT); במסגרת התכנית מתקיים שת"פ מולטידיסציפלינרי מתמשך בין גופים פרטיים וציבוריים באמצעות מפגשים מנדטוריים בין מקבלי המענקים, העברת ידע בין המגזרים וקידום של הפצת ידע לגורמים חיצוניים.

ממצאי המחקר מעידים על כך שלמימון הממשלתי תפקיד חשוב בקידום השת"פ המדעי. ניתוח הנתונים מעיד על כך שההשתתפות בתכנית עוזדה את החוקרים להשתתף בפעילות המצאתית רב-תחומית. האפקט החיובי של השתתפות בתכניות מחקר (בתהליכי convergence) שנתמכות במימון ממשלתי משמעותי יותר במקרים של ממצאים מהתעשייה, בהשוואה לממצאים מהאקדמיה.

מחקר מסוג convergence מתאפיין ביצירת טכנולוגיות חדשניות באמצעות שילוב ידע מתחומים שונים ועלול לחייב פיתוח לאורך זמן שכרוך באי-ודאות וסיכונים ולכן עלול להרתיע משקיעים פרטיים. תכניות מחקר הנתמכות ע"י הממשלה עשויות לסייע בהסרת חסמים, צמצום כשלי שוק, והבטחת היתרונות של השקעות במו"פ. מימון ממשלתי לטווח ארוך מהרגיל עשוי לעודד בעלי ענין מהתעשייה להצטרף לפיתוח בשלבים מתקדמים יותר, וכן לאפשר לחוקרים באקדמיה לבצע מחקר מקיף ומעמיק יותר.

### Enhancing sustainable development goals or promoting universities? An analysis of the times higher education impact rankings<sup>78</sup>

יעדי ה-SDG<sup>79</sup> (Sustainable Development Goals) כוללים 17 יעדים לפיתוח בר קיימא שנקבעו ע"י האו"ם לצורך טיפול בבעיות קריטיות כמו עוני ושינוי אקלים. מוסדות אקדמיים מהווים כלי מרכזי במסלול להשגת יעדים אלו באמצעות יצירת ידע וחדשנות. המשימה השלישית של האוניברסיטאות כוללת העברת ידע למשק או לחברה ועשויה לתרום ליעדי ה-SDG בהיבטים כמו פעילויות בקמפוס, הסברה לקהילה, הערכת ביצועים ודיווח על תוצאות שהושגו, ופיתוח תכניות להעלאת המודעות בנושאים כמו שינוי אקלים, רעב ומגדר.

מדד THE-IR<sup>80</sup> (Times Higher Education Impact Rankings) הינו הדירוג הבינלאומי הראשון שנוצר כדי לבדוק את תרומת האוניברסיטאות ליעדי ה-SDG בארבע זירות: מחקר, הוראה,

<sup>77</sup> באמצעות US National Human Genome Research Institute (NHGRI)

<sup>78</sup> Bautista-Puig, N., Orduña-Malea, E., & Perez-Esparrells, C. (2022). Enhancing sustainable development goals or promoting universities? An analysis of the times higher education impact rankings. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 23(8), 211-231.

<sup>79</sup> THE 17 GOALS - Sustainable Development Goals [\[source\]](#)

<sup>80</sup> The Times Higher Education Impact Rankings [\[source\]](#)

מְשָׁרֵיית (stewardship), והסברה לקהילה. המתודולוגיה המורכבת של הדירוג כוללת שימוש ב-231 אינדיקטורים בהרכב משתנה שנקבע בהתאם למאפיינים של כל אחד מיעדי ה-SDG (איור 40). המטריקות שמתייחסות לסעיפי המחקר נאספות ממאגר סקופוס, שאר המטריקות מתקבלות כדיווחים שהאוניברסיטאות מעבירות בהתנדבות לעורכי הדירוג.

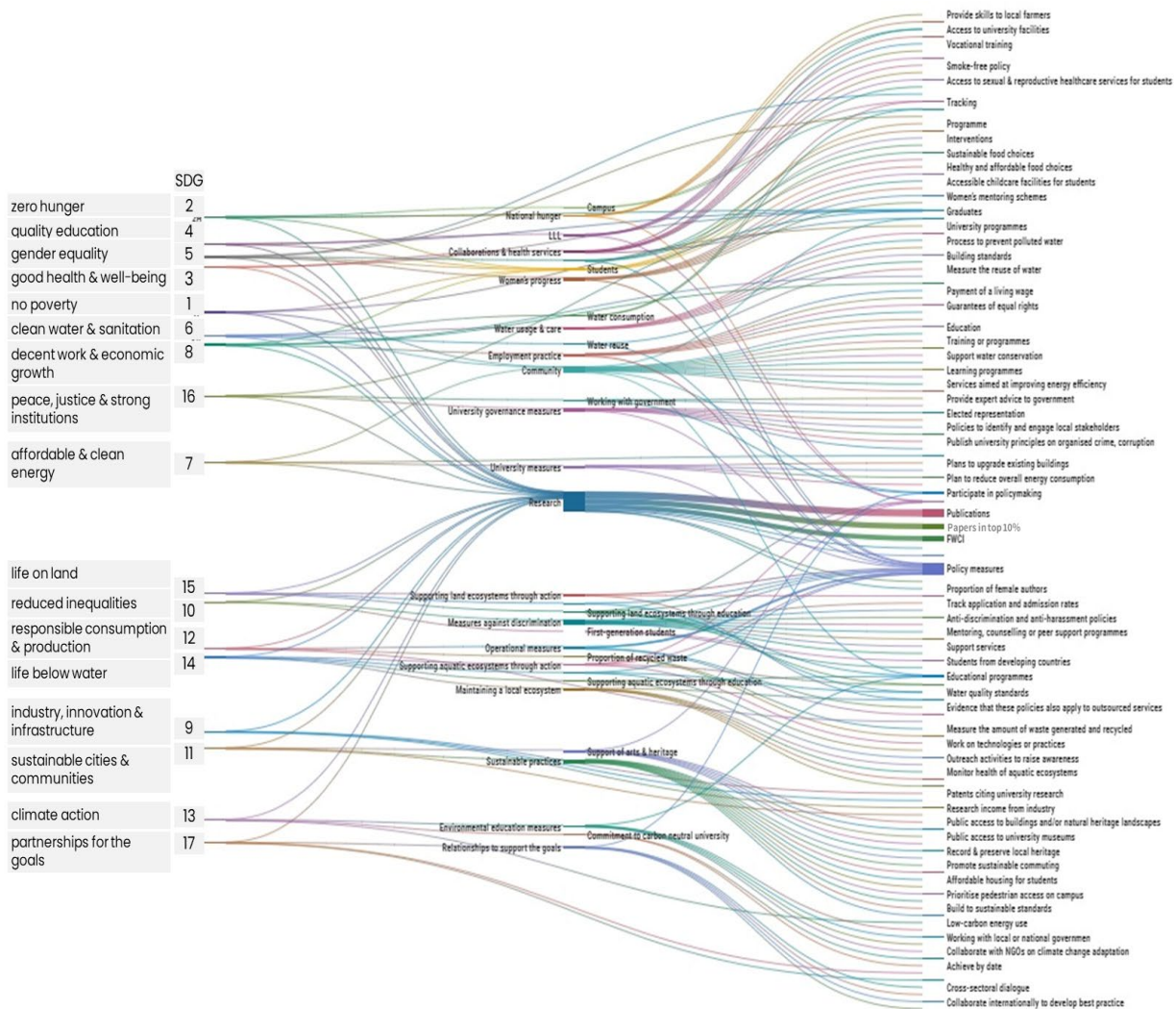
מחברי המאמר<sup>78</sup> ביצעו סקירה מקיפה של הבעיות שמאפיינות את דירוג THE-IR מבחינת המתודולוגיה והיקף הכיסוי: חישוב הציון הכולל בדירוג מתבצע על סמך הציונים ב-4 יעדי ה-SDG, באופן שמשתנה בין האוניברסיטאות; שיטה זו עלולה לגרום להטיות ועיוותים בהשוואה בין האוניברסיטאות בדירוג, ולחוסר רציפות בתוצאות שמתקבלות בהשוואה של אותה אוניברסיטה בשנים שונות; חוסר אחידות וחוסר אובייקטיביות במשקל שניתן לכל אחד מהיעדים; בחלק מהמקרים התוצאות מתקבלות בטווחי מספרים שלא מאפשרים השוואה אפקטיבית. בעיות מתודולוגיות אלו (ובעיות נוספות המפורטות במאמר) מצביעות על כך שיש להתייחס בזהירות לתוצאות הדירוג היות והן לא בהכרח משקפות את הנושאים שנועדו לבדוק.

השיעור הגבוה של אוניברסיטאות ממדינות מתפתחות והיעדר אוניברסיטאות מובילות מרשימת הדירוג מרמזים שבשלב הנוכחי אוניברסיטאות העלית לא מוצאות עניין בדירוג THE-IR.

