



## מדע וטכנולוגיה

# בינה מלאכותית, מדעי הנתונים ורובוטיקה חכמה סקר חברות

ד"ר דפנה גץ  
אושרת כץ שחם  
רינת קליין  
ד"ר רועי צזנה  
שלמה רוזנברג  
אבידע שהם  
אלה ברזני  
ד"ר ערן לק  
סימה ציפרפל

סביבה  
ואנרגיה

תכנון  
ארוך טווח

תעשייה  
וחדשנות

תשתיות  
פיזיות

בריאות

הון  
אנושי

השכלה  
גבוהה

חברה

חינוך

כלכלה

מוגש למועצה הלאומית למחקר ופיתוח  
במשרד המדע והטכנולוגיה

---

# בינה מלאכותית, מדעי הנתונים ורובוטיקה חכמה

## סקר חברות

---

חוקרים:

ד"ר דפנה גץ

אושרת כץ שחם, רינת קליין, ד"ר רועי צזנה, שלמה רוזנברג, אבידע שהם,  
אלה ברזני, ד"ר ערן לק, סימה ציפרפל

דצמבר, 2018

המועצה הלאומית למחקר ולפיתוח (המולמו"פ) פועלת לפי חוק המולמו"פ, התשס"ג, 2002 - המטיל עליה לייעץ לממשלה בגיבוש מדיניות המולמו"פ ברמה הלאומית.

המולמו"פ ביקשה לבחון את הפעילות בתחומי בינה מלאכותית, מדעי נתונים ורובוטיקה חכמה מתוך הבנה כי תחומים אלו התפתחו במדינת ישראל ובעולם כולו באופן ניכר בשנים האחרונות. ממשלת ישראל מעוניינת להאיץ את הפיתוח בתחומים האלו, ורואה פוטנציאל משמעותי לכלכלת וביטחון ישראל ולרווחת החברה הישראלית ע"י הפניית משאבים לנושאים אלו.

מוסד שמואל נאמן למחקרי מדיניות לאומית זכה במכרז שפורסם על ידי המולמו"פ במטרה לגבש תמונת מצב עדכנית ומלאה אודות הפעילות הנעשית כיום, באקדמיה ובתעשייה בתחומי בינה מלאכותית, מדעי נתונים ורובוטיקה חכמה. כמו כן, התבקש מוסד שמואל נאמן לבחון את האפשרויות לקדם תחומים אלו, בדומה לפעילויות במדינות מתקדמות רבות בעולם.

הפרסומים שיצאו עד כה במסגרת פרויקט זה:

בינה מלאכותית, מדעי הנתונים ורובוטיקה חכמה- [דו"ח ראשון](#)

בינה מלאכותית, מדעי הנתונים ורובוטיקה חכמה- [תקציר דו"ח ראשון](#)

Artificial Intelligence, Data Science, and Smart Robotics- [First report summary](#)

## תודות

צוות הפרויקט רוצה להודות למר דניאל זינגר מ-StartupHub.ai ([/https://startuphub.ai](https://startuphub.ai)) על עזרתו בסקר זה.

Startuphub.ai is the authority of data for Israel's burgeoning ecosystem of startups, corporations and engineers building Artificial Intelligence technologies. Trusted by the world's leading decision makers and technology pioneers, Startuphub.ai is home to the most accurate data on Israel's Artificial Intelligence ecosystem.

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

## תוכן עניינים

|         |                       |
|---------|-----------------------|
| 5.....  | תקציר מנהלים          |
| 8.....  | הקדמה                 |
| 9.....  | ניתוח הממצאים         |
| 27..... | ריכוז הערות המשיבים   |
| 32..... | מתודולוגיה            |
| 34..... | אפיון אוכלוסיית המחקר |

## רשימת איורים

|         |                                                                                                                                          |
|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 9.....  | איור 1: התפלגות המשיבים על פי גודל החברה                                                                                                 |
| 10..... | איור 2: התפלגות אוכלוסיית המשיבים על פי הסקטור בו פועלת החברה                                                                            |
| 11..... | איור 3: התפלגות אוכלוסיית המשיבים על פי תחום פעילות החברה                                                                                |
| 13..... | איור 4: פרופיל העובדים בחברות במדגם בתחומי הבינה המלאכותית, מדעי הנתונים והרובוטיקה החכמה ברמות הכשרה שונות                              |
| 14..... | איור 5: שיעור העובדים בתחומי בינה מלאכותית, מדעי הנתונים ורובוטיקה חכמה בחברות שבמדגם ברמות הכשרה שונות על פי סקטורים מובילים            |
| 15..... | איור 6: פרופיל העובדים החסרים בחברות במדגם בתחומי הבינה המלאכותית, מדעי הנתונים והרובוטיקה החכמה ברמות הכשרה שונות                       |
| 16..... | איור 7: שיעור העובדים החסרים בתחומי הבינה המלאכותית, מדעי הנתונים והרובוטיקה החכמה בחברות שבמדגם ברמות הכשרה שונות על פי סקטורים מובילים |
| 18..... | איור 8: סוגי התארים/ההכשרות אצל עובדים המתמחים במחקר ופיתוח                                                                              |
| 19..... | איור 9: ממוצע רמת הקושי בגיוס עובדי מחקר ופיתוח                                                                                          |
| 21..... | איור 11: רמת ההתאמה של מסלול תואר ראשון לתחומי הבינה המלאכותית, מדעי הנתונים והרובוטיקה החכמה                                            |
| 23..... | איור 12: סוגי הטכנולוגיות בהן יש לישראל את היכולת להוביל בתחומי הבינה המלאכותית, מדעי הנתונים והרובוטיקה החכמה                           |
| 25..... | איור 13: האמצעים הנדרשים לקידום תחומי הבינה המלאכותית, מדעי הנתונים והרובוטיקה החכמה                                                     |
| 26..... | איור 14: מדיניות ישראל לגבי הסטנדרטים בנושאי סודיות ושקיפות                                                                              |
| 34..... | איור 15: התפלגות אוכלוסיית המחקר על פי הסקטור, חברות ישראליות וחברות MNC                                                                 |
| 35..... | איור 16: התפלגות אוכלוסיית המחקר על פי שלב המימון בו נמצאת החברה                                                                         |
| 35..... | איור 17: התפלגות מספר חברות לפי גודל החברה (אוכלוסיית המחקר)                                                                             |

## רשימת טבלאות

- טבלה 1: התפלגות תחומי הפעילות בתוך הסקטורים הנבחרים (מספר משיבים/אחוז מתוך סקטור)  
12.....
- טבלה 2: מספר העובדים בתחומי הבינה המלאכותית, מדעי הנתונים והרובוטיקה החכמה בחברות שבמדגם לפי סקטורים נבחרים.....  
13.....
- טבלה 3: מספר העובדים חסרים בתחומי הבינה המלאכותית, מדעי הנתונים והרובוטיקה החכמה בחברות שבמדגם לפי סקטורים נבחרים.....  
15.....
- טבלה 4: מספר העובדים הקיים והנדרש לפי רמות השכלה.....  
17.....
- טבלה 5: רמת החשיבות של סוגי התארים/ההכשרות אצל עובדים המתמחים במחקר ופיתוח.....  
17.....
- טבלה 6: רמת הקושי בגיוס עובדי מחקר ופיתוח בתחומי בינה מלאכותית, מדעי הנתונים ורובוטיקה חכמה.....  
18.....
- טבלה 7: רמת ההתאמה של מסלול לתואר ראשון לתחומי הבינה המלאכותית, מדעי הנתונים והרובוטיקה החכמה.....  
21.....
- טבלה 8: סוגי הטכנולוגיות בהן יש לישראל את היכולת להוביל בתחומי הבינה המלאכותית, מדעי הנתונים והרובוטיקה החכמה.....  
22.....
- טבלה 9: האמצעים נדרשים לקידום את תחומי הבינה המלאכותית, מדעי הנתונים והרובוטיקה החכמה.....  
24.....

## תקציר מנהלים

### » מטרת הסקר, האוכלוסייה והמדגם

מטרות הסקר היו:

1. לתקף חלק מהתובנות שעלו בשלב ראיונות העומק עם כ-60 מומחים שבוצעו בשלב הראשון של המחקר בנושאי הון אנושי, השכלה והכשרה.
  2. לענות על שאלות נוספות:
    - מהן הטכנולוגיות בהן יש למדינת ישראל יכולת להוביל בתחומי הבינה המלאכותית, מדעי הנתונים והרובוטיקה החכמה.
    - מהם האמצעים הנדרשים לקידום תחומי הבינה המלאכותית, מדעי הנתונים והרובוטיקה החכמה בישראל.
    - מהי המדיניות הנדרשת בנושא של אימוץ סטנדרטים בינלאומיים בנושאי סודיות ושקיפות.
- השאלון נוסח על ידי צוות המחקר בסיועו של ד"ר ניל נמיר, מרכז הועדה הלאומית לקשרי אקדמיה-תעשייה במולמו"פ.
- סה"כ נשלחו 753 שאלונים למנהלים ועובדים בכירים מ-655 חברות העוסקות בתחומי הבינה המלאכותית, מדעי הנתונים והרובוטיקה החכמה.
- בסיס הנתונים של המחקר כלל מענה של 176 עובדים ומנהלים מתוך 160 חברות, שני יועצים ומעבדת מחקר אקדמית<sup>1</sup>, העוסקים בתחומי בינה מלאכותית, מדעי נתונים ורובוטיקה חכמה.
- שיעור המענה לסקר עמד על 23% מתוך סך הנסקרים ו-25% מתוך סך החברות שנכללו באוכלוסיית המחקר. קבוצת החברות במדגם מייצגת את כלל החברות באוכלוסיית המחקר.

### » המשיבים והחברות בהן הם עובדים

כמחצית מהמשיבים (47%) עובדים בחברות בגודל של 11-50 עובדים. 23% מהמשיבים עובדים בחברות שבהן עד 10 עובדים, ושיעור דומה (21%) בחברות שבהן 51-200 עובדים.

מתוך כלל החברות המשיבות עבורן קיים סקטור פעילות<sup>2</sup>, 13% הינן חברות רב לאומיות. מרבית החברות הרב לאומיות פועלות בסקטורים Enterprise Solutions, Industrial Technologies ו-Mobile and Telecom Technologies. שיעור המענה הגבוה ביותר של חברות ישראליות הוא בסקטורים Security and Safety Technologies ו-Software Applications. לעומתן, שיעור המענה הגבוה ביותר של חברות ישראליות הוא בסקטורים Security and Safety Technologies ו-Software Applications.

המשיבים דווחו שבכלל החברות שבמדגם ישנם 2,414 עובדים בתחומי הבינה המלאכותית, מדעי הנתונים והרובוטיקה החכמה. כמחצית מהעובדים בתחומים אלו בחברות המשיבים לסקר (47%, 1,152 עובדים) הינם עובדים בעלי תארים מתקדמים (תואר שני ותואר שלישי). כ-29% הם בעלי תואר ראשון, והיתר (כ-24%) הם חסרי תואר. מספר העובדים הגדול ביותר שדווח הוא בחברות בסקטור Software Applications (490 עובדים), ואחריו בסקטורים Security and Safety Technologies (414 עובדים) ו-Industrial Technologies (306 עובדים).

<sup>1</sup> Marine Imaging Lab Haifa, בי"ס למדעי הים, אוניברסיטת חיפה

<sup>2</sup> מתוך כלל החברות המשיבות, ל-159 חברות קיים סקטור פעילות.

יש לציין ששיעור העובדים בעלי התארים המתקדמים בחברות בינה מלאכותית, מדעי הנתונים ורובוטיקה חכמה, העומד על 47% מכלל העובדים בתחום (כולל עובדים ללא תואר), גבוה באופן חריג בהתייחס לכך שכמות בוגרי תואר שני ושלישי מהאוניברסיטאות והמכללות במדע והנדסה עמדה בשנת הלימודים תשע"ו (2015-2016) על כ-24% בלבד מכלל הבוגרים במדע והנדסה.

המשיבים דיווחו שחסרים בחברות שבמדגם 1,622 עובדים בתחומי הבינה המלאכותית, מדעי הנתונים והרובוטיקה החכמה. כמחצית מהמחסור (52%, 846 עובדים) הינו בעובדים בעלי תארים מתקדמים (תואר שני ותואר שלישי), ומעל שליש ממנו (כ-36%, 584 עובדים) בעובדים בעלי תואר ראשון. דווח על מחסור נמוך יחסית בעובדים חסרי תואר. מספר העובדים החסרים הגדול ביותר שדווח הוא בחברות בסקטור ה-Software Applications (300 עובדים), ואחריו בסקטורים Security and Safety Technologies (296 עובדים) ו-Industrial Technologies (216 עובדים).

### » אומדן עובדים בישראל בתחומי הבינה המלאכותית, מדעי הנתונים והרובוטיקה החכמה בישראל

לפי האומדן ישנם היום כ-9,000 עובדים בתחומי הבינה המלאכותית, מדעי הנתונים והרובוטיקה החכמה בישראל, מתוכם כ-4,100 עובדים בעלי תארים מתקדמים.

לפי האומדן חסרים היום כ-5,800 עובדים בתחומים האלו, מתוכם כ-2,900 עובדים בעלי תארים מתקדמים.

### » חשיבות רמת ההכשרה וקושי בגיוס עובדים לפי רמת ההכשרה

ההכשרות בעלות החשיבות הגבוהה ביותר לעובדים בתחומי הבינה המלאכותית, מדעי הנתונים והרובוטיקה החכמה הן תואר מחקרי (תואר שלישי או תואר שני עם תזה) ותואר לא מחקרי (תואר ראשון או תואר שני בלי תזה). קורסים מקוונים, הכשרות מקצועיות לא אקדמיות ותואר ממכללה אקדמית קיבלו ציונים נמוכים מבחינת חשיבותם לסוג ההכשרה.

קיים קושי בגיוס עובדים בכל סוגי ההכשרה ברמה בינונית ומעלה, כאשר הקושי הגדול ביותר הוא בגיוס עובדים בעלי תואר מחקרי (תואר שלישי או תואר שני עם תזה) ובגיוס של עובדים יוצאי יחידות טכנולוגיות בצבא. בנוסף, כרבע מהמשיבים ציינו כי הם לא מחפשים כלל עובדים שעברו קורסים מקוונים (28%), הכשרות מקצועיות לא אקדמיות (24%) או בעלי תארים ממכללות אקדמיות (22%).

קיים הבדל בקושי בגיוס עובדים בין חברות בשלבי מימון ראשוניים לחברות רווחיות, מבוססות או ציבוריות. גם חברות בשלבי מימון התחלתיים וגם חברות בשלבי מימון מתקדמים וחברות ציבוריות מתקשות לגייס עובדים בעלי תואר מחקרי. חברות בשלבי מימון מתקדמים וחברות ציבוריות מתקשות לגייס עובדים בעלי תואר שאינו מחקרי יותר מאשר עובדים יוצאי יחידות טכנולוגיות צבאיות, בוגרי קורסים מקוונים, הכשרות מקצועיות או בוגרי מכללות. חברות בשלבי מימון התחלתיים מתקשות במידה רבה לגייס גם עובדים בעלי תואר שאינו מחקרי וגם יוצאי יחידות טכנולוגיות צבאיות, בוגרי קורסים מקוונים ובוגרי מכללות.

### » מידת התאמת מסלולי ההכשרה לתחומי הבינה המלאכותית, מדעי הנתונים והרובוטיקה החכמה

מסלולי תואר ראשון בתחומים של מתמטיקה, מסלול ייעודי ב-Data Science, הנדסת תוכנה והנדסת מחשבים הינם המתאימים ביותר לעוסקים בתחומים אלו. לעומתם, הנדסת מכונות צוין

כתחום הפחות מתאים. תחומים נוספים שצוינו כחשובים להכשרה בתואר הראשון הינם פסיכולוגיה, מדעי המוח, הנדסת מערכות, ביולוגיה ומדעי החיים.

### » **טכנולוגיות בהן יש למדינת ישראל יכולת להוביל בתחומי הבינה המלאכותית, מדעי הנתונים והרובוטיקה החכמה**

סוגי הטכנולוגיות המובילות בהן יש לישראל את היכולת להוביל הן **אבטחת סייבר** וכן **עיבוד תמונה ו/או ראייה ממוחשבת**. בנוסף, המשיבים הזכירו סוגים נוספים של טכנולוגיות שסווגו כבעלי יכולת להוביל במידה רבה או רבה מאוד, ביניהם: עיבוד שפה טבעית, צילום חישובי, ניתוח מאגרי מידע רפואיים אלקטרוניים, מערכות המלצה (Recommendation Systems), Sentiment analysis, ניתוח וחיזוי תקלות ואיומים, זיהוי פשיעה פיננסית, עיבוד שפות ושפות שמיות, נהג אוטומטי, טכנולוגיות צבאיות ואבטחה, למידת חיזוקים בהקשר ללהקות גדולות של רובוטים, Deep Learning, Machine Learning & Cognitive Analytics, חיזוי ומניעה של תקלות בתהליכי ייצור, IoT, Verification.

### » **האמצעים הנדרשים לקידום תחומי הבינה המלאכותית, מדעי הנתונים והרובוטיקה החכמה בישראל**

האמצעים שצוינו כמובילים ביכולתם לקדם את תחומי הבינה המלאכותית, מדעי הנתונים והרובוטיקה החכמה בישראל **מתמקדים בקשרי אקדמיה-תעשייה**. האמצעים המובילים הם: חיזוק המחלקות הקיימות באוניברסיטאות, הקמת מכוני מחקר/מרכזי ידע במוסדות האקדמיים, מענקי מחקר עבור פרויקטים משותפים לתעשייה ולאקדמיה, הכשרת תלמידי תיכון בנושאים אלו וייעול תהליך העברת IP בין האקדמיה לתעשייה.

### » **אימוץ סטנדרטים בינלאומיים בנושאי סודיות ושקיפות**

כשני שלישי (63%) מהמשיבים לסקר מאמינים **שמדינת ישראל צריכה לפעול על-פי סטנדרטים בינלאומיים בנושאי סודיות ושקיפות בתחומי הבינה המלאכותית ולא לקבוע סטנדרטים משלה בנושאים אלו**.

## הקדמה

מטרות הסקר היו:

1. לתקף חלק מהתובנות שעלו בשלב ראיונות העומק עם כ-60 מומחים שבוצעו בשלב הראשון של המחקר בנושאי הון אנושי, השכלה והכשרה.
  2. לענות על שאלות נוספות:
    - מהן הטכנולוגיות בהן יש למדינת ישראל יכולת להוביל בתחומי הבינה המלאכותית, מדעי הנתונים והרובוטיקה החכמה.
    - מהם האמצעים הנדרשים לקידום תחומי הבינה המלאכותית, מדעי הנתונים והרובוטיקה החכמה בישראל.
    - מהי המדיניות הנדרשת בנושא של אימוץ סטנדרטים בינלאומיים בנושאי סודיות ושקיפות.
- השאלון נוסח על ידי צוות המחקר בסיועו של ד"ר ניל נמיר, מרכז הועדה הלאומית לקשרי אקדמיה-תעשייה במולמו"פ.
- סה"כ נשלחו 753 שאלונים למנהלים ועובדים בכירים מ-655 חברות העוסקות בתחומי הבינה המלאכותית, מדעי הנתונים והרובוטיקה החכמה.
- החלק העוסק במתודולוגיה מפרט עוד על השאלון, האוכלוסייה והמדגם.

## ניתוח הממצאים

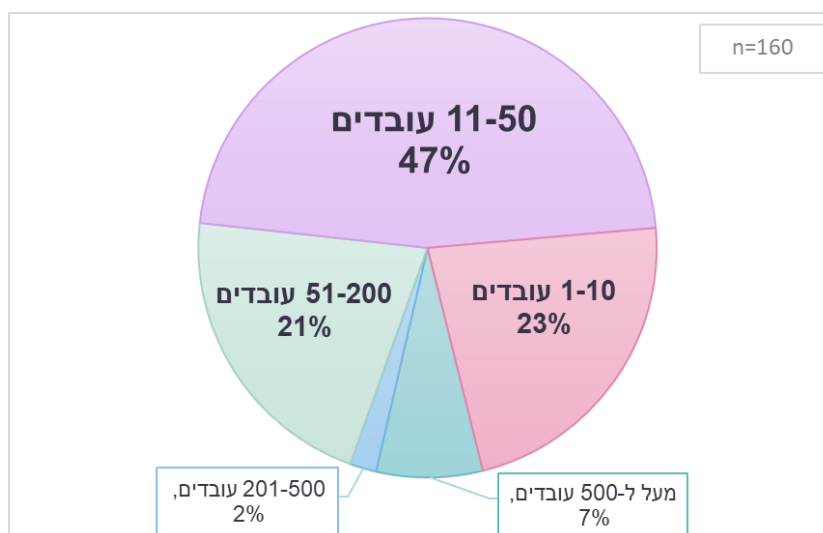
בסיס הנתונים של המחקר כלל מענה של 176 עובדים ומנהלים מתוך 160 חברות, שני יועצים ומעבדת מחקר אקדמית, העוסקים בתחומי הבינה המלאכותית, מדעי נתונים והרובוטיקה החכמה.

שיעור המענה לסקר עמד על 23% מתוך סך הנסקרים ו-25% מתוך סך החברות שנכללו באוכלוסיית המחקר. קבוצת החברות במדגם מייצגת את כלל החברות באוכלוסיית המחקר (ראו מתודולוגיה בהמשך).

### » התפלגות המשיבים על פי גודל החברה, סקטור ותחום הפעילות

כמחצית מהמשיבים (47%) עובדים בחברות בגודל של 11-50 עובדים. קרוב לרבע (23%) מהמשיבים עובדים בחברות שבהן עד 10 עובדים, ושיעור דומה (21%) בחברות שבהן 51-200 עובדים, כפי שניתן לראות באיור 1.

איור 1: התפלגות המשיבים על פי גודל החברה

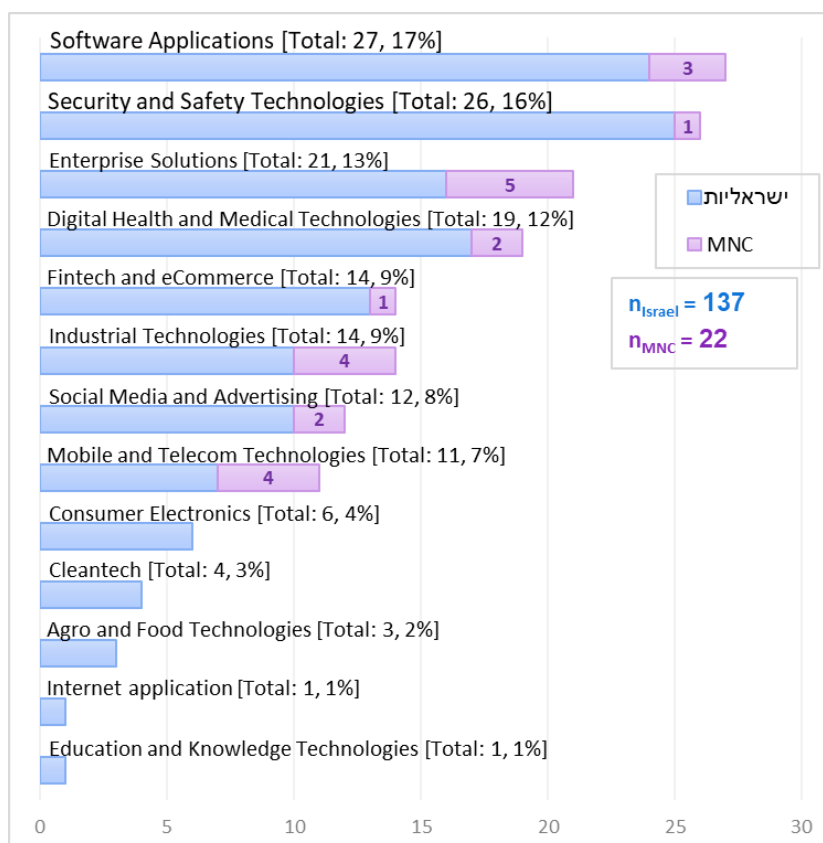


מתוך כלל החברות המשיבות עבורן קיים סקטור פעילות<sup>3</sup>, 13% הינן חברות רב לאומיות. מרבית החברות הרב לאומיות פועלות בסקטורים Enterprise Solutions, Industrial Technologies ו-Mobile and Telecom Technologies. שיעור המענה הגבוה ביותר של חברות ישראליות הוא בסקטורים Security and Safety Technologies ו-Software Applications. לעומתן, שיעור המענה הגבוה ביותר של חברות ישראליות הוא בסקטורים Security and Safety Technologies ו-Software Applications.

איור 2 מציג את סקטור הפעילות של החברות המשיבות בחלוקה לחברות ישראליות וחברות רב לאומיות:

<sup>3</sup> מתוך כלל החברות המשיבות, ל-159 חברות קיים סקטור פעילות.

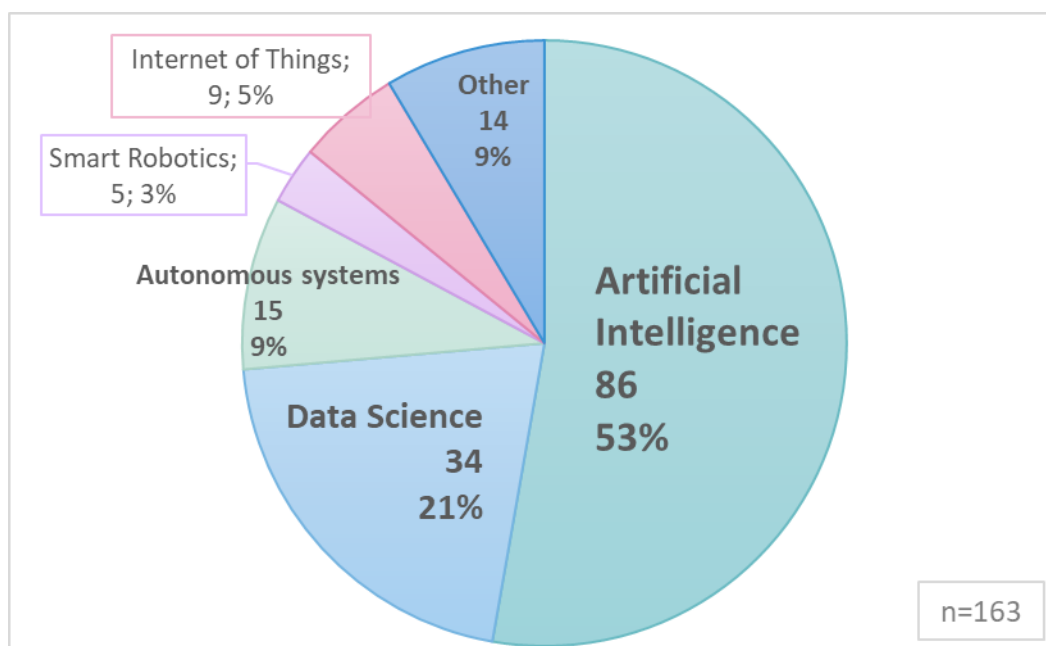
## איור 2: התפלגות אוכלוסיית המשיבים על פי הסקטור העיקרי בו פועלת החברה<sup>4</sup>



מעל למחצית מהמשיבים (53%) דיווחו כי תחום הפעילות של החברה בה הם עובדים הוא Artificial Intelligence. 21% מהמשיבים ציינו את Data Science כתחום פעילות החברה. 17% מהמשיבים ציינו כי תחום הפעילות של החברה בה הם עובדים הוא Smart Robotics, Autonomous System, IoT או מעטים מבין המשיבים ציינו "אחר" בתחום הפעילות. בין התשובות המתארות פעילות נוספת: Process Control for the IC, Defense, Computer Vision, Chip Manufacturer, Manufacturing, פיתוח וייצור של מכונות מדידה ואבחון לתעשיית המוליכים. איור 3 מציג את התפלגות המשיבים על פי תחום פעילות החברה:

<sup>4</sup> מתוך 163 חברות (כולל שני יועצים ומעדת מחקר), ל-159 חברות קיים סקטור

איור 3: התפלגות אוכלוסיית המשיבים על פי תחום פעילות החברה



שיעור גבוה מהמשיבים מחברות ה-Software Applications וה-Enterprise Solution דיווחו שהחברות בהן הם מועסקים עוסקות ב-Artificial Intelligence (70% ו-67% בהתאמה). לעומתם, רק כמחצית מהמשיבים מחברות ה-Digital Health and Medical Technologies, ה-Fintech, and eCommerce and Social Media and Advertising דיווחו כי החברות בהן הם מועסקים עוסקות ב-Artificial Intelligence. כמחצית מהמשיבים מחברות הללו ציינו שהחברות עוסקות ב-Data Science.

כ-43% מהמשיבים מחברות ה-Industrial דיווחו שהחברות עוסקות בתחומי ה-Autonomous Systems וה-Smart Robotics.

היחס בין הסקטורים לתחומי הפעילות<sup>5</sup> מופיע בטבלה 1.

<sup>5</sup> מתוך כלל החברות המשיבות, ל-159 חברות קיים סקטור ותחום פעילות.