☆ ישראל

אוניברסיטת חיפה היא הישראלית היחידה ברשימות THE-IR עם מיקום בטווח של 201-300 בדירוג של 2022; 301-400 בדירוג 2021; 201-300 בדירוג של 2020 ו-2019.

## איור 40: התפלגות מדדי SDG בדירוג THE-IR



### The Academic Freedom Index and Its indicators: Introduction to new global time-series V-Dem data<sup>81</sup>

חופש אקדמי מהווה תנאי בסיסי להתקדמות מדעית, חקר האמת, שת"פ מחקרי, וקיום של מערכת השכלה גבוהה איכותית. למרות התחייבויות של אוניברסיטאות ומדינות לשמור על החופש האקדמי - במקומות רבים בעולם הקונספט נמצא תחת מתקפה.

מדד ה-Academic Freedom Index (AFI)<sup>82</sup> משמש להערכת החופש האקדמי של 179 מדינות באמצעות אינדיקטורים שהוגדרו ע"י 2,050 מומחים מרחבי העולם. המדד החדש מאפשר

<sup>81</sup> Spannagel, J., & Kinzelbach, K. (2022). The Academic Freedom Index and Its indicators: Introduction to new global time-series V-Dem data. Quality & Quantity, 1-21.

<sup>82</sup> The V-Dem Dataset [\[source\]](#)

לבצע השוואות נרחבות בין מדיניות החופש האקדמי ברחבי העולם, וכן לנתח דפוסים ומגמות של הקונספט כך שקובעי מדיניות יוכלו לפקח ולפעול במקרים של הפרות.

המדד כולל את האינדיקטורים הבאים שמשמשים לחישוב אינדיקטור אגרגטיבי של AFI:

- freedom to research and teach
- freedom of academic exchange and dissemination
- institutional autonomy of universities
- campus integrity
- freedom of academic and cultural expression

☆ ישראל

ארגון "בשער" ערך במהלך 2022 סידרת מפגשים בנושאי חופש אקדמי ואוטונומיה מוסדית על רקע השינויים שחלו ומתחוללים בעולם ובארץ<sup>83</sup>. במפגשים נדונו הנושאים הבאים: בחינת גבולות ערכי האקדמיה נוכח אתגרים הנובעים מתנאים חברתיים של קיטוב ומשבר; דיון באילוצים הכלכליים, החברתיים והציבוריים והגבולות האתיים על ערכי האקדמיה; אילוצים וגבולות על ערכי האקדמיה בהוראה בכלל ובהוראה הפרופסיונלית בפרט; "ערכים, גבולות וקווים אדומים" מנקודות מבט שונות: אקדמית, פוליטית, משפטית, תעשייתית ופילוסופית.

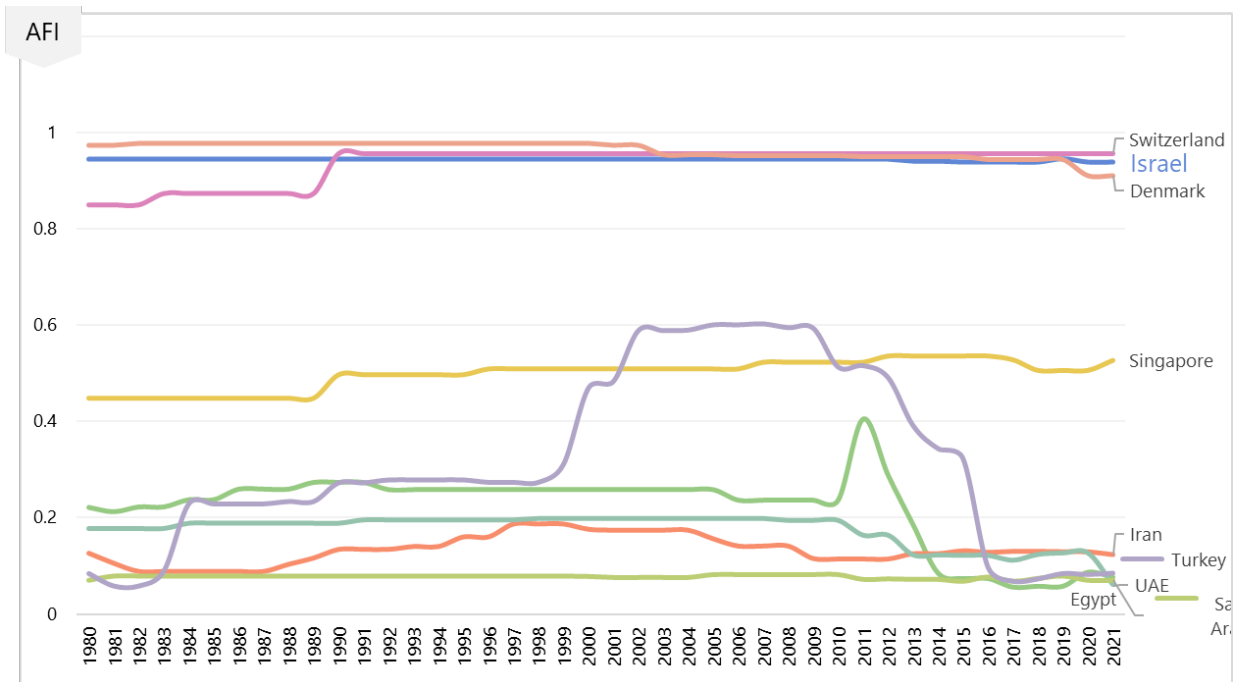
להלן תוצאות ההשוואה של ישראל ומדינות נבחרות במדד AFI עפ"י נתוני V-Dem<sup>82</sup>. ניתן לראות שמדד ה-AFI של סינגפור נמוך בהשוואה למדינות שנחשבות בנות השוואה לישראל. הציון של ישראל ב-2021 הינו 0.94, בדומה לממוצע של 6 מדינות היחוס: שוודיה, שווייץ, בלגיה, פינלנד, נורווגיה, דנמרק<sup>84</sup>. הציון הממוצע של מדינות המזרח התיכון שנבדקו במדד AFI הינו 0.084.

<sup>83</sup> הפורום להשכלה גבוהה - סדרת 2022: אקדמיה בעולם משתנה – ערכים, גבולות וקווים אדומים [מקור]

<sup>84</sup> רשימה זו מוצגת בסדר יורד לפי ציון AFI ב-2021.



## איור 41: Academic Freedom Index – ישראל ומדינות נבחרות

2023 International IP Index<sup>85</sup>

נושא הקניין הרוחני (IP - Intellectual Property) קיבל חשיבות מיוחדת בתקופת הקורונה כאשר ממשלות וארגונים ברחבי העולם נאלצו להתמודד עם אתגרי הקניין הרוחני הנלווים לפיתוח חיסונים ותרופות שנועדו לתרום לבריאות הציבור.

מדד ה-IP הבינלאומי השנתי נערך ע"י לשכת המסחר האמריקאי ונועד לשמש כלי להערכת החוזקות והאפקטיביות של מסגרות ה-IP שהוקמו ברחבי העולם. האינדקס מאפשר גישה לנתונים שיכולים להשפיע על החלטות לגבי קווי מדיניות שעשויים לתרום לקידום החדשנות, יצירת מקומות עבודה חדשים וחיזוק האקוסיסטם הכלכלי.