טבלה 1: התפלגות תחומי הפעילות בתוך הסקטורים הנבחרים<sup>6</sup> (מספר משיבים/אחוז מתוך סקטור)

| סקטור \ תחום                            | Artificial Intelligence | Data Science | Autonomous Systems | Smart Robotics | Internet of Things | Other   | Total |
|-----------------------------------------|-------------------------|--------------|--------------------|----------------|--------------------|---------|-------|
| Software Applications                   | 70% (19)                | 15% (4)      | 7% (2)             | ==             | 4% (1)             | 4% (1)  | 27    |
| Security and Safety Technologies        | 46% (12)                | 12% (3)      | 19% (5)            | 4% (1)         | 4% (1)             | 15% (4) | 26    |
| Enterprise Solutions                    | 67% (14)                | 9% (2)       | 5% (1)             | 5% (1)         | 9% (2)             | 5% (1)  | 21    |
| Digital Health and Medical Technologies | 53% (10)                | 42% (8)      | ==                 | ==             | ==                 | 5% (1)  | 19    |
| Fintech and eCommerce                   | 43% (6)                 | 50% (7)      | ==                 | ==             | ==                 | 7% (1)  | 14    |
| Industrial Technologies                 | 36% (5)                 | ==           | 29% (4)            | 14% (2)        | ==                 | 21% (3) | 14    |
| Social Media and Advertising            | 50% (6)                 | 50% (6)      | ==                 | ==             | ==                 | ==      | 12    |
| Mobile and Telecom Technologies         | 27% (3)                 | 36% (4)      | 9% (1)             | ==             | 9% (1)             | 18% (2) | 11    |

#### » עובדים בחברות במדגם לפי השכלה

משיבים מ-163 חברות דווחו שעובדים בחברותיהם 2,414 עובדים בתחומי הבינה המלאכותית, מדעי הנתונים ורובוטיקה החכמה.

כמחצית מהעובדים בתחומים אלו בחברות של המשיבים לסקר (47%, 1,152 עובדים) הינם עובדים בעלי תארים מתקדמים (תואר שני ותואר שלישי)<sup>7,8</sup>. כ-29% הם בעלי תואר ראשון, והיתר (כ-24%) הם ללא תואר, כפי שניתן לראות באיור 4. יש לציין ששיעור העובדים בעלי התארים המתקדמים בחברות בינה מלאכותית, מדעי הנתונים ורובוטיקה חכמה גבוה באופן חריג בהתייחס לכך שכמות בוגרי תואר שני ושלישי מהאוניברסיטאות והמכללות במדע והנדסה<sup>9</sup> עמדה בשנת הלימודים תשע"ו (2015-2016) על כ-24% בלבד מכלל הבוגרים במדע והנדסה<sup>10</sup>.

<sup>6</sup> הסקטורים המוצגים בטבלה הינם סקטורים להם מעל 10 חברות

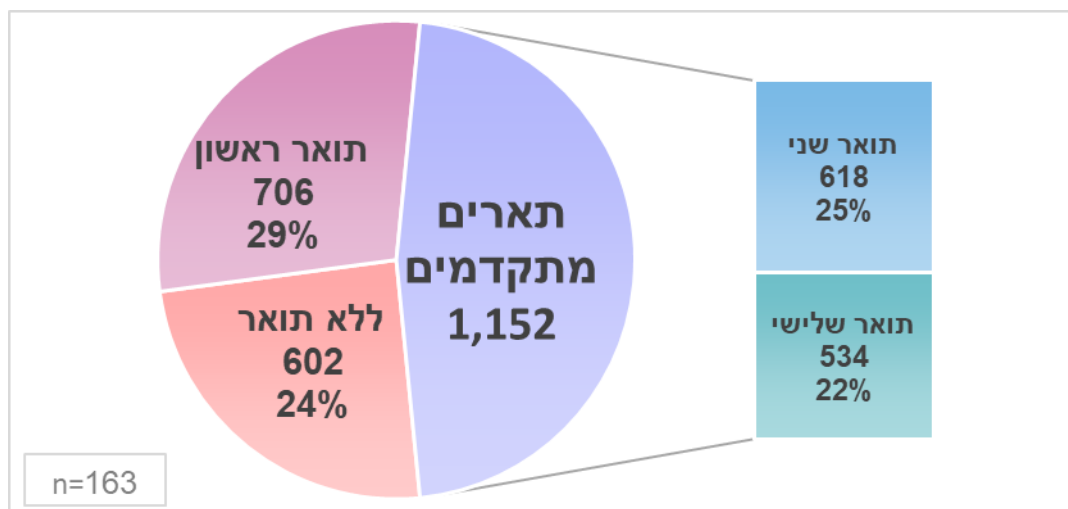
<sup>7</sup> בבדיקת פרופיל החברות על פי גודל החברה, נדגמו 163 חברות

<sup>8</sup> סינון של חברות שהופיעו יותר מפעם אחת נעשה על פי בחירת הערך המינימלי של מספר העובדים שדווח

<sup>9</sup> מתמטיקה, סטטיסטיקה ומדעי המחשב, מדעים פיזיקליים, מדעים ביולוגיים, חקלאות, הנדסה ואדריכלות.

<sup>10</sup> הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה. מקבלי תארים ממוסדות להשכלה גבוהה במקצועות לימוד נבחרים, לפי מין, קבוצת אוכלוסייה, סוג מוסד ולפי תואר. [http://www.cbs.gov.il/publications/highereducation/t3\\_03.xls](http://www.cbs.gov.il/publications/highereducation/t3_03.xls)

איור 4: פרופיל העובדים בחברות במדגם בתחומי הבינה המלאכותית, מדעי הנתונים והרובוטיקה החכמה ברמות הכשרה שונות



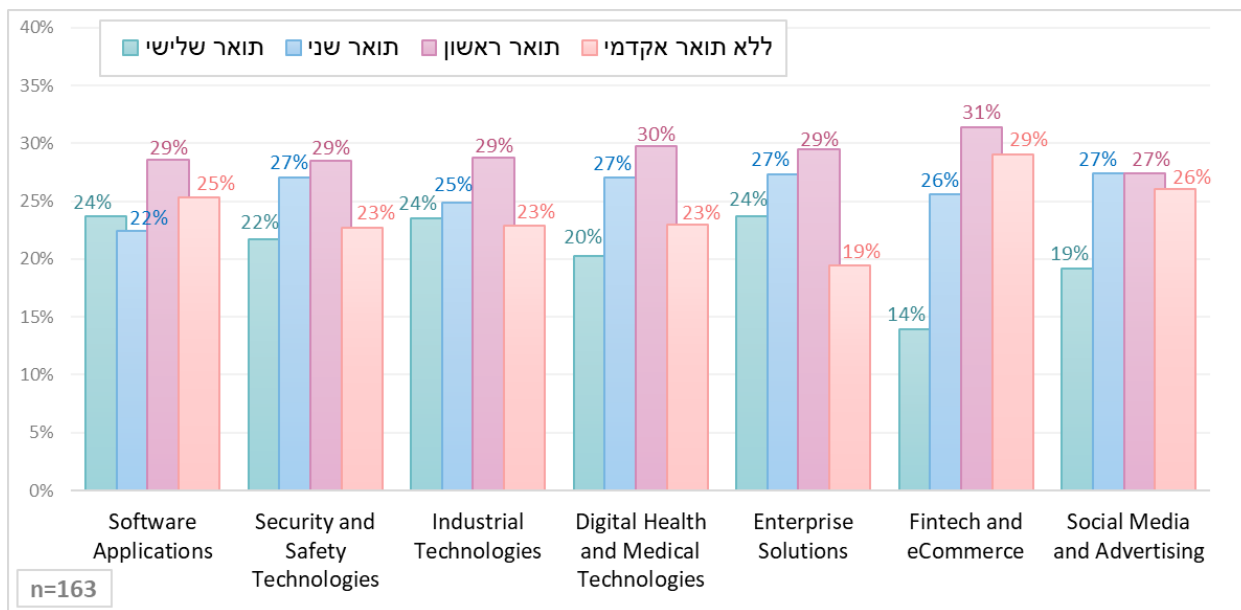
מספר העובדים הגדול ביותר שדווח הוא בחברות בסקטור ה-Software Applications (490 עובדים), ואחריו בסקטורים Security and Safety Technologies (414 עובדים) ו-Industrial Technologies (306 עובדים). טבלה 2 מציגה את העובדים לפי השכלה בכל הסקטורים בהם דווח על מעל 100 עובדים בתחומים הרלוונטיים, מדעי הנתונים והרובוטיקה החכמה:

טבלה 2: מספר העובדים בתחומי הבינה המלאכותית, מדעי הנתונים והרובוטיקה החכמה בחברות שבמדגם לפי סקטורים נבחרים

| סקטור                                   | ללא תואר אקדמי | תואר ראשון | תואר שני   | תואר שלישי | Total        |
|-----------------------------------------|----------------|------------|------------|------------|--------------|
| Software Applications                   | 124            | 140        | 110        | 116        | 490          |
| Security and Safety Technologies        | 94             | 118        | 112        | 90         | 414          |
| Industrial Technologies                 | 70             | 88         | 76         | 72         | 306          |
| Digital Health and Medical Technologies | 68             | 88         | 80         | 60         | 296          |
| Enterprise Solutions                    | 54             | 82         | 76         | 66         | 278          |
| Fintech and eCommerce                   | 50             | 54         | 44         | 24         | 172          |
| Social Media and Advertising            | 38             | 40         | 40         | 28         | 146          |
| Other Sectors                           | 106            | 80         | 64         | 62         | 312          |
| <b>Total</b>                            | <b>604</b>     | <b>690</b> | <b>602</b> | <b>508</b> | <b>2,414</b> |

איור 5 מציג את שיעור העובדים בתחומי הבינה המלאכותית, מדעי הנתונים והרובוטיקה החכמה בחברות שבמדגם ברמות הכשרה שונות בסקטורים נבחרים (סקטורים בהם דווח על מעל 100 עובדים). ניתן לראות שבמרבית הסקטורים המובילים במדגם מבחינת כמות העובדים בתחומים הרלוונטיים יש שיעור דומה של עובדים בעלי תואר ראשון (כ-30% מכלל העובדים בכל סקטור) ושיעור דומה של עובדים בעלי תארים מתקדמים, שני ושלישי (כ-50% מכלל העובדים בכל סקטור<sup>11</sup>).

איור 5: שיעור העובדים בתחומי בינה מלאכותית, מדעי הנתונים ורובוטיקה חכמה בחברות שבמדגם ברמות הכשרה שונות על פי סקטורים מובילים



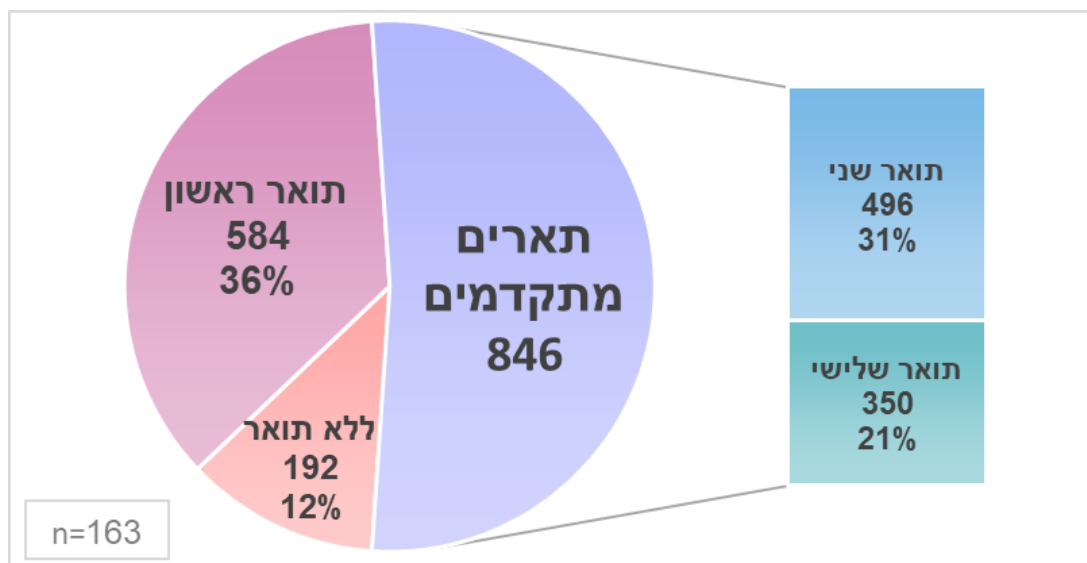
## » דיווח על מחסור בעובדים בחברות המדגם לפי השכלה

משיבים מ-163 חברות דיווחו שחסרים בחברות אלו 1,622 עובדים בתחומי הבינה המלאכותית, מדעי הנתונים והרובוטיקה החכמה.

מחצית מהעובדים החסרים (52%, 846 עובדים) הם עובדים בעלי תארים מתקדמים (תואר שני ותואר שלישי), ומעל שליש (כ-36%, 584 עובדים) הם עובדים בעלי תואר ראשון. דווח על מספר נמוך יחסית של עובדים חסרים ללא תואר, כפי שניתן לראות ב-איור 6.

<sup>11</sup> למעט תחום ה-Fintech and eCommerce שבו דווח על 40% בעלי תארים מתקדמים מכלל העובדים בתחומים אלו).

איור 6: פרופיל העובדים החסרים בחברות במדגם בתחומי הבינה המלאכותית, מדעי הנתונים והרובוטיקה החכמה ברמות הכשרה שונות



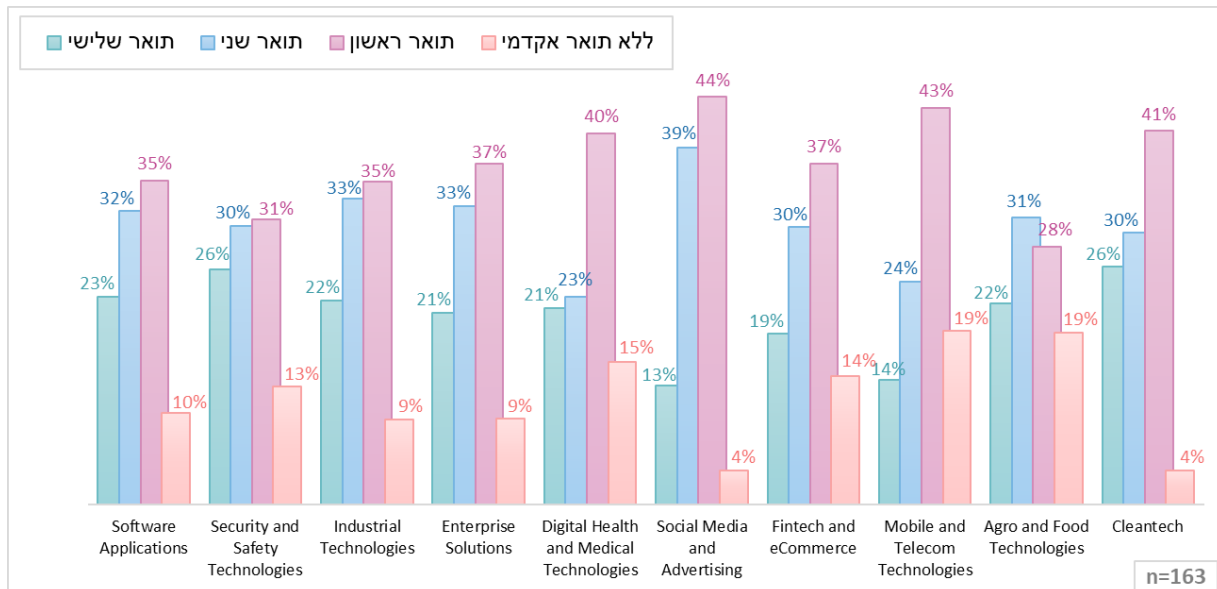
מספר העובדים החסרים הגדול ביותר שדווח הוא בחברות בסקטור ה- Software Applications (300 עובדים), ואחריו בסקטורים Security and Safety Technologies (296 עובדים) ו- Industrial Technologies (216 עובדים). טבלה 3 מציגה את התפלגות/מספר העובדים לפי השכלה בכל הסקטורים בהם דווח על חוסר של מעל 100 עובדי בינה המלאכותית, מדעי הנתונים והרובוטיקה החכמה.

טבלה 3: מספר העובדים חסרים בתחומי הבינה המלאכותית, מדעי הנתונים והרובוטיקה החכמה בחברות שבמדגם לפי סקטורים נבחרים

| Total        | תואר שלישי | תואר שני   | תואר ראשון | ללא תואר אקדמי |                                         |
|--------------|------------|------------|------------|----------------|-----------------------------------------|
| 300          | 68         | 96         | 106        | 30             | Software Applications                   |
| 296          | 76         | 90         | 92         | 38             | Security and Safety Technologies        |
| 216          | 48         | 72         | 76         | 20             | Industrial Technologies                 |
| 172          | 36         | 56         | 64         | 16             | Enterprise Solutions                    |
| 168          | 36         | 38         | 68         | 26             | Digital Health and Medical Technologies |
| 108          | 14         | 42         | 48         | 4              | Social Media and Advertising            |
| 328          | 62         | 90         | 118        | 92             | Other Sectors                           |
| <b>1,588</b> | <b>340</b> | <b>484</b> | <b>572</b> | <b>158</b>     | <b>Total</b>                            |

איור 7 מציג את שיעור העובדים החסרים בתחומי הבינה המלאכותית, מדעי הנתונים והרובוטיקה החכמה בחברות שבמדגם ברמות הכשרה שונות בסקטורים נבחרים (סקטורים בהם חסרים מעל 50 עובדים). במרבית הסקטורים בהם דווח על חוסר במעל 100 עובדים המחסור המרכזי (מעל 50%) הוא בעובדים בעלי תארים מתקדמים (שני ושלישי).

איור 7: שיעור העובדים החסרים בתחומי הבינה המלאכותית, מדעי הנתונים והרובוטיקה החכמה בחברות שבמדגם ברמות הכשרה שונות על פי סקטורים מובילים



## » מחסור בעובדים בתחומי הבינה המלאכותית, מדעי הנתונים והרובוטיקה החכמה בישראל

- לפי האומדן ישנם היום כ-9,000 עובדים בתחומי הבינה המלאכותית, מדעי הנתונים והרובוטיקה החכמה בישראל, מתוכם כ-4,100 עובדים בעלי תארים מתקדמים.
- לפי האומדן חסרים היום כ-5,800 עובדים בתחומים הללו, מתוכם כ-2,900 עובדים בעלי תארים מתקדמים<sup>12</sup>.

טבלה 4 מציגה אומדן מחושב של מספר העובדים לפי רמות השכלה וכן לפי גודל חברה כפי שהתקבלו מהמדגם על בסיס נתונים קיימים באוכלוסייה.

<sup>12</sup> האומדן לא כלל חברות גדולות מאוד (מעל 500 עובדים). נערך מבחן חי בריבוע ( $\chi^2(3) = 6.47, p > 0.05$ ) על פי גודל החברה על אוכלוסיית המחקר (ללא חברות המעסיקות מעל ל-500 עובדים). ניתן לראות שהתוצאה לא מובהקת, כלומר, אין הבדל בין קבוצת החברות במדגם לבין קבוצת החברות באוכלוסיית המחקר בהשוואה על פי גודל החברה, לכן קבוצת החברות במדגם מייצגת את כלל החברות באוכלוסיית המחקר על פי גודל החברה.

## טבלה 4: מספר העובדים הקיים והנדרש לפי רמת השכלה

| רמת השכלה  | מספר עובדים היום | מספר עובדים נדרש |
|------------|------------------|------------------|
| תואר שלישי | 1,902            | 1,207            |
| תואר שני   | 2,202            | 1,718            |
| תואר ראשון | 2,587            | 2,161            |
| ללא תואר   | 2,371            | 717              |
| סה"כ       | 9,062            | 5,802            |

## » חשיבות רמת ההכשרה וקושי בגיוס עובדים לפי רמת ההכשרה

טבלה 5 מפרטת את רמת החשיבות של סוגי התארים/הכשרות אצל עובדים המתמחים במחקר ופיתוח בתחומי הבינה מלאכותית, מדעי הנתונים והרובוטיקה החכמה בישראל. עבור כל סוג ההכשרה נערך חישוב לבדיקת מידת חשיבותו<sup>13</sup>. על פי הממצאים ההכשרות בעלות החשיבות הרבה ביותר הן תואר מחקרי (תואר שלישי או תואר שני עם תזה) ותואר לא מחקרי (תואר ראשון או תואר שני בלי תזה). קורסים מקוונים, הכשרות מקצועיות לא אקדמיות ותואר ממכללה אקדמית קיבלו ציונים נמוכים מבחינת חשיבותם לסוג ההכשרה (איור 8).

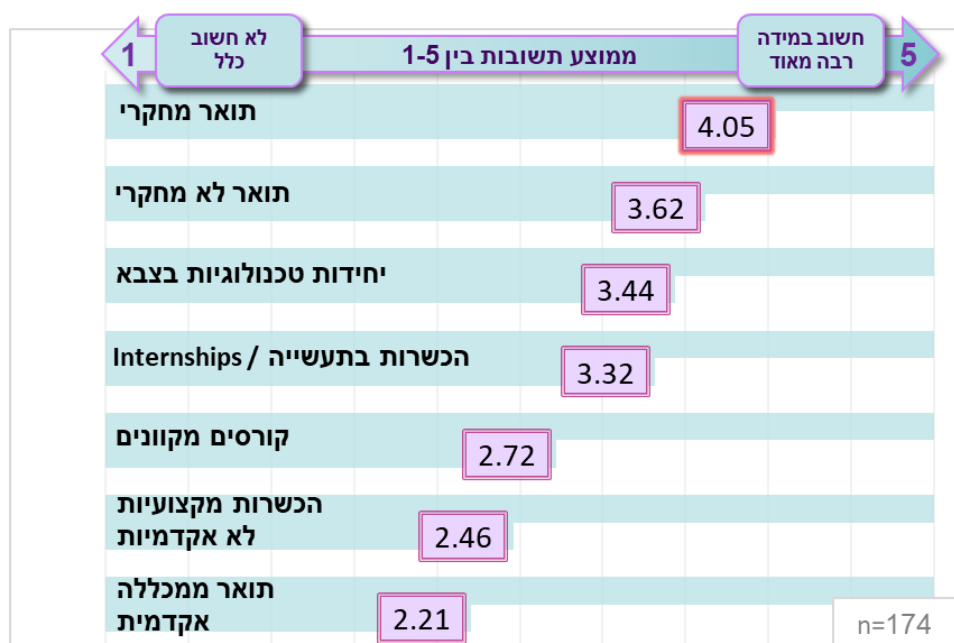
## טבלה 5: רמת החשיבות של סוגי התארים/הכשרות אצל עובדים המתמחים במחקר ופיתוח

| סוגי תארים/הכשרות                              | מספר משיבים | ממוצע (Mean) | סטיית תקן (SD) |
|------------------------------------------------|-------------|--------------|----------------|
| תואר מחקרי (תואר שלישי או תואר שני עם תזה)     | 174         | 4.05         | 1.04           |
| תואר לא מחקרי (תואר ראשון או תואר שני בלי תזה) | 174         | 3.62         | 1.02           |
| יחידות טכנולוגיות בצבא                         | 174         | 3.44         | 1.00           |
| הכשרות בתעשייה (Internships)                   | 174         | 3.32         | 1.16           |
| קורסים מקוונים                                 | 173         | 2.72         | 1.13           |
| הכשרות מקצועיות לא אקדמיות                     | 172         | 2.46         | 1.24           |
| תואר ממכללה אקדמית                             | 173         | 2.21         | 1.09           |

בנוסף, המשיבים ציינו סוגי הכשרות נוספות החשובות במידה רבה או במידה רבה מאוד: ניסיון תעסוקתי מתאים וניסיון תעסוקתי בחברות מובילות (13 משיבים ציינו את חשיבות הניסיון המעשי), הכשרה פנימית בחברה עקב תחומי עיסוק מיוחדים, הכשרה רלוונטית בתחום הספציפי כמו למידה עמוקה, Deep learning, רשתות, עיבוד תמונה ועוד (לא תכנות / פיתוח כללי), הכשרה מולטי-דיסציפלינארית בתעשייה, הכשרה תלוית פרויקט בנושאי ההנדסה השונים (תכנות, Embedded אלקטרוניקה), אופטימיזציה של משאבי עיבוד, ייצור - עולם הרובוטיקה מצריך ייצור פיזי במפעלים, מתמטיקה לפחות חמש יחידות, כנסים וסדנאות בתחום הבינה מלאכותית.

<sup>13</sup> חשיבות סוג ההכשרה נבדקה על סולם ליקרט 1-5 חשוב במידה רבה מאוד. ממוצע הציונים חושב על פי סקאלה זו.

איור 8: סוגי התארים/ההכשרות אצל עובדים המתמחים במחקר ופיתוח



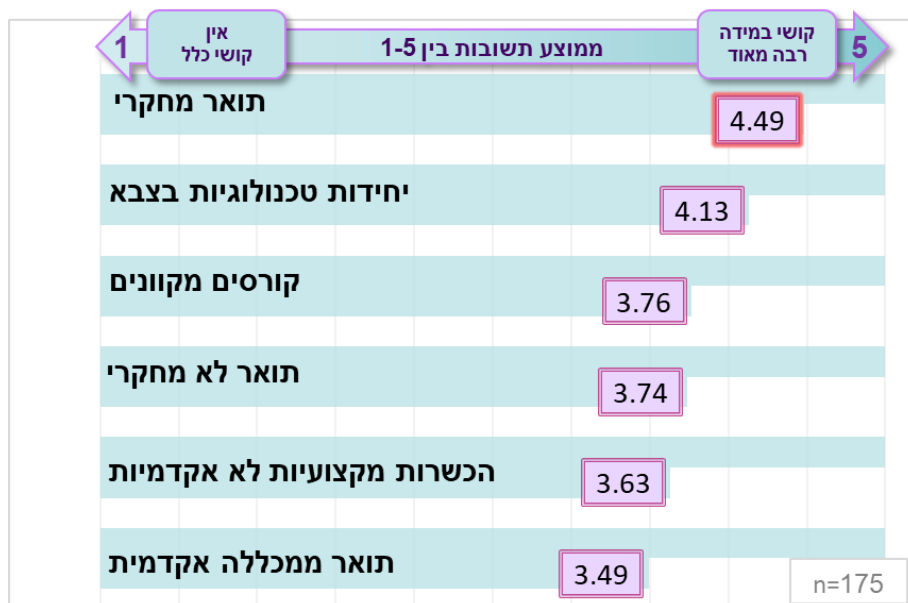
טבלה 6 מפרטת את רמת הקושי בגיוס עובדי מחקר ופיתוח בתחומי התחומי בינה מלאכותית, מדעי הנתונים והרובוטיקה החכמה בישראל. עבור כל סוג ההכשרה נערך חישוב לבדיקת מידת הקושי בגיוס<sup>14</sup>. על פי הממצאים, קיים קושי בגיוס עובדים בכל סוגי ההכשרה ברמה בינונית ומעלה, כאשר הקושי הגדול ביותר הוא בגיוס עובדים בעלי תואר מחקרי (תואר שלישי או תואר שני עם תזה) ובגיוס של עובדים יוצאי יחידות טכנולוגיות בצבא (איור 9). בנוסף, כרבע מהמשיבים ציינו כי הם לא מחפשים עובדים שעברו קורסים מקוונים (28%), הכשרות מקצועיות לא אקדמיות (24%) או בעלי תארים ממכללות אקדמיות (22%).

טבלה 6: רמת הקושי בגיוס עובדי מחקר ופיתוח בתחומי בינה מלאכותית, מדעי הנתונים ורובוטיקה חכמה

| סוגי ההכשרה                                    | מספר משיבים | ממוצע (Mean) | סטיית תקן (SD) |
|------------------------------------------------|-------------|--------------|----------------|
| תואר מחקרי (תואר שלישי או תואר שני עם תזה)     | 175         | 4.49         | 0.98           |
| יחידות טכנולוגיות בצבא                         | 172         | 4.13         | 1.34           |
| קורסים מקוונים                                 | 170         | 3.76         | 2.02           |
| תואר לא מחקרי (תואר ראשון או תואר שני בלי תזה) | 174         | 3.74         | 1.15           |
| הכשרות מקצועיות לא אקדמיות                     | 168         | 3.63         | 2.00           |
| תואר ממכללה אקדמית                             | 173         | 3.49         | 1.92           |

<sup>14</sup> הקושי בגיוס נבדק על סולם ליקרט 1-5 קושי כלל 5-קושי במידה רבה מאוד. ממוצע הציונים חושב על פי סקאלה זו.