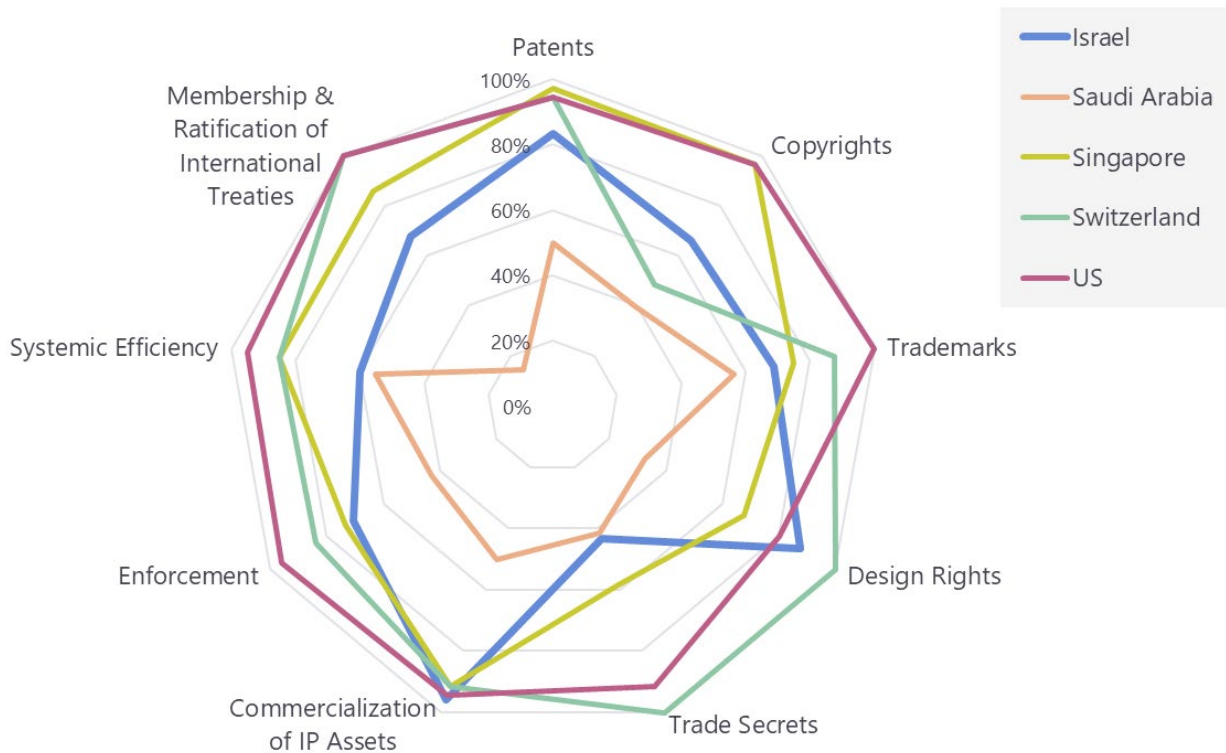
המהדורה ה-11 של האינדקס שפורסם ב-2023 כוללת השוואה של 55 מדינות ב-50 אינדיקטורים המסווגים ל-9 קטגוריות ראשיות בנושאים של פטנטים, זכויות יוצרים, סימני מסחר (Trademarks), זכויות עיצוב (Design Rights), סודות מסחריים, מסחור נכסים של קניין רוחני (Commercialization of IP Assets), אכיפה, חברות ואשרור של אמנות בינלאומיות ועוד.

☆ ישראל

ארה"ב מדורגת במקום הראשון בדירוג International IP Index 2023 עם ציון כולל של 95.48; אחריה – בריטניה, צרפת, גרמניה, שוודיה ויפן. ישראל מדורגת במקום ה-17 בדירוג הכללי (עם ציון כולל של 72.72), ובמקום הראשון בקטגוריית Commercialization of IP Assets. הדוח מפרט את תחומי החוזקות והחולשות של ישראל במדדים שנבדקו. התרשים הבא מציג את הציונים של ישראל ב-9 הקטגוריות הראשיות בהשוואה למדינות נבחרות.

<sup>85</sup> 2023 International IP Index. U.S. Chamber of Commerce. 2023.

איור 42: International IP Index - ישראל ומדינות נבחרות



### Towards a Triple Helix based efficiency index of innovation systems<sup>86</sup>

במאמר מוצג מדד חדש שפותח לצורך הערכת היעילות של מודל ה-Triple Helix. מודל זה משמש לקידום החדשנות והיזמות באמצעות שיפור קשרי המו"פ בין המוסדות האקדמיים, התעשייה והגופים הממשלתיים. המדד החדש מבוסס על 19 אינדיקטורים שנאספו מ-34 דוחות של מדינות ה-OECD ומאפשר דירוג של המדינות לפי החוזקות והחולשות שמאפיינות את מערכת החדשנות בכל אחת מהן.

שת"פ יעיל בין גופי הממשלה, התעשייה והאקדמיה חיוני לפיתוח כלכלי והתגברות על משברים באמצעות פתרונות חדשניים. הקשרים חוצי-המגזרים שמאופיינים ע"י הטריפל הליקס נחשבים ככלי מפתח בפיתוח כלכלה מבוססת ידע. כדי להגיע לדינמיקה מוצלחת של טריפל הליקס נדרשת מדידה והערכת ביצועים של שחקני המפתח המשתתפים באקוסיסטם - באופן שמאפשר השוואה בין מדינות, זיהוי פרקטיקות מוצלחות וליקויים אפשריים, ותכנון אסטרטגיות יעילות.

מדדים קודמים שפותחו להערכת ביצועי הטריפל הליקס התמקדו בעיקר במדידת תשומות ותפוקות. המדד החדש מאפשר השוואה לפי מידת היעילות שבה המדינות הופכות את ההשקעה בתשומות לתפוקות חדשניות. האינדקס עשוי לסייע בפיתוח מדיניות שתאפשר

<sup>86</sup> Jovanović, M., Savić, G., Cai, Y., & Levi-Jakšić, M. (2022). Towards a Triple Helix based efficiency index of innovation systems. *Scientometrics*, 127(5), 2577-2609.

למדינות קטנות עם משאבים מוגבלים להגיע לתוצאות טובות באמצעות ניצול יעיל יותר של המשאבים. האינדקס החדש משתמש בנתונים של Normative Control, Novelty Production ו-Wealth Generation למיפוי נקודות תורפה באקוסיסטם וזיהוי השיפורים הנדרשים ליצירת מערכת חדשנית ויעילה יותר.

במחקר נמצאו מספר גורמים שעשויים להשפיע על היעילות של מערכת הטריפל הליקס: יכולת נמוכה של הממשלה ביישום המדיניות; מדיניות חדשנות שאינה אפקטיבית ואינה מותאמת לדרישות; שיטות ניהול חלשות; חוסר ידע בניצול השקעות; הפסד פוטנציאל חדשנות שנגרם בשל מגבלות של הגורמים המעורבים בפעילויות המו"פ.

### Identification of emerging technology topics (ETTs) using BERT-based model and semantic analysis: a perspective of multiple-field characteristics of patented inventions (MFCOPs)<sup>87</sup>

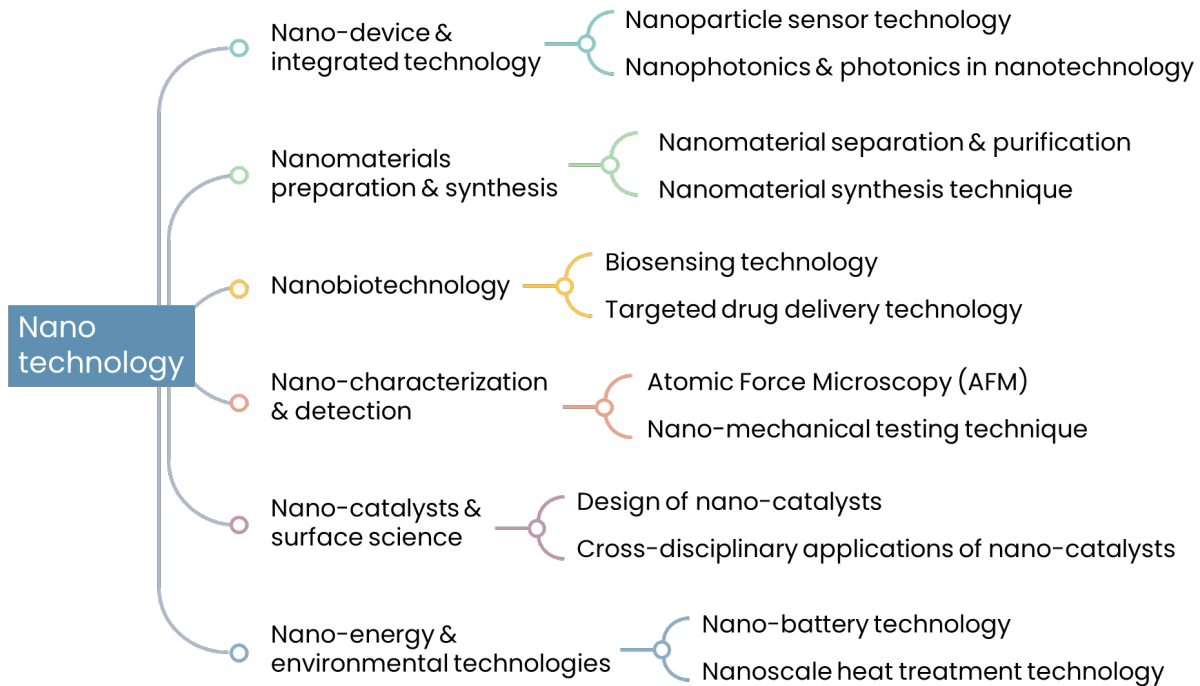
זיהוי וניטור מוקדם של טכנולוגיות מפציעות (emerging technology) מהווים כלי חיוני להקצאה יעילה של משאבים לאומיים ותפוקה מיטבית של מוסדות מחקר. מחברי המאמר מציעים מודל לזיהוי טכנולוגיות מפציעות המבוסס על קווי הדמיון של מאפיינים חדשניים. ראשית, המודל מחלץ מנתוני הפטנט את כותרת הפטנט, החידוש, השימוש הטכני והיתרון הטכני. לאחר מכן הוא בונה את ערכת מאפייני הרקע ואת המאפיינים החדשים לאורך ציר הזמן. אלגוריתם הלמידה העמוקה (deep learning) משמש לאימון מערך מאפייני הרקע, זיהוי מלא של המילים, הסמנטיקה, סדר המילים, המשפטים ומידע אחר שמופיע במאפיינים החדשניים.