## איור 9: ממוצע רמת הקושי בגיוס עובדי מחקר ופיתוח



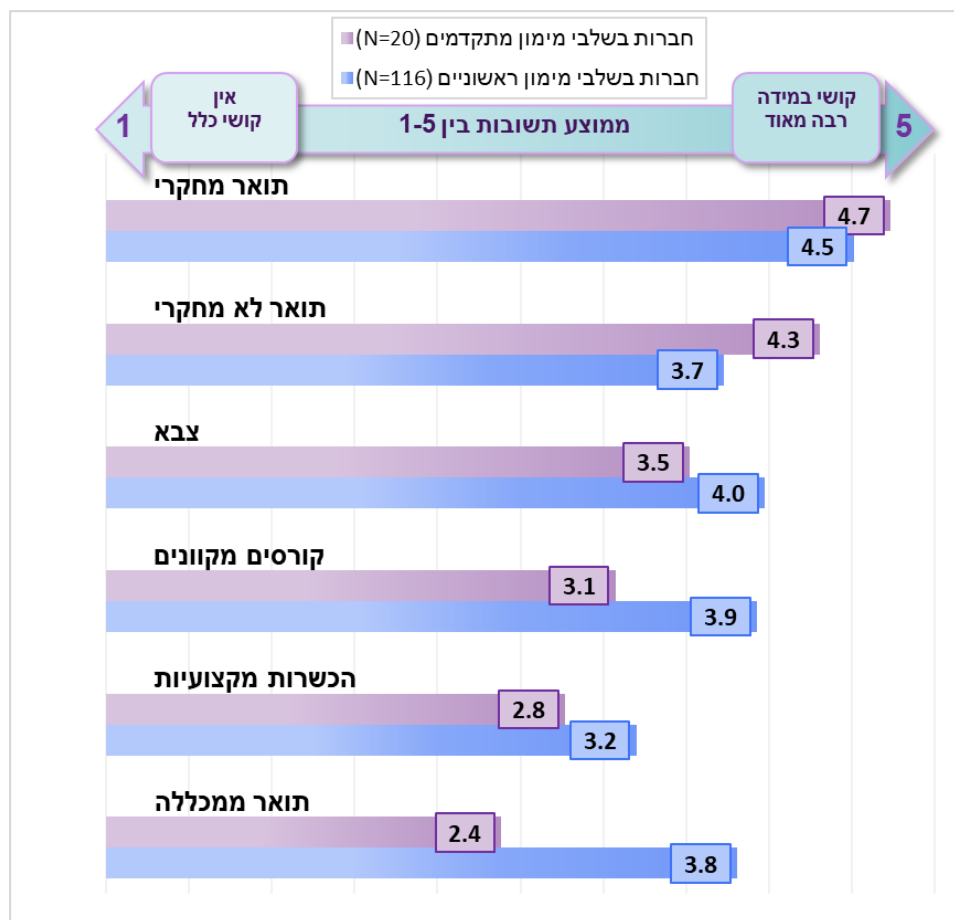
מהנתונים עולה שהקושי הרב ביותר בגיוס עובדים הוא של אותם עובדים שחשיבות ההכשרה שלהם היא הגבוהה ביותר, קרי עובדים בעלי תואר מחקר (שני או שלישי). הנתונים מצביעים גם על קושי בגיוס בוגרי יחידות טכנולוגיות. כדי לבדוק את הנושא חולקו החברות הישראליות<sup>15</sup> במדגם לשתי קבוצות: חברות בשלבי מימון התחלתיים<sup>16</sup> (N=116) וחברות בשלבי מימון מתקדמים יותר (חברות רווחיות ומבוססות) או חברות ציבוריות<sup>17</sup> (N=20). איור 10 מציג את ההשוואה בין שתי הקבוצות. גם חברות בשלבי מימון התחלתיים וגם חברות בשלבי מימון מתקדמים וחברות ציבוריות מתקשות לגייס עובדים בעלי תואר מחקר. חברות בשלבי מימון מתקדמים וחברות ציבוריות מתקשות לגייס עובדים בעלי תואר שאינו מחקר יותר מאשר עובדים יוצאי יחידות טכנולוגיות צבאיות, בוגרי קורסים מקוונים, הכשרות מקצועיות או בוגרי מכללות. חברות בשלבי מימון התחלתיים מתקשות במידה רבה לגייס גם עובדים בעלי תואר שאינו מחקר וגם יוצאי יחידות טכנולוגיות צבאיות, בוגרי קורסים מקוונים ובוגרי מכללות.

<sup>15</sup> רק לחברות ישראליות קיים שלב מימון בדוחות המופקים ממערכת ה-Startup Nation Central

<sup>16</sup> +C, B, A, Seed, Pre-Seed, Bootstrapped

<sup>17</sup> Public, Established, Revenue Financed

איור 10: קושי בגיוס עובדים לפי השכלה בחברות בשלבי מימון ראשוניים<sup>16</sup> ובחברות רווחיות, מבוססות או ציבוריות<sup>17</sup>



### » מידת התאמת מסלולי הכשרה לתחומי הבינה המלאכותית, מדעי הנתונים והרובוטיקה החכמה

טבלה 7 מפרטת את רמת ההתאמה של מסלול תואר ראשון להכשרה בתחומי הבינה המלאכותית, מדעי הנתונים והרובוטיקה החכמה. עבור כל מסלול נערך חישוב לבדיקת מידת התאמתו<sup>18</sup>. על פי הממצאים, **מסלולי תואר ראשון בתחומים של מתמטיקה, מסלול ייעודי ב-Data Science, הנדסת תוכנה והנדסת מחשבים הינם המתאימים ביותר לעוסקים בתחומים אלו**. לעומתם, הנדסת מכונות צוין כתחום הפחות מתאים להכשרה זו (איור 11)<sup>19</sup>.

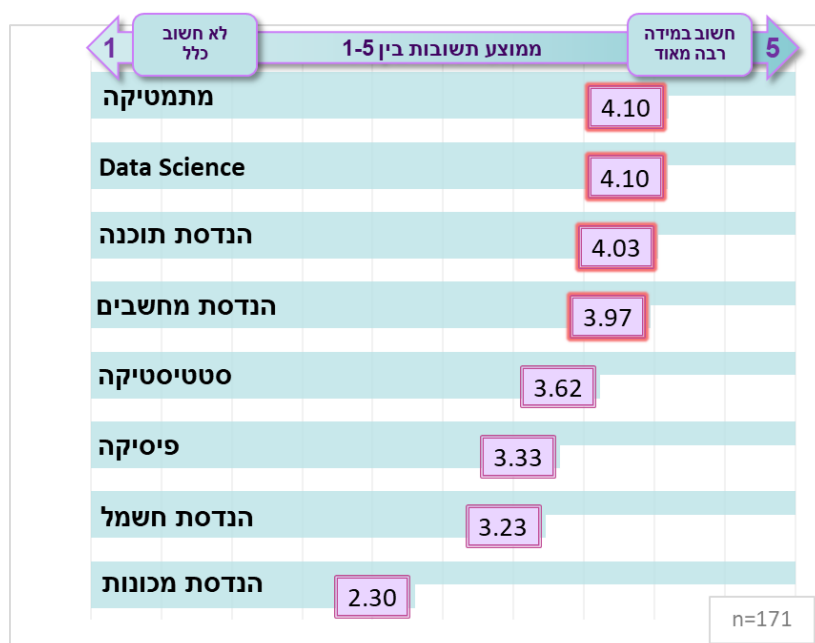
<sup>18</sup> רמת ההתאמה של סוג ההכשרה נבדקה על סולם ליקרט 1-5 חשוב כלל 5-חשוב במידה רבה מאוד. ממוצע הציונים חושב על פי סקאלה זו.

<sup>19</sup> מספר משיבים הוסיפו הערות לגבי תחומים נוספים שעשויים להיות חשובים להכשרה בתואר הראשון: פסיכולוגיה, מדעי המוח, הנדסת מערכות, ביולוגיה ומדעי החיים.

טבלה 7: רמת ההתאמה של מסלול לתואר ראשון לתחומי הבינה המלאכותית, מדעי הנתונים והרובוטיקה החכמה

| רמת ההתאמה של סוג ההכשרה    | מספר משיבים | ממוצע (Mean) | סטיית תקן (SD) |
|-----------------------------|-------------|--------------|----------------|
| מתמטיקה                     | 171         | 4.10         | 0.87           |
| מסלול ייעודי ב-Data-Science | 168         | 4.10         | 0.96           |
| הנדסת תוכנה                 | 170         | 4.03         | 0.81           |
| הנדסת מחשבים                | 171         | 3.97         | 0.90           |
| סטטיסטיקה                   | 165         | 3.62         | 1.10           |
| פיסיקה                      | 169         | 3.33         | 1.07           |
| הנדסת חשמל                  | 166         | 3.23         | 1.26           |
| הנדסת מכונות                | 164         | 2.30         | 1.15           |

איור 11: רמת ההתאמה של מסלול תואר ראשון לתחומי הבינה המלאכותית, מדעי הנתונים והרובוטיקה החכמה



### » טכנולוגיות בהן יש למדינת ישראל יכולת להוביל בתחומי הבינה המלאכותית, מדעי הנתונים והרובוטיקה החכמה

טבלה 8 מפרטת את סוגי הטכנולוגיות בהן יש לישראל את היכולת להוביל בתחומי הבינה המלאכותית, מדעי הנתונים והרובוטיקה החכמה. עבור כל סוג טכנולוגיה נערך חישוב עד כמה יש למדינת ישראל את היכולת להוביל בתחום זה<sup>20</sup>. על פי הממצאים, הטכנולוגיות המובילות הן אבטחת סייבר וכן עיבוד תמונה ו/או ראייה ממוחשבת (איור 12)

<sup>20</sup> סוגי הטכנולוגיות נבדקו על סולם ליקרט 1-5 במידה מועטה מאוד 5-במידה רבה מאוד. ממוצע הציונים חושב על פי סקאלה זו.

בנוסף, המשיבים הזכירו טכנולוגיות נוספות שסווגו כבעלות פוטנציאל להובלה של ישראל במידה רבה או רבה מאוד, ביניהם: עיבוד שפה טבעית, צילום חישובי, ניתוח מאגרי מידע רפואיים אלקטרוניים, מערכות המלצה (Recommendation Systems), Sentiment Analysis, ניתוח וחיזוי תקלות ואיומים, זיהוי פשיעה פיננסית, עיבוד שפות ושפות שמיות, נהג אוטומטי, טכנולוגיות צבאיות ואבטחה, למידת חיזוקים בהקשר ללהקות גדולות של רובוטים, Deep Learning & Machine Learning, Cognitive Analytics, חיזוי ומניעה של תקלות בתהליכי ייצור, IoT, Verification.

טבלה 8: סוגי הטכנולוגיות בהן יש לישראל את היכולת להוביל בתחומי הבינה המלאכותית, מדעי הנתונים והרובוטיקה החכמה

| סוגי טכנולוגיות                | מספר משיבים | ממוצע (Mean) | סטיית תקן (SD) |
|--------------------------------|-------------|--------------|----------------|
| אבטחת סייבר                    | 151         | 4.60         | 0.77           |
| עיבוד תמונה ו/או ראייה ממוחשבת | 157         | 4.48         | 0.82           |
| רשתות עצבים מלאכותיות          | 157         | 4.20         | 0.81           |
| מערכות אוטונומיות              | 159         | 4.14         | 0.87           |
| זיהוי ביומטרי                  | 149         | 4.09         | 0.94           |
| עיבוד וזיהוי קול               | 155         | 4.00         | 0.97           |
| כריית מידע מרשתות תקשורת       | 151         | 3.95         | 0.99           |
| סנסורים                        | 155         | 3.86         | 1.00           |
| רובוטים ניתוחיים               | 147         | 3.65         | 1.07           |
| Chatbots                       | 150         | 3.60         | 1.02           |
| אינטראקציית אדם-מכונה          | 150         | 3.59         | 1.11           |
| ניתוח רגשות בזמן אמת           | 149         | 3.55         | 1.12           |
| רובוטים חכמים תעשייתיים        | 147         | 3.39         | 1.19           |
| עוזרים אישיים רובוטיים         | 149         | 3.26         | 1.06           |
| מחשוב קוונטי                   | 149         | 3.21         | 1.18           |
| תרגום אוניברסלי בזמן אמת       | 146         | 3.11         | 1.07           |
| משחקים בכוח המחשבה             | 141         | 3.10         | 1.15           |
| בני-לוייה וירטואליים           | 144         | 3.08         | 1.12           |

איור 12: סוגי הטכנולוגיות בהן יש לישראל את היכולת להוביל בתחומי הבינה המלאכותית, מדעי הנתונים והרובוטיקה החכמה



#### » האמצעים הנדרשים לקידום תחומי הבינה המלאכותית, מדעי הנתונים והרובוטיקה החכמה בישראל

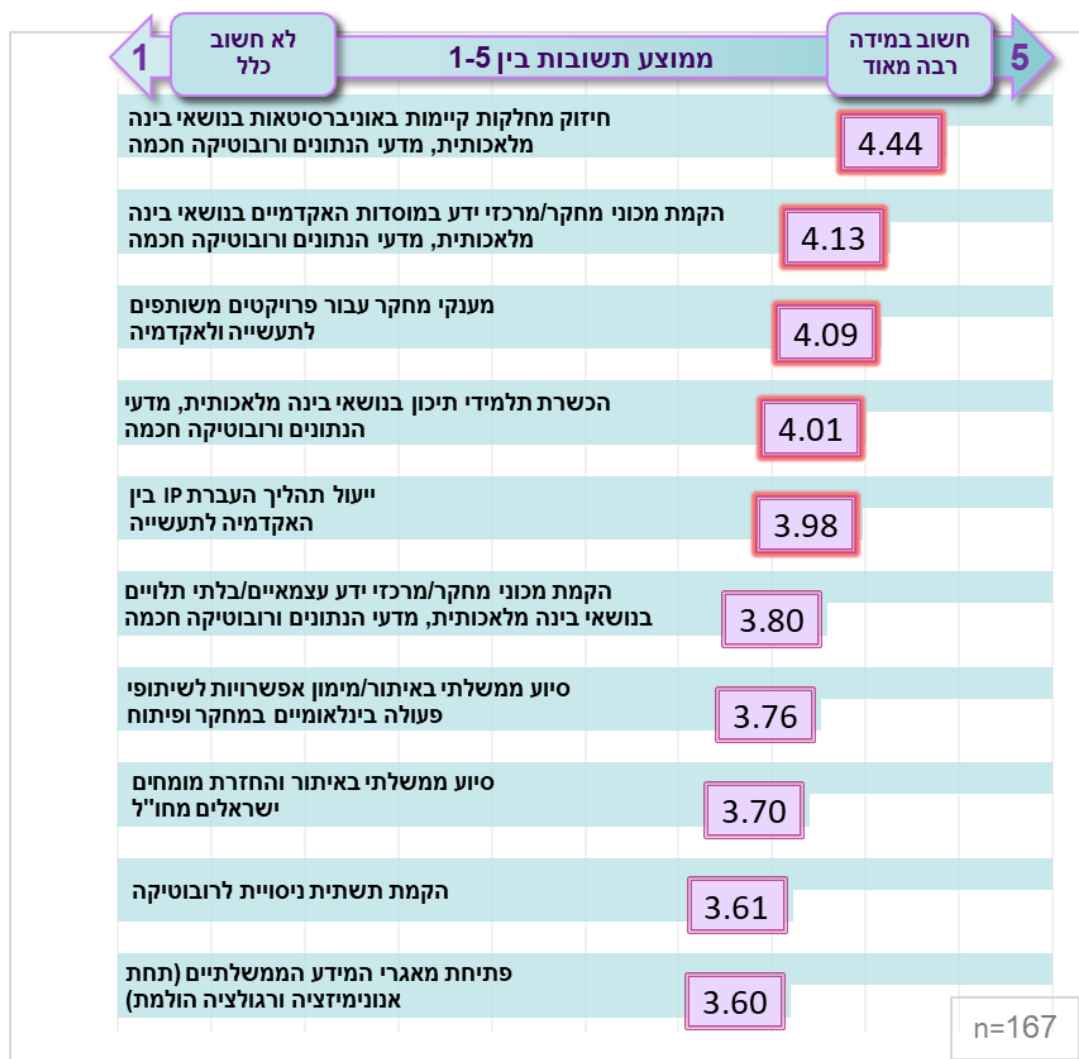
טבלה 9 מפרטת את האמצעים הנדרשים לקידום תחומי הבינה המלאכותית, מדעי הנתונים והרובוטיקה החכמה בישראל. עבור כל אמצעי נערך חישוב לבדיקת מידת חשיבותו<sup>21</sup>. **האמצעים שצוינו כמובילים ביכולתם לקדם את תחומי הבינה המלאכותית, מדעי הנתונים והרובוטיקה החכמה בישראל מתמקדים בקשרי אקדמיה-תעשייה.** האמצעים המובילים הם: חיזוק מחלקות הקיימות באוניברסיטאות, הקמת מכוני מחקר/מרכזי ידע במוסדות האקדמיים, מענקי מחקר עבור פרויקטים משותפים לתעשייה ולאקדמיה, הכשרת תלמידי תיכון בנושאי בנושאים אלו וייעול תהליך העברת IP בין האקדמיה לתעשייה (איור 13):

<sup>21</sup> האמצעים נבדקו על סולם ליקרט 1-5 לא חשוב כלל, 5-חשוב במידה רבה מאוד. ממוצע הציונים חשוב על פי סקאלה זו.

טבלה 9: האמצעים נדרשים לקידום את תחומי הבינה המלאכותית, מדעי הנתונים והרובוטיקה החכמה

| אמצעים                                                                                          | מספר משיבים | ממוצע (Mean) | סטיית תקן (SD) |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------|----------------|
| חיזוק מחלקות קיימות באוניברסיטאות בנושאי בינה מלאכותית, מדעי הנתונים ורובוטיקה חכמה             | 167         | 4.44         | 0.76           |
| הקמת מכוני מחקר/מרכזי ידע במוסדות האקדמיים בנושאי בינה מלאכותית, מדעי הנתונים ורובוטיקה חכמה    | 167         | 4.13         | 1.00           |
| מענקי מחקר עבור פרויקטים משותפים לתעשייה ולאקדמיה                                               | 167         | 4.09         | 1.00           |
| הכשרת תלמידי תיכון בנושאי בינה מלאכותית, מדעי הנתונים ורובוטיקה חכמה                            | 166         | 4.01         | 1.17           |
| ייעול תהליך העברת IP בין האקדמיה לתעשייה                                                        | 165         | 3.98         | 1.11           |
| הקמת מכוני מחקר/מרכזי ידע עצמאיים/בלתי תלויים בנושאי בינה מלאכותית, מדעי הנתונים ורובוטיקה חכמה | 167         | 3.80         | 1.19           |
| סיוע ממשלתי באיתור/מימון אפשרויות לשינופי פעולה בינלאומיים במחקר ופיתוח                         | 165         | 3.76         | 1.06           |
| סיוע ממשלתי באיתור והחזרת מומחים ישראלים מחו"ל                                                  | 164         | 3.70         | 1.25           |
| הקמת תשתית ניסויית לרובוטיקה                                                                    | 160         | 3.61         | 1.11           |
| פתיחת מאגרי המידע הממשלתיים (תחת אנונימזציה ורגולציה הולמת)                                     | 165         | 3.60         | 1.34           |
| אשרות עבודה למומחים מחו"ל                                                                       | 164         | 3.55         | 1.31           |
| סיוע ממשלתי במימון גישה למאגרי מידע שמרכזים ומציעים גופים מסחריים                               | 166         | 3.46         | 1.32           |
| סיוע ממשלתי במימון הכשרה מקצועית (קורסים מקוונים, הכשרות וכו')                                  | 166         | 3.32         | 1.29           |
| סיוע ממשלתי לתעשייה להקמת תשתיות חומרה                                                          | 164         | 3.23         | 1.30           |
| השתתפות בעלויות השימוש בשירותי הענן                                                             | 163         | 3.18         | 1.34           |
| מימון או ארגון כנסים באקדמיה ובתעשייה                                                           | 164         | 3.17         | 1.25           |
| הקמת מטה/גוף ממשלתי להכוונה וקביעת אסטרטגיה לאומית                                              | 167         | 3.16         | 1.44           |
| הקמת תשתיות ענן לאומיות שיספקו שירותי ענן לתעשייה                                               | 163         | 2.74         | 1.40           |

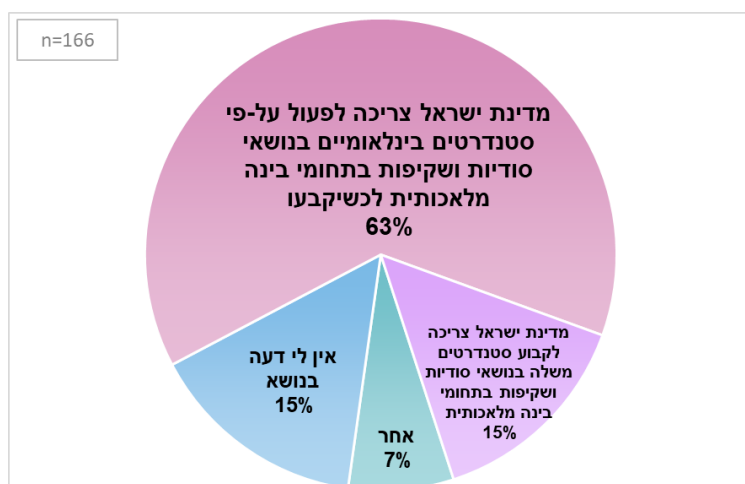
איור 13: האמצעים הנדרשים לקידום תחומי הבינה המלאכותית, מדעי הנתונים ורובוטיקה החכמה



#### » אימוץ סטנדרטים בינלאומיים בנושאי סודיות ושקיפות

איור 14 מציג את התפלגות התשובות לגבי מדיניות ישראל בנוגע לסטנדרטים של סודיות ושקיפות. רוב המשיבים (94%, 166 משיבים) ענו על שאלה זו. כשני שליש (63%) מאמינים שמדינת ישראל צריכה לפעול על פי הסטנדרטים הבינלאומיים בנושאי סודיות ושקיפות בתחומי הבינה המלאכותית ולא לקבוע סטנדרטים משלה בנושאים אלו.

איור 14: מדיניות ישראל לגבי הסטנדרטים בנושאי סודיות ושקיפות



בנוסף, 13 משיבים ציינו דעה אחרת במענה לשאלה. בין הדעות שהוצגו:

"ישראל צריכה להוביל בתחום, היכן שייקבעו תקנים מועילים ומעודדי חדשנות, עדיף לאמצם וכך לייצר כר פורה לשיתופי פעולה. במקומות בהם הקהילה הבינלאומית תתמחמה, על ישראל להוביל ולקבוע תקנים ולהתחיל ליישם."

"ישראל צריכה להוביל את הרפורמות, ויצירת סטנדרטים בכל הנוגע לסודיות, שקיפות והגבלות התעשייה. מי שקובע את הכללים תמיד מנצח. אסטרטגית זה המהלך הנכון."

"בתור התחלה, לעבוד לפי סטנדרטים בינלאומיים ובהמשך לייצר החרגות שיאפשרו לפתח ולבדל אותנו על מנת להזרים ולתמרץ יותר השקעות בתחום בכלל, ובפיתוחים מבוססים מידע ויכולות ישראליות."

"יש לעודד סטנדרטיזציה ברמה הבין לאומית כגון ארגוני IEEE."

"איך אפשר לדבר על סטנדרט בינ"ל כשאר"ב אירופה וסין כל כך שונות."

"מדינת ישראל לא צריכה לקבוע סטנדרטים כאלה בכלל."

"במקומות בהם יש סטנדרטים מקובלים - עליה להשתמש בהם, ובמקומות בהם אין - עליה להיות יוזמת ולהציע סטנדרטים אשר יהיו מקובלים על התעשייה"

"מדינת ישראל צריכה לתת כמה שיותר חופש לשוק החופשי בנוגע לבינה מלאכותית או שיעזבו למקום אחר לפתח את הטכנולוגיה הזאת"

"Now the regulation should be flexible and fluid to encourage free flowing innovation. As time progress, and AI grows in Israel in real applications and use case, then tighten regulation".

"צריכים ללכת על סטנדרטים בינלאומיים, עד כדי חריגים."

"ככל ויהיו סטנדרטים עלינו לישר קו ולא לנסות להוביל. עם זאת עלינו לקחת קו מתון, ולהעדיף בגבולות הסביר את הקדמה הטכנולוגית. לא להפקיר את הפרטיות אבל בפירוש כן לקחת סיכון מושכל."

"לדעתי אין צורך בהתערבות ממשלתית."

## ריכוז הערות המשיבים

רבים מהמשתתפים בסקר בחרו להוסיף הערות ותובנות משלהם. ההערות מתייחסות למספר נושאים עיקריים: הגדלת היצע כוח אדם, סיוע לאוניברסיטאות ולתעשייה, היתרונות של ישראל וצורך בהתערבות ממשלתית.

חלק גדול מההערות שהתייחסו לנושא של הגדלת היצע כוח אדם הצביעו על חשיבות החינוך בגילאי בית ספר. הערות אחרות התייחסו לנושאים כמו הסבות מקצועיות, סיוע לצעירים בצבירת ניסיון בתכניות התמחות ובעידוד ידע מעשי, כולל כוח אדם זוטא, ועידוד הכשרה באוניברסיטאות בדגש על מולטי-דיסציפלינריות.

מספר משתתפים ציינו את חשיבות התמיכה במחקר אוניברסיטאי, אם כי משתתף אחד טען כי אין צורך בתקציבים 'לניפוח' מנגנונים אוניברסיטאיים חדשים, אלא עדיף להשקיע ביחידות הקיימות כמו הנדסת חשמל ומחשבים.

משתתפים אחרים בסקר הביעו את דעתם לגבי הצורך בתמיכה בתעשייה, בין השאר באמצעות סיוע לחברות קטנות ובינוניות בתחרות מול חברות ענק על הון אנושי, הבאת מומחים מחו"ל וחזקת הקשר בין האקדמיה לתעשייה.

היתרונות של ישראל בתחומי הבינה המלאכותית, מדעי הנתונים והרובוטיקה החכמה לפי הערות המשתתפים בסקר הם בטכנולוגיות הצבאיות והביטחוניות, ברפואה ובסייבר. עוד ציינו יתרונות כמו קיומן של מוסדות מחקר מובילים (כדוגמת הטכניון), ומאגרי מידע ייחודיים. עם זאת, ציין אחד המשתתפים בסקר שקשה למצוא אנשים שמתמחים בתחומי האלקטרוניקה, ייצור ותכנות Embedded. חברות שעוסקות ברובוטיקה זקוקות למומחים מתחומים מאוד מגוונים שהם לא רק אלגוריתמיקה, אלא פלסטיקה, עיצוב תעשייתי וייצור במפעלים. אלו אלמנטים שפשוט לא קיימים בארץ.

מספר הערות התייחסו לתפקיד הממשלה בהורדת חסמים כגון הורדת מיסוי. המשתתפים בסקר ציינו שקיים צורך בהובלה ממשלתית של רתימת התעשייה והאקדמיה, מתן גישה למידע שאינו נגיש היום לחברות לצורך פיתוח מודלים והקמת תשתית משפטית-אתית למחקר.

להלן ההערות, כפי שנכתבו על ידי המשתתפים בסקר, לפי נושאים:

### ◀ הגדלת היצע כוח אדם

#### » חינוך

- הפער הכי גדול הוא בחינוך, ובעקבותיו מעטים מדי פונים לתחום ויש חוסר גדול בכוח אדם איכותי. הפערים הגדולים הם בעיקר בעידוד נשים לתחומים המדעיים (לאו דווקא לשלושת התחומים בהם שאלון זה ממוקד, אבל לתחומים המדעיים) ועידוד אוכלוסיות מוחלשות ופריפריה להגיע לתחומים הללו. אלו משאבי ענק לא מנוצלים היטב.
- מעבר ללמידה מותאמת אישית בגילאי בית ספר יוכל למנוע את הרתיעה ממתמטיקה, שמרחיקה אנשים מהתחומים הרלוונטיים ומייצרת סטיגמות שגויות על אופי העבודה בתחומים אלו. יש לחזק השכלה מדעית ויזמות.
- עקב הדינמיות הרבה בתחום, עידוד הסקרנות ללימוד עצמי החל משלב בית הספר יכול לעזור.
- בסופו של עניין - המפתח הוא להשקיע בחינוך מהגילאים הצעירים יחסית לקראת עידוד של יותר תלמידים להמשיך לכיוון של המקצועות הראליים למיניהם, ומשם כנראה יגיע חלק גדול מהשלמת הפערים מבחינת כוח אדם.

- קידום יכולות מחקר עצמאי במערכת החינוך
- חשיפת תלמידי תיכון לתחום תיתן להם קפיצה בבחירותיהם בהמשך חייהם.
- חשוב מאוד. מדובר במגמה ארוכת טווח שמצריכה מדיניות ארוכת טווח. חינוך שמתחיל בביה"ס היסודי בנושא אוריינות נתונים וסטטיסטיקה.
- חשוב מאד השילוב של נושאים אלה עוד במגמות לימוד בבתי ספר תיכון וכן שילוב של כיתות מבתי ספר תיכוניים במוסדות אקדמיים

#### » הסבה מקצועית

- ישנו פוטנציאל גדול בהסבה לתחום ה-AI של בוגרי תארים מתקדמים שאינם מתחום המחשבים. בפרט, ישנו פוטנציאל גדול בהסבה של בוגרי מדעי החיים, מאחר שיש רבים כאלה שאינם מוצאים עבודה בתחום הלימוד שלהם.

#### » הכשרת כוח אדם זוטרי

- לדעתי יש צורך להפריד בין כ"א מחקרי לכ"א מיישם. אין ספק שבשביל להיות חוקר יש צורך בתואר מתקדם, אך כמות החוקרים הנדרשת קטנה משמעותית מכמות המטמיעים והמפתחים הדרושים בתחום. כ"א זוטרי זה לא זקוק לתארים מתקדמים, אלא להכשרות מקצועיות ספציפיות לתחום, בנוסף ליכולות פיתוח תוכנה.

#### » סיוע לצעירים בצבירת ניסיון (תכנית התמחות)

- לפי דעתי הדגש המשמעותי ביותר הוא להכניס כמה שיותר אנשי מקצוע לתחום ולהכשיר אותם בפרויקטים מעשיים. יש המון סטודנטים ומפתחים שרוצים להיכנס לתחום אבל אין להם כרטיס כניסה כי החברות הגדולות וסטארט-אפים רוצים אנשים עם ניסיון. ברגע שנוכל לבנות תכנית התמחות נוכל להגדיל את כמות ואיכות האנשים שעוסקים בתחום בצורה משמעותית.

#### » עידוד ידע מעשי

- היום אני מחפש ניסיון. עובד מוכשר. לא אכפת לי מאיפה הוא מקבל את ההכשרה שלו כל עוד הוא עובר את המבחנים המקצועיים שלי. התואר האקדמי הרלוונטי הוא רק אחד הדרכים להגיע לשם.
- יש לא מעט ידע אקדמי - אך אנשים עם ידע מעשי חסרים מאוד

#### » עידוד הכשרה באוניברסיטאות

- השוק יודע לנתב את המאמצים לתחומים הנכונים ותמיכה ממשלתית בתחומים מסחריים קונקרטיים מייצרת נזק. השכלה מדעית מסורתית כפי שנלמדת באוניברסיטאות מאפשרת למידה עצמית ופיתוח קריירה בהתאם לדרישות השוק. השכלה מאיכות ירודה ולמידה לשם השגת יעדים פורמליים, כפי שמתבטאת ברוב המכללות ובבחירות הבגרות, אינן תורמות לתלמידים ואף יוצרות נזק ודוחות את תחילת הלמידה האיכותית.