באמצעות שילוב של למידה עמוקה וניתוח סמנטי, מודל זה מזהה שיטת חיזוי טכנולוגיות מתפתחות, המהווה השלמה חשובה לפרספקטיבה המחקרית של שיטות קיימות. בתהליך בחירת המאפיינים החדשניים, מחקר זה עושה שימוש מלא בפרטי הטקסט של הפטנטים ומאפשר לנצל את התוכן החבוי בתכנים.

תוצאות של הדגמת השיטה על תחומי הננוטכנולוגיה (איור 43) מראות שהמודל יכול לכתוב בצורה ברורה ובדיוק גבוה את המידע בנושא הטכנולוגיה החדשה ולתאר את התוכן הטכנולוגי המתפתח בו זמנית. בתהליך בדיקת התוצאות שהתקבלו נמצאה התאמה טובה עם תוכניות המו"פ של סין בנושאי ננוטכנולוגיה שפורסמו בשנת 2021.

<sup>87</sup> Song, B., Luan, C., & Liang, D. (2023). Identification of emerging technology topics (ETTs) using BERT-based model and semantic analysis: a perspective of multiple-field characteristics of patented inventions (MFCOPs). *Scientometrics*, 1-22.

## איור 43: נושאים טכנולוגיים מתפתחים בתחומי הננוטכנולוגיה



### Papers and patents are becoming less disruptive over time<sup>88</sup>

מחברי המאמר כותבים כי למרות הצמיחה האקספוננציאלית במספר הפרסומים המדעיים במהלך העשורים החולפים, מידת החידוש והמהפכניות (disruptiveness) של הפרסומים נמצאת בירידה. מגמה זו (יחד עם ממצאים דומים ממחקרים קודמים) עשויה להצביע על כך שמידת החדשנות המדעית ירדה בהשוואה לעבר, מה שעלול לגרום להאטה בצמיחה הכלכלית וההתקדמות בתחומים מאתגרים כמו בריאות האדם, רווחה, בטחון לאומי ושינויי אקלים.

החוקרים פיתחו מדד חדש בשם CD index שנועד להעריך את מידת ה-disruptiveness של פרסומים בתחומי המדע והטכנולוגיה. המחקר מבוסס על נתוני ציטוטים של 45 מיליון מאמרים ו-3.9 מיליון פטנטים - לאורך 60 שנה. במחקר נמצא כי ממוצע ה-CD index של פרסומים מדעיים ירד ב-90% בין השנים 1945 ו-2010; בפטנטים נרשמה ירידה של 78% בין השנים 1980 ל-2010; ירידה זו נמצאה בכל תחומי המחקר שנבדקו. החוקרים מייחסים את התופעה לשימוש מצומצם יותר בידע קודם מבחינת היקף המחקרים המצוטטים.

בניתוח טקסטואלי של הפרסומים נמצא כי בשנות ה-50 נעשה שימוש גבוה יותר בפעלים שמתארים יצירה או תגלית (כמו produce או determine), בעוד שבעשור של 2010 נעשה שימוש גדול יותר בפעלים שמתארים התקדמות אינקרמנטלית (כמו improve ו-enhance).

<sup>88</sup> Park, M., Leahey, E., & Funk, R. J. (2023). Papers and patents are becoming less disruptive over time. *Nature*, 613(7942), 138-144.

מאמר<sup>89</sup> נוסף שפורסם בנושא מציע הסברים לתופעה זו וקובע כי חלק מהירידה נובע מהשינויים במבנה האקוסיסטם המדעי; כיום חלק גדול מהמחקרים מתבצע ע"י צוותים גדולים שנוטים להתבטא בתפוקות מחקר אינקרמנטליות יותר<sup>90</sup>.

### Exploring the relationships between altmetric counts and citations of papers in different academic fields based on co-occurrence analysis<sup>91</sup>

אלטמטריקס (Altmetrics) הינה שיטה שמשמשת לבחון את האימפקט המדעי של מחקרים באמצעות מדידת הנראות ותשומת הלב שהמאמרים מקבלים ברשתות החברתיות, מעבר לסביבה האקדמית הקלאסית. מדדי אלטמטריקס נועדו להשלים את המטריקות הביבליומטריות המקובלות, ולא להחליף אותן. במהלך השנים נערכו מחקרים שונים שבחנו אם קיימת קורלציה בין מדדי אלטמטריקס לנתוני ציטוטים, אולם ברוב המקרים לא התקבלו תוצאות עקביות.

מדדי אלטמטריקס מתאפיינים במגבלות שמקשות על השימוש בהם לצרכי הערכה מדעית, למשל: ולידציה - אין סטנדרט לאימות של ספירת הנתונים; מורכבות הנובעת ממגוון רחב של מקורות מידע עם מנגנונים משתנים; הטרוגניות מבחינת המשמעות שניתן לייחס לשימוש ברפרנסים: לציטוט בויקיפדיה, אזכור בטוויטר או סימון במנדלי - ניתן לייחס משמעות שונה מבחינת האפקט האקדמי.

בעבודה זו, החוקרים בדקו את מידת ההתאמה בין המאמרים המצוטטים ביותר (highly-cited papers) למאמרים שזכו בנתוני אלטמטריקס גבוהים; מקורות האלטמטריקס שנבדקו כוללים: (1) רשתות חברתיות (Facebook, Google+, LinkedIn); (2) כלים לניהול מידע (Mendeley); (3) אתרים לשיתוף מידע (Pinterest, Syllabi, YouTube); (4) בלוגים; (5) מיקרו-בלוגים (Twitter, Weibo); (6) ויקיפדיה; (7) אתרי סקירה והמלצות (F1000, Peer review, ); (8) פורומים לתשובות ושאלות (QA); (9) אתרי חדשות; (10) מאגרים של מסמכי מדיניות; (11) אתרי פטנטים. המחקר סווג לחמישה תחומי מחקר שונים.

התוצאות מצביעות על כך שמבין 11 מקורות האלטמטריקס שנבדקו - לנתוני השימוש במנדלי (Mendeley) נמצאה ההתאמה הגבוהה ביותר עם נתוני ציטוטים; בשאר מקורות האלטמטריקס לא נמצאה התאמה למדדי ציטוטים, ולכן מחברי המאמר ממליצים שלא להשתמש בהם כאינדיקטורים בתהליכי הערכה אקדמית.

<sup>89</sup> Kozlov, M. (2023). 'Disruptive' science has declined-and no one knows why. *Nature*.

<sup>90</sup> Wu, L., Wang, D., & Evans, J. A. (2019). Large teams develop and small teams disrupt science and technology. *Nature*, 566(7744), 378-382.

<sup>91</sup> Liu, C., & Huang, M. H. (2022). Exploring the relationships between altmetric counts and citations of papers in different academic fields based on co-occurrence analysis. *Scientometrics*, 127(8), 4939-4958.

### Reputed Spanish chemist and one of world's most cited scientists, Rafael Luque, suspended without pay<sup>92</sup>

הסיפור המתואר במאמר חושף חלק מהתנאים הנלווים לתעשיית ה-affiliations שנוצרה כתוצאה מכך שאוניברסיטאות מסוימות (בערב הסעודית ומדינות אחרות) משקיעות הון ביצירת שת"פ עם טאלנטים אקדמיים לצורך הגדלת מספר הפרסומים והציטוטים שנספרים לטובתן ועשויים לשפר את המיקום בדירוגים הבינלאומיים.

באפריל 2023 פורסמה ידיעה כי חוקר הכימיה הספרדי Rafael Luque – שנחשב לאחד המדענים המצוטטים ביותר בתחומו, הושעה ללא תשלום מאוניברסיטת קורדובה לאחר 13 שנות הפעילות שלו במוסד. הסנקציות נגד החוקר שפירסם כ-700 מאמרים הוטלו לאחר שהמדען עבד כחוקר באוניברסיטאות נוספות בערב הסעודית ורוסיה.

Luque טוען שמהלך זה יוביל לכך שאוניברסיטת קורדובה תרד כ-300 מקומות בדירוג שנחאי היות ולדבריו, המיקום הנוכחי של האוניברסיטה הושג רק בזכות הפרסומים שלו.

הפרופסור הצטרף לאוניברסיטה הסעודית (King Saud) ב-2019, כעשור לאחר שהאוניברסיטאות הסעודיות החלו לערוך קמפיינים אגרסיביים למשיכה של המדענים המצוטטים ביותר בעולם. התנאי להצטרפות כלל שהייה של שבוע אחד בשנה בקמפוס הסעודי והוספה של המוסד הסעודי לשייך האקדמי שמופיע במאמרים – תמורת תשלום הולם.

Luque טוען שלא קיבל תשלום ישיר מהאוניברסיטאות בסעודיה ורוסיה, מלבד מענקים שהועברו למחקרים שלו והחזר עבור הוצאות הנסיעה.

### Gender differences in performance of top cited scientists by field and country<sup>93</sup>

מחקרים שבוחנים הבדלים מגדריים באקדמיה מדווחים בדרך כלל על שיעור נשים נמוך יותר ברוב הדיסציפלינות המדעיות, בכתיבת מאמרים, בקבלת מענקי מחקר ופרסים מדעיים, שכר נמוך יותר, התקדמות איטית יותר במסלול האקדמי לתפקידי ניהול, מסלול קריירה קצר יותר, ונוכחות נמוכה יותר בכתיבת מאמרים שמתפרסמים בעיתונים יוקרתיים<sup>96</sup>.

מחברי המאמר האוסטרלי ביצעו ניתוח מגדרי של תפוקות מחקר שנכתבו ע"י 94,000 מדענים מ-43 מדינות (המחקר בוצע על סמך נתוני Ioannidis<sup>94</sup>). החוקרים מצאו כי רק 15% מהחוקרים המצוטטים ביותר בעולם הן נשים, בעוד שבמחקרים קודמים<sup>95</sup> נמצא כי נשים מהוות כ-30% מכלל המחקרות בעולם (fractionalized authorships). שיעור הנשים בדרג

<sup>92</sup> C Krishnasai. (2023). Reputed Spanish chemist and one of world's most cited scientists, Rafael Luque, suspended without pay. wionews. [\[source\]](#)

<sup>93</sup> Chan, H. F., & Torgler, B. (2020). Gender differences in performance of top cited scientists by field and country. *Scientometrics*, 125(3), 2421-2447.

<sup>94</sup> Ioannidis, J. P., Baas, J., Klavans, R., & Boyack, K. W. (2019). A standardized citation metrics author database annotated for scientific field. *PLoS biology*, 17(8), e3000384.

<sup>95</sup> Larivière, V., Ni, C., Gingras, Y., Cronin, B., & Sugimoto, C. R. (2013). Bibliometrics: Global gender disparities in science. *Nature*, 504(7479), 211-213.

העליון של המדענים (top tier) משתנה משמעותית בין המדינות: החל מ-20.45% בפינלנד שמובילה בנתון זה, ועד ל-2.08% בערב הסעודית.

השוני בתוצאות מתבטא גם בתחומי המחקר שנבדקו: השיעור הגבוה ביותר של נשים נמצא בתחומים של בריאות הציבור (Public Health & Services) - 36.1%; תקשורת (Communication & Textual Studies) - 33.7%; פסיכולוגיה ומדעים קוגניטיביים - 27.5%; ומדעי החברה (23%).

שיעור נשים נמוך יותר נמצא בתחומים של מתמטיקה וסטטיסטיקה - 6.3%; הנדסה - 7.2%, פיזיקה ואסטרונומיה - 7.7%. למרות נציגות הנמוכה מבחינת שיעור הנשים, נמצא כי האימפקט של החוקרות המובילות ב-3 תחומים אלו היה גבוה יותר מזה של החוקרים (בניגוד לרוב תחומי המחקר האחרים).

בנוסף, נמצא כי להצלחה מדעית של נשים יש מתאם חיובי עם מדדי שוויון מגדרי והפעלת מדיניות להעדפה ומניעת הפליה של נשים: במדינות שמחויבות להגיונות ושוויון מגדרי ויש בהן יוזמות להפחתת הפליה כלפי נשים - נמצא שיעור גבוה יותר של נשים בקבוצת המדענים המובילים. כדי ליצור אקוסיסטם אקדמי מכיל ובריא - נדרשת מעורבות מלאה של נשים בתהליכים של קבלת החלטות ומנהיגות.

מאמר<sup>96</sup> מאוחר יותר בחן את ההבדלים המגדריים בין הזוכים ב-141 פרסי המחקר היוקרתיים ביותר בעולם והשינויים שחלו לאורך השנים 2001-2020. נמצא כי שיעור הנשים שקיבלו פרסי מחקר מובילים גדל מ-6% בשנים 2001-2005 ל-19% ב-2016-2020. במהלך השנים 2016-2020 נמצא כי בשליש מהפרסים כלל לא היו זכיות של נשים חוקרות, כולל שני פרסים שניתנים על שם נשים<sup>97</sup>. בפילוח גיאוגרפי - במהלך השנים 2001-2020 מספר הנשים הזוכות המקושרות למוסדות אקדמיים בארה"ב היה כפול ממספר הזוכות בשאר המדינות המפותחות.

מחברי המחקר ערכו השוואה בין תפוקות המחקר של החוקרות הזוכות לנתוני קבוצת הגברים שזכו ומצאו תוצאות דומות מבחינת ממוצע המאמרים לחוקר, ממוצע המחברים למאמר, גודל קבוצות המחקר, שיעור המאמרים בכתבי-העת המובילים, ממוצע ציטוטים למאמר ושיעור המאמרים שנכתבו בשת"פ בינלאומי. ההבדל העיקרי שנמצא בין הגברים והנשים שזכו בפרסים היה בנתוני הניידות האקדמית הבינלאומית (שיעור המחברים שעברו ממוסד אקדמי במדינה מסויימת למוסד במדינה אחרת); במחקר נמצא שרק 11% מהחוקרות שזכו בפרסים עברו למדינה אחרת, בהשוואה ל-15% בקבוצת הגברים; מחברי המאמר חישובו שלתוצאה זו השפעה סטטיסטית זניחה על מספר הפרסים של החוקרים המובילים.

בחינה מגדרית של נתוני הזוכים בפרס נובל מעלה כי רק 12% מהזוכים בפרס נובל (בתחומים של כימיה, כלכלה, פיזיולוגיה, רפואה ופיזיקה) לאורך 115 שנים (עד 2020) היו נשים; שיעור זה לא השתנה במהלך 2016-2020.

<sup>96</sup> Meho, L. I. (2021). The gender gap in highly prestigious international research awards, 2001–2020. *Quantitative Science Studies*, 2(3), 976–989.

<sup>97</sup> Maryam Mirzakhani Prize במתמטיקה ו-Queen Elizabeth Prize בהנדסה

במאמר<sup>98</sup> ישראלי שפורסם על בסיס נתונים של 663 פרופסורים מאוניברסיטת ת"א ואוניברסיטת בר-אילן נמצא כי 83% מהחוקרים שהוגדרו כ"מדענים מצליחים" (ע"י מבצעי המחקר) הם גברים. ההתפלגות השתנתה לפי תחומים – החל משיעור של 9.9% נשים בהנדסה ועד 37% נשים במדעי החברה.

### How do academic public administration and public policy researchers affect policymaking? Functional groupings from survey data<sup>99</sup>

האתגר בהערכת האימפקט הציבורי של חוקרי האקדמיה נובע מכך שבתחומים הקשורים למדעי החברה קיים קושי לאמוד את העברת הידע משום שבדרך כלל התוצאות לא מתבטאות בנתונים שאפשר לכמת (כמו רישום פטנטים או הקמת סטארטאפים).

מחקר שפורסם ע"י צוות מחברים מארה"ב בחן את המנגנונים בהם חוקרי מדיניות מהאקדמיה משפיעים בפועל על המדיניות הציבורית, ואלו גורמים קובעים את מידת האימפקט של פעילותם. המחקר התבצע באמצעות סקר שכלל 409 חוקרים שהשתתפו בכתיבת מאמרים שהתפרסמו בכתבי-עת שעוסקים בנושאי מינהל ציבורי ומדיניות. נבדקו 16 מנגנוני השפעה שונים שהחוקרים התבקשו לדרג, וזוהו 4 ערוצי השפעה עיקריים [impact channels]:

- 1- מחקר [research uptake] < קובעי מדיניות משתמשים בתוצאות של מחקרים אקדמיים
- 2- הוראה [teaching] < חוקרים משפיעים על קובעי המדיניות באמצעות חינוך או הכשרה
- 3- תקשורת [media] < הופעות בערוצי המדיה וסיקור תקשורתי
- 4- ייעוץ [advice] < חוקרים מספקים יעוץ ישיר לקובעי המדיניות (בתשלום או בהתנדבות)

דוגמאות לערוצי השפעה נוספים שנבדקו במחקר:

- תפקיד זמני ברשות ממשלתית
  - פעילות במסגרת ארגונים מקצועיים שעוסקים במינהל ציבורי ומדיניות
  - מכתבי דעה שמתפרסמים בעיתונות
  - בחירה לתפקיד פוליטי
  - פעילות ברשתות החברתיות
- גורמים דמוגרפיים ומקצועיים שעשויים להשפיע על היקף הפעילות והאימפקט הציבורי של חוקרים באקדמיה כוללים גיל, מגדר, לאום, ותק אקדמי ודירוג מקצועי, תחום המחקר,

<sup>98</sup> Weinberger, M., & Zhitomirsky-Geffet, M. (2021). Diversity of success: measuring the scholarly performance diversity of tenured professors in the Israeli academia. *Scientometrics*, 126, 2931-2970.