## » עידוד מולטי-דיסציפלינריות

- יש מיעוט של יזמים שמעיצים לחשוב על השאלות הגדולות בתחום כגון: השפעת מציאות מדומה ורבודה על התודעה, מעגלי פידבק של AI והמוח האנושי, סנכרון בעולם של מציאות רבודה וכדומה. יש פה הזדמנות בין תחומית נדירה המשלבת ידע עמוק במתמטיקה, למידת מכונה, מודלים פיסיקאליים וביולוגים, פילוסופיה אתיקה ועוד.
- ישנה הזדמנות מדהימה למדינה שמצריכה ריתוך בין תחומי של דיסציפלינות שונות. רובוטיקה, מערכות אוטונומיות ודרכי אינטראקציה חדשות ישנו תעשיות שלמות.
- תואר ראשון בהנדסת מערכות, אינטגרציה, משלב תחומים מכל הדיסציפלינות, אנשים שמובילים ומאפיינים פרויקטים בתוך מחלקות הפיתוח, בעלי ידע פרקטי מכל הדיסציפלינות (אופטיקה, חשמל, embedded, מכניקה, ראייה ממוחשבת, עיבוד תמונה, תוכנה) שיכולים להציג תמונת מצב 'עילית' ולבצע אינטגרציה בין כל הדיסציפלינות בתוך מחלקת הפיתוח.

## ◀ סיוע לאוניברסיטאות

### » עידוד מחקר ומימון תומכי מחקר

- איתור בשלב מוקדם של חוקרים בעלי פוטנציאל תוך שימת דגש על חלוציות מחקרית בנושאים עמוקים מרכזיים ולא רק נישתיים ובשולי חזית המחקר כמו בדרך כלל.
- לדעתי חסרים תקציבים לאקדמיה, ובעיקר תקציבים למשרות מהנדסים במשרה מלאה שאמורים לתמוך במחקר מסוג זה. המשכורת של מהנדסים רלבנטיים למשרות כאלה היא מאד גבוהה בתעשייה וקשה להתחרות עם זה באקדמיה. עם זאת, רובוטים הם בדרך כלל מורכבים וסטודנטים בלבד לא מספיקים כדי לתחזק ולפתח אותם. צריך מהנדס ייעודי וכרגע קשה לממן את זה.
- אנחנו חזקים בפרקטיקה אך לא מספיק בחזית המחקר. יש לעודד מחקר מעמיק באוניברסיטאות.
- נראה שמטרת הסקר היא להניע תהליכי 'ניפוח' של תקציבים למנגנונים אקדמיים לא נחוצים באוניברסיטאות. לא לפתוח תכניות חדשות/מחלקות/פקולטות חדשות באקדמיה, חבל על הזמן. התועלת היחידה שתצמח היא חוסר יעילות באקדמיה וניפוח מנגנונים. המחקר בתחום יתפתח על ידי כל חוקר המעוניין בכך ללא קשר לפקולטה/מחלקה בה הוא נמצא. ראו לדוגמא את העיסוק ב-DL שקיים בטכניון גם בהנדסת חשמל, גם במדעי המחשב ולמיטב זכרוני גם במכונות ואווירונאוטיקה. עדיף לחזק מרכזים קיימים, הנדסת חשמל, והנדסת מחשבים/מדעי המחשב.

## ◀ סיוע לתעשייה

### » סיוע לחברות קטנות ובינוניות

- בישראל כיום פועלות חברות בינ"ל המייצרות מצב בו אין עובדים טובים במחיר שחברות קטנות ובינוניות יכולות לעמוד בו. השכר בתחומים אלה בישראל צמח באופן שאינו פרופורציונאלי לעולם ולמידת המיומנות של העובד כך שעובד מתחיל יכול לבקש שכר שבעבר הלא רחוק היה מביא עובד עם ניסיון של מספר שנים. יש צורך לעזור לחברות הקטנות והבינוניות להביא עובדים מיומנים מחו"ל (אוקראינה/פולין/מלטה/הונגריה וכו...) על מנת לאזן את המצב ולאפשר להן לקבל עובדים מוכשרים במחירים שניתן לעמוד בהם.

## » הבאת מומחים מהעולם

- רצוי גם להביא מומחים מהעולם בתחום, לפעול בישראל ובחברות ישראליות. יש מעטים בחוד החנית המחקרי והימצאותם ופעילותם בישראל עשויה לעודד היווצרות מרכז כובד כאן.

## » עידוד קשר אקדמיה-תעשייה

- יש לחזק הקשר בין אקדמיה לתעשייה על ידי מימון פרויקטים ותשתיות וניקיון בעיות הקניין הרוחני. לעניות דעתי: 1. חברות מתקדמות 'בורחות מהאקדמיה הישראלית' בעיקר בגלל התנהלות בלתי אפשרית של מחלקות הקניין הרוחני והמסחר באוניברסיטאות. 2. תשתיות קריטיות באקדמיה (חדרים נקיים, צב"ד וכו') פועלות בתפוקה של 25-30% - יש להקים יותר תשתיות במימון ממשלתי ולנסות למצוא פתרון המאפשר לתעשייה גישה לתשתיות כאלה.

## ◀ חוזקות וחסמים של ישראל

### » חוזקות

- אחד היתרונות המשמעותיים של מדינת ישראל הינו הטכנולוגיות הצבאיות והביטחוניות, ולטעמי יש לשים דגש על שילוב יכולות בינה מלאכותית מתקדמות בתחומים אלו (החל ממערכות אוטונומיות המשלבות יכולות עיבוד תמונה מתקדמות, עיבוד זיהוי קולי בעולם הביטחוני והצבאי, רשתות תקשורת ו"א, עולם הרפואה (החל מ-Data רב הקיים במערכות ועד לניסיון הרפואי הרב הקיים במדינה) וכמובן עולם הסייבר.
- לישראל יתרונות מובנים ומוכחים בתחומים חשובים אלו. יש למנף יתרונות אלו על מנת לפתח עסקים ומקומות עבודה, בעיקר בחיפה והצפון הסמוכים לטכניון - מרכז ידע ומוביל עולמי. ניתן וצריך למנף את הטכניון לצורך גיוס השקעות ופתיחת מרכזי מחקר, פיתוח ותעשייה.
- ישראל צריכה להתמקד בתשתיות איסוף ויצירת המידע ופחות בתחומי עיבוד המידע, קרי בתחומי החומרה והחיישנים.
- השילוב של יכולות AI שהן מאד מתקדמות בישראל, יחד עם מאגרי מידע סופר ייחודיים הקיימים בארץ - מהווה יתרון תחרותי ברמה עולמית שלדעתי יש חשיבות עליונה לנסות ולמנף אותו.

### » חסמים

- הבעיה הגדולה ביותר בצוות הקיים היא שקשה מאוד למצוא אנשים שמתמחים בתחומי האלקטרוניקה, ייצור ותכנות Embedded. אלו הם תחומי העתיד, עולם ה-IoT כולו מבוסס על מעבר לתכנות של ציפים אשר עומדים לבד, ובקטע הזה האקדמיה נמצאת מאד מאחור. כמו כן, המעבר הזה בעצם פותח שער לעולם של מוצרים פיזיים, ובחלק הזה מדינת ישראל נמצאת מאד מאחור. חברה שעוסקת ברובוטיקה זקוקה למומחים מתחומים מאד מגוונים שהם לא רק אלגוריתמיקה, אלא: פלסטיקה, עיצוב תעשייתי וייצור במפעלים. אלו אלמנטים שפשוט לא קיימים בארץ.

## ◀ התערבות ממשלתית

- אני לא חושב שהמדינה צריכה להתערב. שתוריד מיסוי ותסיר חסמים שהיא עצמה הציבה.
- אם מישהו רוצה לעודד את התחום הזה שווה לעזור לסטארט-אפים כלכלית (אולי עם הנחת מס) -- מאוד מאוד יקר להעסיק אנשים טובים מהתחום כתוצאה מחברות כמו אינטל, אמאזון, גוגל שגם מקבלים הנחת מס וגם משלמים סכומים מטורפים לעובדים שלהם
- כרגע יש לישראל מעמד תחרותי, נראה שפעילות זו מתקיימת ללא עזרה ממשלתית. אנחנו נאבד זאת בקרוב אם לא יהיו פה שינויים משמעותיים וסדר עדיפויות ממשלתי.
- המדינה בתרדמה עמוקה (וסין בלמידה עמוקה). הגיע הזמן להתעורר אם ישראל רוצה לשמר יתרון טכנולוגי...
- אני חושב שהממשלה לא צריכה להקים תשתיות או לקחת תחת חסותה פרויקטים כאלו או אחרים אלא בעיקר להיות זו שרותמת את התעשייה ומובילה את השינויים הנדרשים באקדמיה. הקמת גופי מחקר ייעודיים ומתן והקמת האבים ייעודיים שיחברו בין הגופים השונים. כמו כן מתן גישה למידע שהיום לא נגיש לחברות על מנת להאיץ את פיתוח המודלים שלהם. אפילו אם בתשלום הינו דבר אשר יכול להזניק את החברות קדימה.
- מעבר לתשתית הטכנולוגית יש חשיבות להקמת תשתית משפטית-אתית למחקר, פיתוח ושימוש בבינה מלאכותית וזאת באמצעות קיום דיאלוג בין הממשלה, האקדמיה, והתעשייה.

## מתודולוגיה

### 1. שאלון הסקר ומטרתו

מטרת הסקר הייתה לתקף חלק מהתובנות שעלו בשלב ראיונות העומק שבוצעו במהלך הפרויקט בנושאי הון אנושי. בנוסף נדרש הסקר לענות על מספר שאלות:

- מהן הטכנולוגיות בהן יש למדינת ישראל יכולת להוביל בתחומי הבינה המלאכותית, מדעי הנתונים והרובוטיקה החכמה.
  - מהם האמצעים הנדרשים לקידום תחומי הבינה המלאכותית, מדעי הנתונים והרובוטיקה החכמה בישראל.
  - מהי המדיניות הנדרשת בנושא אימוץ סטנדרטים בינלאומיים בנושאי סודיות ושקיפות.
- השאלון נוסח על ידי צוות המחקר בסיועו של ד"ר ניל נמיר, מרכז הועדה הלאומית לקשרי אקדמיה-תעשייה במולמו"פ ובהתבסס על שאלות מחקר שעלו מראיונות עומק עם כ-60 מומחים שבוצעו בשלב הראשון של המחקר.
- השאלון כלל 11 שאלות. 10 שאלות סגורות, בהן המשיבים התבקשו לבחור את החלופה המתאימה ביותר מתוך מספר תשובות. שאלה נוספת הייתה שאלה פתוחה אשר נתנה למשיבים את האפשרות להוסיף הערות ותובנות לגבי קידום תחומי הבינה המלאכותית, מדעי הנתונים והרובוטיקה החכמה.
- השאלון כלל את הנושאים הבאים:
- תחומי פעילות החברה ופרופיל העובדים;
  - כוח האדם בתחומי הבינה המלאכותית, מדעי הנתונים והרובוטיקה החכמה;
  - חוזקות וחולשות התעשייה בישראל בתחומי הבינה המלאכותית, מדעי הנתונים והרובוטיקה החכמה;
  - קידום תחומי הבינה המלאכותית, מדעי הנתונים והרובוטיקה החכמה בישראל.
- שאלה נוספת נועדה לקבל מהנשאלים שמות של עמיתים שעשויים להיות מעוניינים להשתתף בסקר וכן ניתנה אפשרות בשאלה האחרונה לתאר בקצרה את החברה של הנסקרים המעוניינים בכך.
- בשלב הראשוני, שאלון הסקר הועבר למספר עובדים בתעשייה בטרם הפצתו לצורך תיקוף. בשלב השני, השאלון הועבר למנהלים ובכירים בחברות השונות.
- איסוף נתוני השאלון התבצע באמצעות כלי מקוון (תוכנת הסקרים Opinio) הנמצא ברשות מוסד נאמן. התוכנה מאפשרת לשלוח פניה אישית לכל נסקר שכוללת הסבר קצר לגבי השאלון. התוכנה מאפשרת מעקב אחר המשיבים לשאלון בזמן אמת וייצוא התוצאות לתוכנות סטטיסטיות לצורך ניתוחם. מערכת הסקרים נשארה פתוחה למענה במשך כחודש, במהלכו נשלחו תזכורות למשתתפים.
- על מנת להגדיל את שיעור המענה לשאלונים, צוות המחקר התקשר טלפונית לנשאלים שלא מילאו את השאלון וביקש מכל אחד מהם באופן אישי לענות על השאלון.

### 2. אוכלוסיית הסקר

קביעת אוכלוסיית הסקר התבססה על שני מקורות:

א. רשימה של מנהלים ועובדים בכירים בחברות AI (לרוב בדרג CEO או CTO) שהתקבלה ממר דניאל זינגר<sup>22</sup>. הרשימה כללה שמות של מנהלים ועובדים בכירים בחברות שגייסו הון של מעל 1M\$, ובחברות שמעסיקות מעל 10 עובדים. הרשימה כללה גם פרטי התקשרות (מייל).  
 ב. לרשימת החברות התווספו גם חברות ממאגר המידע של ה-Startup Nation Central Finder, אשר מתווגות בלפחות אחת ממילות המפתח- machine-learning, big-data או artificial intelligence, ומעסיקות מעל 10 עובדים.

נתוני החברות (סקטור, מספר עובדים, שלב מימון ושלב מוצר) הושלמו ממאגר המידע של ה-Startup Nation Central Finder. שמות עובדי החברות בחברות שאוחרו ממאגר המידע של ה-Startup Nation Central Finder ופרטי קשר שהיו חסרים הושלמו ממאגר חברות הטכנולוגיה של IVC.

סה"כ נשלחו 753 שאלונים למנהלים ועובדים בכירים מ-655 חברות העוסקות בתחומי הבינה המלאכותית, מדעי הנתונים והרובוטיקה החכמה<sup>23,24</sup>.

### 3. שיעור המענה על שאלוני הסקר

על השאלון ענו 176 עובדים ומנהלים מתוך 160 חברות, שני יועצים ומעבדת מחקר אקדמית, העוסקים בתחומי הבינה המלאכותית, מדעי נתונים והרובוטיקה החכמה. כל הממצאים שיוצגו בדוח הנוכחי מתבססים על ניתוח של בסיס נתונים זה.

שיעור המענה לשאלון הסקר עמד על 23% מתוך סך הנסקרים ו-25% מתוך סך החברות שנכללו באוכלוסייה.

על מנת לבדוק האם קיים הבדל מובהק בין הסקטורים בהם פועלות החברות הנכללות באוכלוסיית המחקר (כפי שנקבעו בפלטפורמת Startup Nation Central) לשיעור המענה של החברות על שאלון המחקר, נערך מבחן חי בריבוע ( $\chi^2_{(12)} = 10.43, p > 0.05$ ). ניתן לראות שהתוצאה לא מובהקת, כלומר, אין הבדל בין קבוצת החברות במדגם לבין קבוצת החברות באוכלוסיית המחקר ולכן קבוצת החברות במדגם מייצגת את כלל החברות באוכלוסיית המחקר.