<sup>99</sup> Nelson, J. P., Bozeman, B., Bretschneider, S., & Lindsay, S. L. (2023). How do academic public administration and public policy researchers affect policymaking? Functional groupings from survey data. *Scientometrics*, 1-29.



פרודוקטיביות מדעית, קשרים מקצועיים, מקורות מימון, גודל קבוצת המחקר, מנהיגות אקדמית. בדומה למחקרים קודמים, נמצא קשר ישיר בין המוניטין האקדמי של האוניברסיטה בה עובד החוקר - להישגי האימפקט החברתי שלו.

### How do academic public administration and public policy researchers affect policymaking? Functional groupings from survey data<sup>100</sup>

ChatGPT זכה לתשומת לב נרחבת מאז השקתו בנובמבר 2022 – כשטכנולוגיות הבינה המלאכותיות הפכו נגישות לקהל הרחב. מהלך זה הוביל לכך שחוקרים ברחבי העולם פיתחו מגוון רחב של שימושים יצירתיים בצ'אט לתחומי מדע שונים, כולל אנליזות ביבליומטריות, כמו למשל מחקר<sup>101</sup> שבחן שימוש בצ'אט לצורך חיזוי נתוני ציטוטים.

מטרת המאמר לבדוק האם ניתן לזהות חוקרים מובילים באמצעות שימוש ב-ChatGPT. לצורך ביצוע הניסוי – חוקר מוביל הוגדר כמונח סובייקטיבי המתאר איש אקדמיה שהגיע לדרגה בכירה, עם רקורד מחקר סביר וכמות משמעותית של פרסומים מצוטטים. תהליך הבדיקה כלל השוואה של התוצאות שמתקבלות בצ'אט לעומת דירוג החוקרים לפי ניתוח ביבליומטרי שמבוסס על נתוני פרסומים מדעיים. תוצאות ההשוואה מצביעות על כך שבשני שלישי מהמקרים שנבדקו לא נמצאה התאמה בין התוצאות, ולכן מחבר המאמר הגיע למסקנה שגירסת הצ'אט שנבדקה (GPT-3.5) עדיין לא בשלה לשמש כמקור אמין לזיהוי חוקרים מובילים.

תוצאות אלו מתחברות למחקרים<sup>102, 103</sup> מקבילים שפורסמו במהלך שנת 2023 ובדקו את המהימנות של הצ'אט ככלי לביצוע אנליזות ביבליומטריות; במאמרים אלו נמצאו פערים משמעותיים בין הנתונים שהתקבלו בצ'אט לתוצאות שהתקבלו באמצעות שימוש במתודולוגיות הביבליומטריות המקובלות לניתוח פרסומים מדעיים, ולכן מחברי המאמרים מזהירים וקובעים שבשלב הנוכחי לא ניתן לסמוך על ה-ChatGPT ככלי לניתוח ביבליומטרי.

<sup>100</sup> Sandnes, F. E. (2023). Can we identify prominent scholars using ChatGPT?. *Scientometrics*, 1-6.

<sup>101</sup> de Winter, J. (2023). Transforming Scientometric Analysis with GPT-4: A Study on Predicting Citations, Readership, and Social Media Interaction.

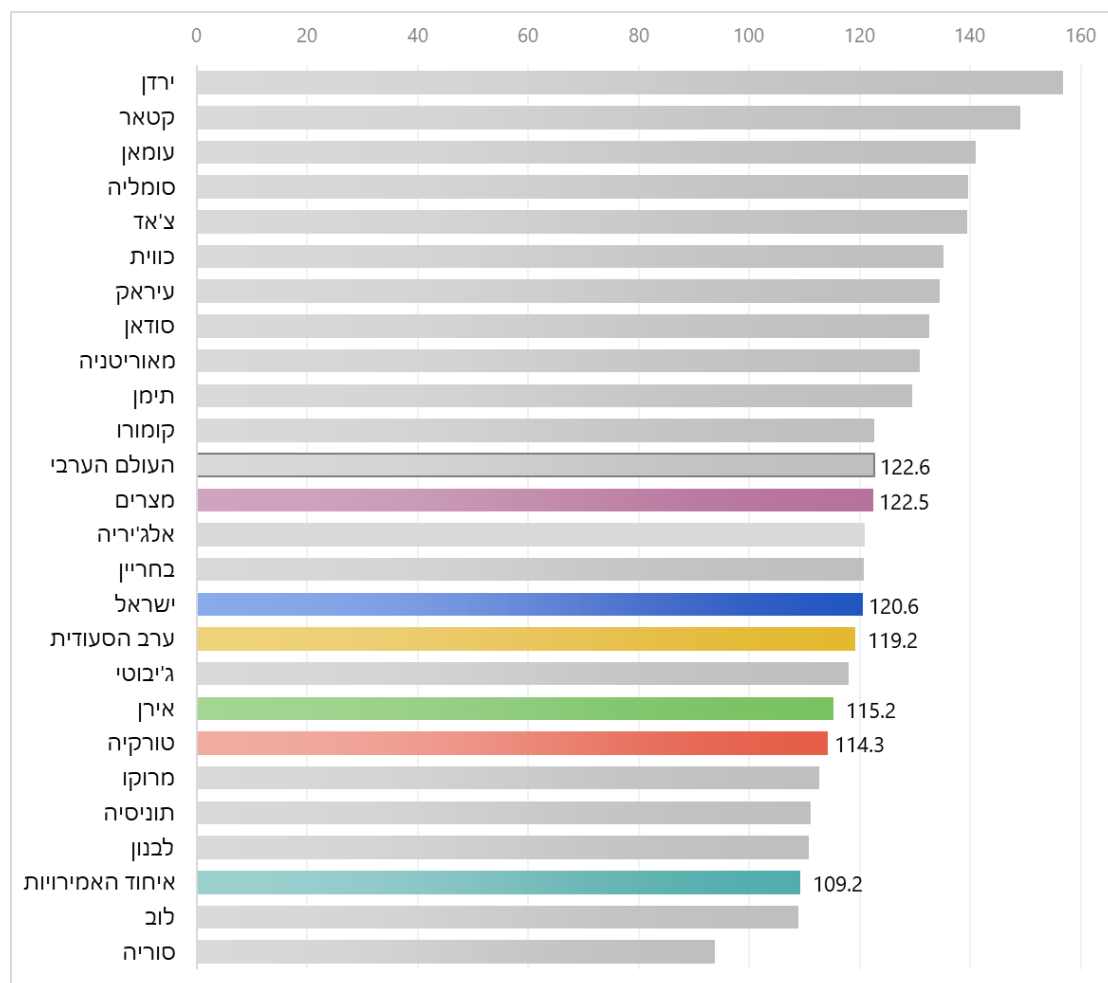
<sup>102</sup> Farhat, F., Silva, E. S., Hassani, H., Madsen, D. Ø., Sohail, S. S., Himeur, Y., ... & Zafar, A. (2023). Analyzing the scholarly footprint of ChatGPT: Mapping the progress and identifying future trends.

<sup>103</sup> Farhat, F., Sohail, S. S., & Madsen, D. Ø. (2023). How trustworthy is ChatGPT? The case of bibliometric analyses. *Cogent Engineering*, 10(1), 2222988.

## נספח: ישראל ומדינות המזה"ת - נתונים דמוגרפיים וכלכליים<sup>104</sup>

בהשוואת הנתונים הדמוגרפיים ניתן לראות כי בין 2011 ל-2021 אוכלוסיית ישראל גדלה ב-20.6%; אוכלוסיית אירן ב-15.2%; אוכלוסיית טורקיה ב-14.3%; העולם הערבי צמח ב-22.6% (איור 44).

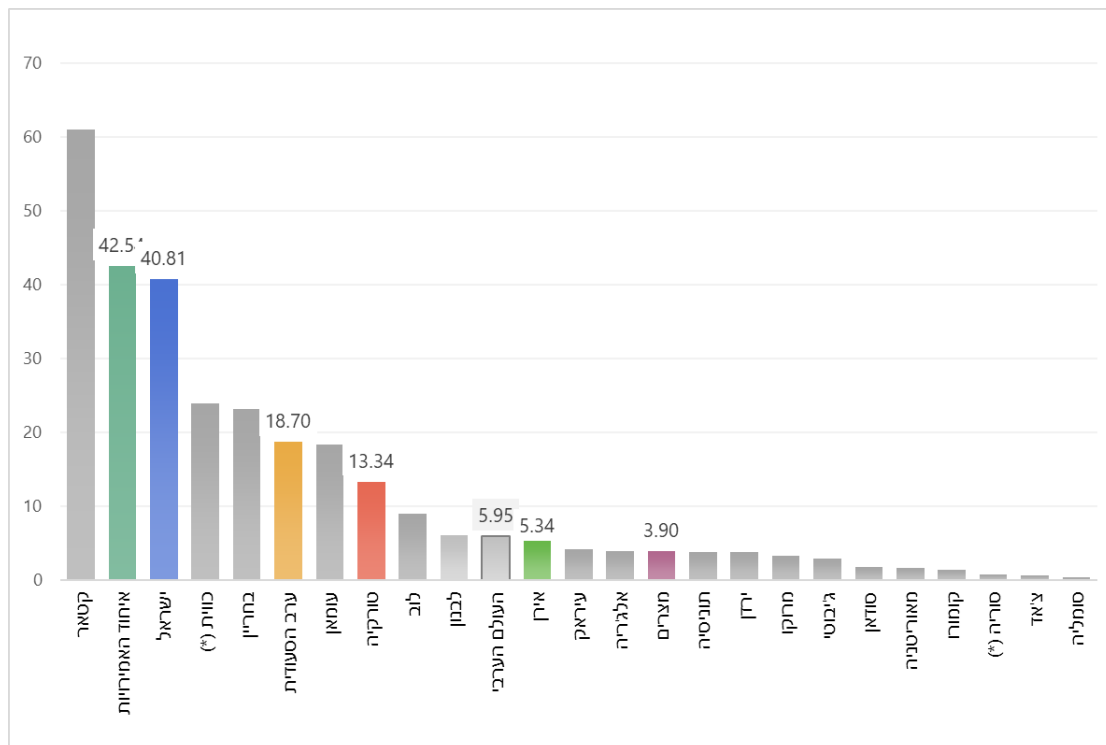
איור 44: השינוי בגודל האוכלוסיה 2011-2021 (100=2011)



תמ"ג לנפש בישראל הינו השלישי בגודלו במזרח התיכון, והגדול ביותר בקרב המדינות שכלכלתן אינה מבוססת על מכירת משאבי טבע. תמ"ג לנפש של המדינה הבאה מסוג זה (טורקיה) מהווה כשליש מהתמ"ג של ישראל (איור 45).

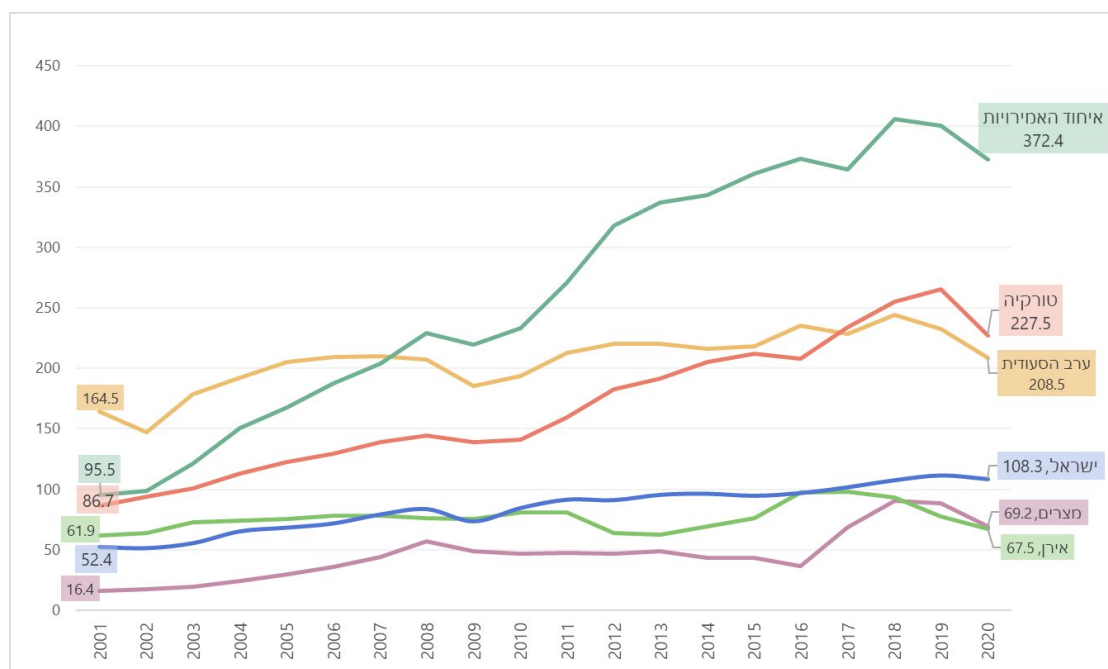
<sup>104</sup> תודה לאיליה זטקובצקי על תרומתו להכנת הנתונים המופיעים בנספח

איור 45: תמ"ג לנפש 2021 [אלפי \$ קבועים ל-2015]



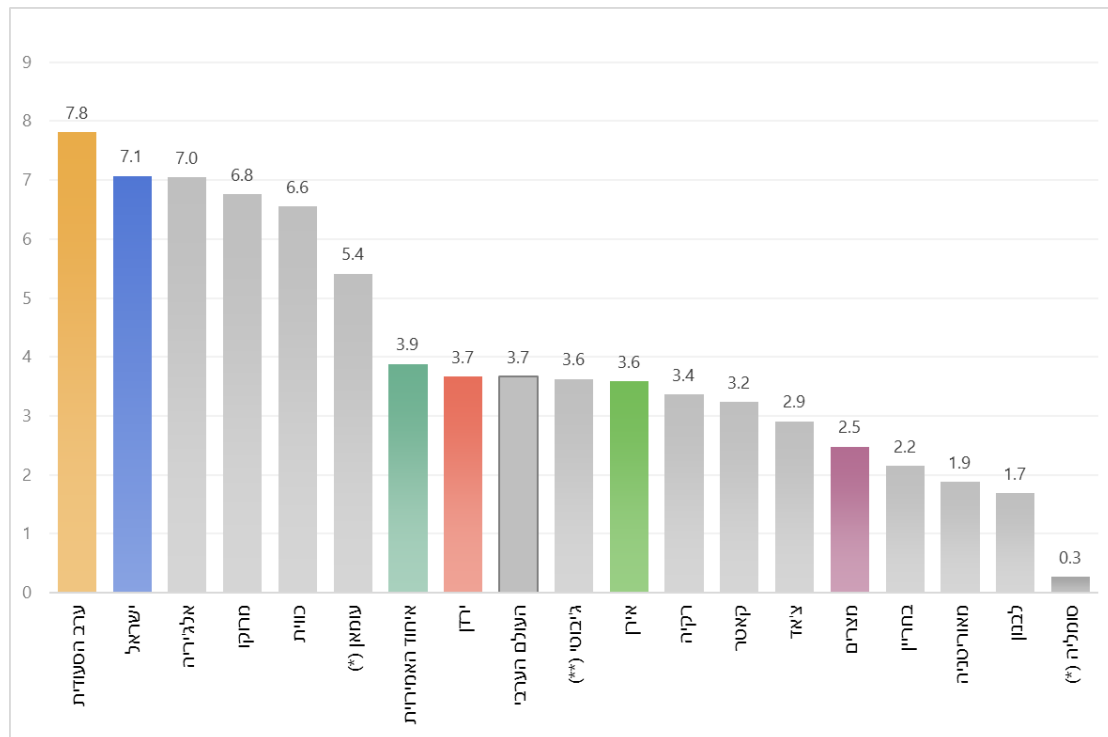
בהשוואת נתוני היצוא ניתן לראות כי רק 3 מדינות (איחוד האמירויות, טורקיה וישראל) הציגו עליה קבועה ביצוא. שתיים מהן - טורקיה וישראל - אינן יצואניות נפט. בשנת 2001 היצוא של טורקיה ואיחוד האמירויות היה גבוה משמעותי מזה שישראל, ובעשרים השנים הבאות הן הגדילו את הפער (איור 46).

איור 46: יצוא במיליארד דולר



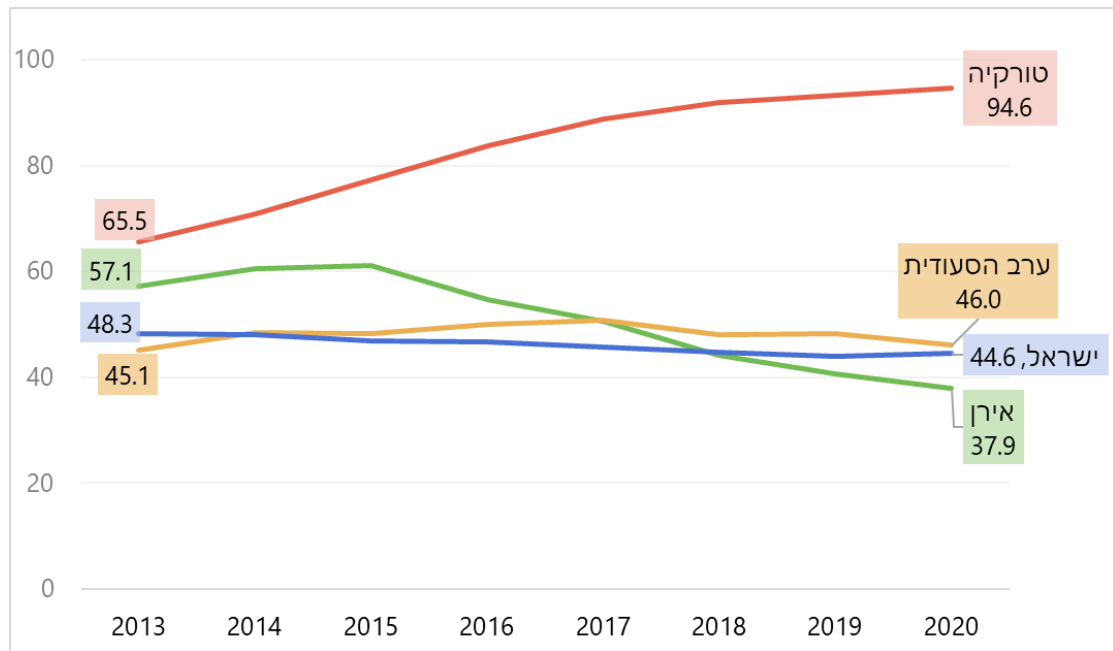
ההשקעות של ערב הסעודית בחינוך גבוהות לא רק בקרב מדינות מזה"ת, אלא גם יחסית למדינות ה-OECD. ישראל ומרוקו (מקומות שני ושלישי) הן שתי המדינות היחידות בעשיריה הראשונה שכלכלתן אינה מבוססת על יצוא נפט (איור 47).

איור 47: הוצאות ממשלתיות על חינוך כאחוז מהתמ"ג, 2020



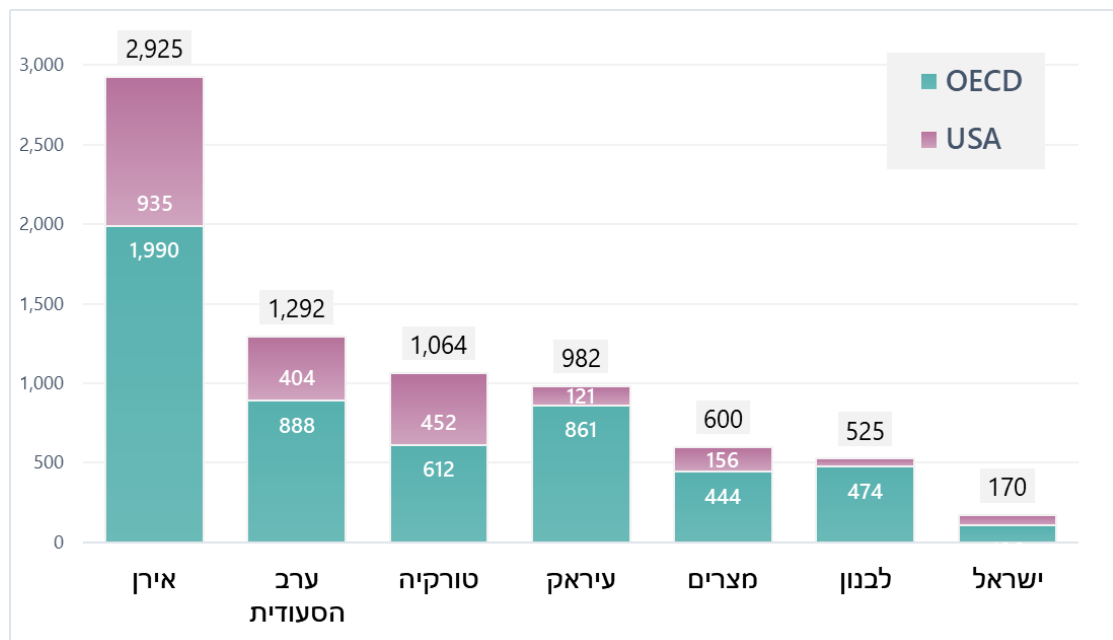
טורקיה, ערב הסעודית, ישראל ואירן הן מדינות המזה"ת עם מספר הסטודנטים הגבוה ביותר לאלף איש. בין המדינות האלה, רק טורקיה מציגה מגמה של עליה קבועה ומהירה במספר הסטודנטים לאלף איש. בערב הסעודית מדד זה נשאר יציב, בישראל נמדדת ירידה קלה, באירן – ירידה מהירה (איור 48).

איור 48: מספר הסטודנטים ל-1,000 איש 2020



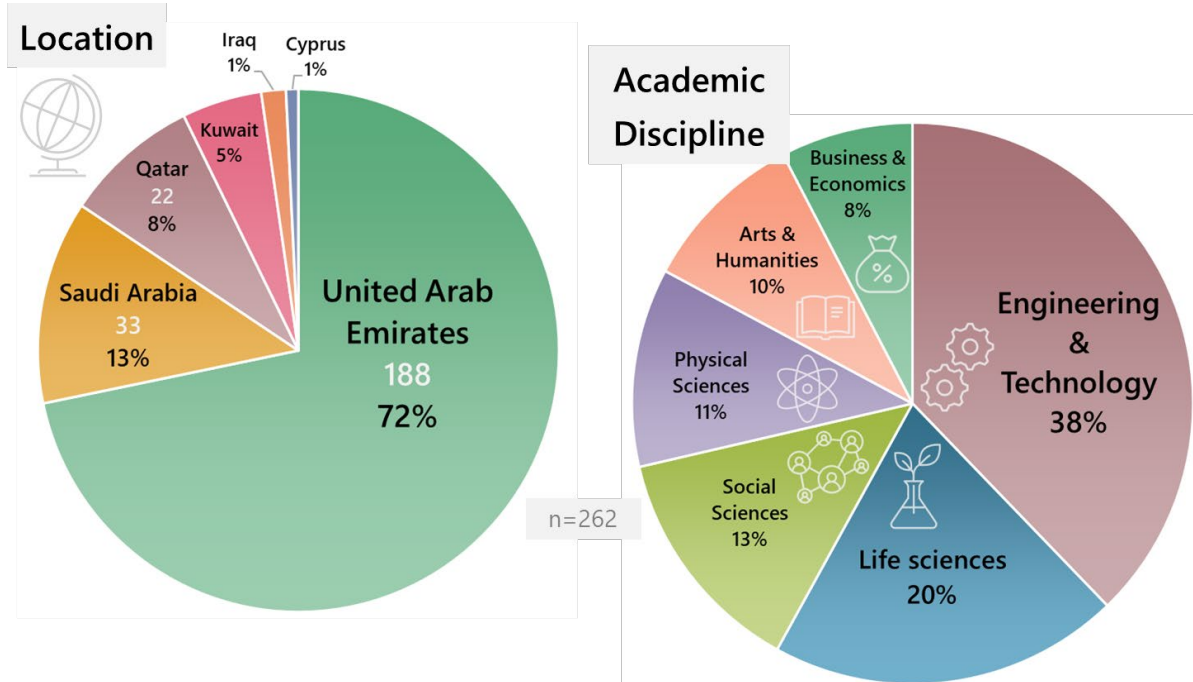
אירן וערב הסעודית הן המדינות ש"מספקות" הכי הרבה דוקטורנטים למדינות המערב. ישראל מדורגת אחרי המדינות האלה וגם אחרי טורקיה ולבנון - לא רק במספר האבסולוטי של הדוקטורנטים, אלא גם במספר למיליון איש (איור 49).

איור 49: סטודנטים לתואר שלישי הלומדים בארה"ב ובמדינות OECD אחרות, 2018



באתר של Times Higher Education<sup>105</sup> ניתן למצוא הצעות למישרות אקדמיות בפילוח לפי תחומי מחקר ומיקום גיאוגרפי. ניתוח נתוני המישרות המוצעות במזרח התיכון נמצא ש-72% מהמישרות האקדמיות המוצעות במדינות המזה"ת ממוקמות באבו-דאבי / איחוד האמירויות. 69% מהמישרות האקדמיות הן בתחומים של הנדסה, מדעי החיים ומדעי הטבע (איור 50).

איור 50: Academic Posts jobs באיזור המזרח התיכון





neaman.org.il

מוסד שמואל נאמן למחקר מדיניות לאומית | קרית הטכניון,  
חיפה 3200003 | טל. 04-8292329 | info@neaman.org.il

מדע וטכנולוגיה