על מנת לבדוק האם קיים קשר בין תחום הפעילות של החברה לבין הסקטור אליה היא שייכת, נערך מבחן חי בריבוע מסוג קרמר. על פי הממצאים, נמצא קשר מובהק בעוצמה בינונית בין תחום הפעילות לבין סקטור הפעילות ( $\chi^2 = 100.05, p < 0.01$ ; Cramer's V=0.355), כלומר, השתייכות לסקטור מסוים מתאימה לפעילות בתחומים דומים.

<sup>22</sup> מיפוי אינטראקטיבי של חברות AI בישראל שביצע מר דניאל זינגר נמצא באתר <http://startuphub.ai>. עבודות קודמות ניתן למצוא ב-LinkedIn (<https://www.linkedin.com/in/danielsinger93>)

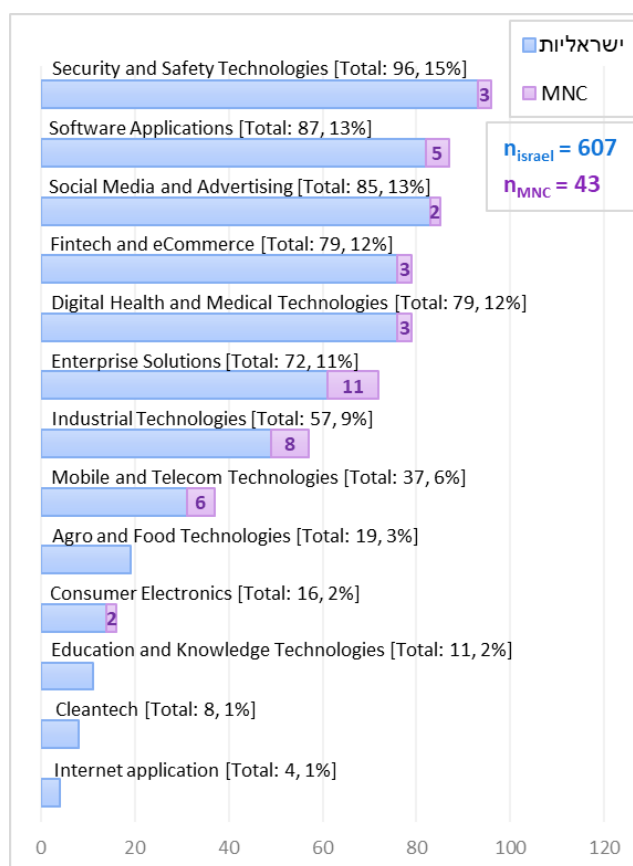
<sup>23</sup> שני נסקרים הינם יועצים בתחומי הבינה המלאכותית. וחברה אחת היא מעבדת מחקר.

<sup>24</sup> רשימת אוכלוסיית המחקר נלקחה מתוך פלטפורמת Startup Nation Central: [https://finder.startupnationcentral.org/who\\_we\\_are](https://finder.startupnationcentral.org/who_we_are)

## אפיון אוכלוסיית המחקר

איור 15 מציג את התפלגות אוכלוסיית המחקר על פי סקטורי הפעילות<sup>25</sup> בחלוקה של חברות ישראליות מול חברות MNC's. הסקטורים בהם פועלות מרבית החברות הישראליות הם Security and Safety Technologies (93 חברות), Software Applications (82 חברות), Social Media and Advertising (83 חברות), Fintech and eCommerce (76 חברות) ו-Digital Health and Medical Technologies (76 חברות). לעומת זאת הסקטורים בהם פועלות מרבית חברות ה-MNC's הם Enterprise Solutions (11 חברות) ו-Industrial Technologies (8 חברות), סקטורים שלא נמנים בין חמשת הסקטורים המובילים של החברות הישראליות.

איור 15: התפלגות אוכלוסיית המחקר על פי הסקטור, חברות ישראליות וחברות MNC<sup>26, 27</sup>



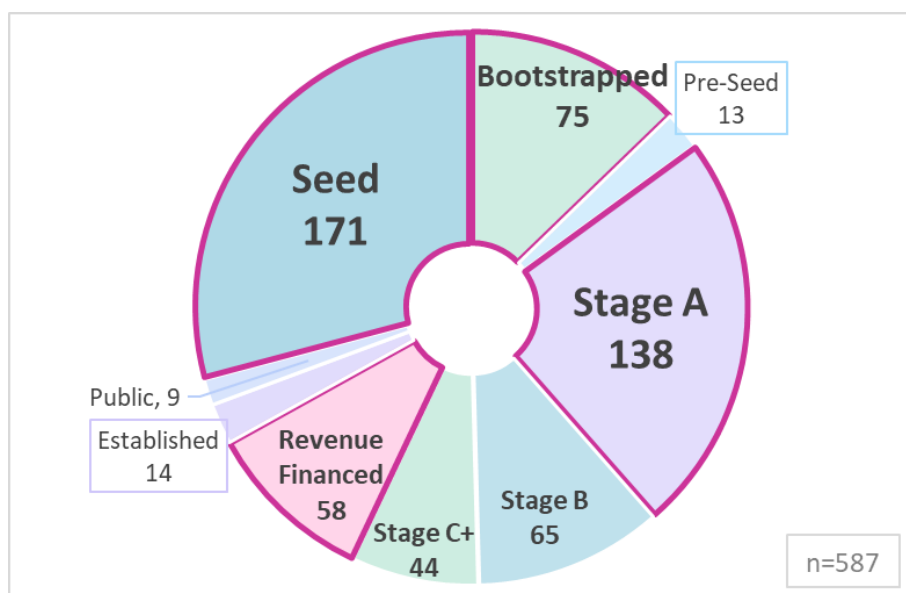
כמחצית מהחברות (53%) נמצאות בשלב מימון של Seed (29%) או Stage A (24%) (איור 16).

<sup>25</sup> הסקטורים לחברות הישראליות נלקחו ממאגר המידע של Startup Nation Central. לחברות הרב לאומיות לא מופיע סקטור פעילות במאגר מידע זה, לכן חברות אלו סווגו על פי מאגר המידע של IVC בהתאמה לסקטורים המופיעים ב-Startup Nation Central.

<sup>26</sup> מתוך 655 חברות, ל-650 חברות נמצא סקטור פעילות

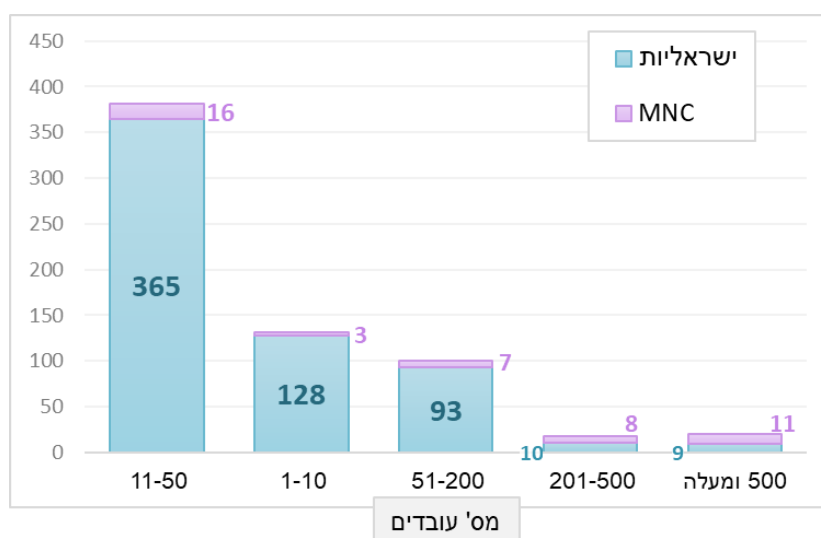
<sup>27</sup> לשתי חברות רב לאומיות אין אפיון סקטור

איור 16: התפלגות אוכלוסיית המחקר על פי שלב המימון בו נמצאת החברה<sup>28, 29</sup>



אוכלוסיית המחקר כללה 650 חברות שיש לנו מידע לגבי מספר העובדים המועסקים בהן. רוב החברות (59%) (ישראליות ו-MNC) מעסיקות בין 11 ל-50 עובדים (איור 17) בהפרדה בין חברות ישראליות לרוב לאומיות, כשני שליש (60%) מחברות הישראליות מעסיקות בין 11 ל-50 עובדים ואילו רק כשליש (36%) מהחברות הרב לאומיות מעסיקות כמות זו של עובדים.

איור 17: התפלגות מספר חברות לפי גודל החברה (אוכלוסיית המחקר)<sup>30, 31</sup>



<sup>28</sup> 45 חברות הינן חברות רב לאומיות ואינן כלולות בהתפלגות על פי שלב המימון

<sup>29</sup> ל-32 חברות אין מידע לגבי שלב המימון בו הן נמצאות

<sup>30</sup> בחברות רב לאומיות מספר העובדים משקף את כמות העובדים בארץ בלבד

<sup>31</sup> ל-5 חברות לא נמצא מידע לגבי כמות העובדים

## נספח 1 - חברות שהשתתפו בסקר<sup>32</sup>

**Actiview3d** - חברה המתמחה בפתרונות Data-driven להערכת עובדים ובניית מודלים התנהגותיים.

**ai.type** - עוסקת בניתוח והבנת טקסט במקור לצורך זיהוי, הבנה, תיקון וחיזוי של טקסטים במהלך הכתיבה והבנת הכוונה העכשווית של הכותב.

**Applied Materials** - מפתחת ציוד מתקדם מבוסס בינה מלאכותית לבקרת תהליכי ייצור שבבים מוליכים למחצה.

**Arbe Robotics** - מערכת זיהוי עצמים בזמן אמת מבוססת מכ"ם לרכב אוטונומי / רובוטים.

**Beyond Verbal Communication** - זיהוי מחלות ומצבים רפואיים ע"י ניתוח הקול.

**BrandTotal** - משתמשים בבינה מלאכותית לתחומים של שיווק - יצרנו חמ"ל לאנשי שיווק שיועד לומר להם בזמן אמת מה עושה התחרות שלהם במרחב הדיגיטלי, כך שיוכלו להגיב כשזה באמת רלוונטי.

**CB4** - אנליטיקה בנושאי קמעונאות (ריטייל).

**CityShob Software** - חברה חדשנית אשר מספקת מערכת שליטה ובקרה לערים חכמות בעולם, כאשר המערכת מתחברת למספר רב של סנסורים או מערכות (IoT), מעבדת את המידע עם מנועי אנליטיקה ומציגה את הנתונים הרלוונטיים למשתמש ולמקבל ההחלטות. לאנשי סיטישוב יש יותר מעשור של ניסיון בתחום של ערים חכמות, הצוות שלנו מציע פתרונות מתקדמים ושירותים אשר יכול להפיץ את הטכנולוגיה המתוחכמת שלה על פני ערים בכל קנה מידה ולהפוך את העיר לחכמה יותר.

**Cognifiber** - חברת סטארט-אפ המפתחת חומרה אופטית חדשנית לשימושי בינה מלאכותית במהירויות עד פי 1000 מהקיימות ובהפחתה משמעותית בצריכת ההספק.

**ComboGuard (cheq)** - צ'ק הישראלית הינה המובילה הבינלאומית בטכנולוגיות אבטחה לתקציבי פרסום דיגיטליים.

**Data2Life** - חברת אנליטיקה בתחום הבריאות מבוססת בינה מלאכותית. החברה מתמקדת בהרמוניזציה של מאגרי מידע, כולל שיח המטופלים ברשתות החברתיות לטובת בניית תמונה הוליסטית של תרופות, טיפולים והפרופילים שלהם לטובת רפואה ומחקר מדויקים יותר.

**Foresight Automotive** - פיתוח מערכות עזר לנהג מבוססות ראייה ממוחשבת ופיתוח סנסורים לרכב אוטונומי.

**FST Biometrics** - זיהוי ביומטרי לפי מראה לצורך קבלת שרות Fat.

**Genoox** - מפתחים בינה מלאכותית בסיוע ניתוח נתונים גנטיים וקליניים לצורך יעול תהליכי קבלת ההחלטות הרפואיים ברפואה מותאמת אישית.

**GreenQ** - בקרה ואופטימיזציה לאיסוף אשפה, הופכים משאיות לחכמות, רואות ושומעות.

**Hailo Technologies** - היילו מפתחת מעבד לרשתות נוירונים של הספק למכשירי קצה.

**I Know First** - חברת פינטק ישראלית אשר פיתחה אלגוריתם בינה מלאכותית חדשני ומתקדם שמספק תחזית יומית לשוק ההון לזיהוי מגמות והזדמנויות השקעה. האלגוריתם מפיץ תחזית יומית ל-10,000 נכסים כולל מניות, שערי ריבית, מדדים עולמיים, סחורות וצמדי מטבעות לטווחי זמן שונים (טווח קצר, בינוני וארוך) ומזהה את הזדמנויות ההשקעה הטובות ביותר לכל טווח זמן.

<sup>32</sup> חברות המופיעות בנספח זה, נתנו את הסכמתן להופיע בדוח זה. תיאור החברה כפי שנכתב על ידי ממלא הסקר (למעט חברות בהן מצוין אחרת).

**Intuition Robotics** - מפתחת פלטפורמה קוגניטיבית שמשנה את האינטראקציה בין בני אדם למכונות אוטונומיות. כמו-כן החברה פיתחה רובוט חברתי לגיל השלישי למניעת בדידות ובידוד חברתי.

**ITC Tech Systems Ltd.** - מוסד ללא כוונת רווח שמטרתו לגשר על הפער באנשי פיתוח בישראל. הקורס המוביל הוא בתחום ה Data Science והבינה המלאכותית, ומתבצע בשילוב חברות מובילות בתעשייה, לרבות אינטל, מובילאי, צ'קפוינט, אוטברייין, טאבולה ואחרות.

**kryon Systems** - היא חברה הפעילה בתחום ה-Robotic Process Automation. החברה מפתחת פלטפורמה לבנייה וניהול של רובוטים ארגוניים. הפתרון שלה מאפשר לרובוט לבצע כל פעולה לוגית שעובד יכול לבצע: בין אם מדובר בהנהלת חשבונות, קליטת עובדים או טיפול בתביעות ביטוח. הרובוט יוכל ללמוד לבצע את המשימה. הגבול של הרובוט עובר בתחום היצירתיות. ברגע שהמשימה כוללת אלמנט של המצאה או כל חשיבה יצירתית, הרובוט לא יכול לסייע. בחברה טוענים כי קראיון הוקמה במטרה להקל על העבודה של אנשים בכל התעשיות, תוך צמצום בזבז הזמן של ביצוע מטלות מנהליות והורדת המעמסה מהעובדים.

**mathematic.ai** - מחקר אלגוריתמי יישומי.

**Matrix** - מטריקס איי טי. תחום מחקר ופיתוח רשתות נוירונים מלאכותיות.

**Nanorep Technologies Ltd. (a LogMein company)** - מפתחת פתרונות בינה מלאכותית לשירות ותמיכה, ניתוח מאגרי מידע חיפוש בשפה טבעית וצ'אטבוטים מתקדמים. החברה נמכרה ל-LogMein העולמית וממשיכה להוביל את תחומי מחקר ה AI בחברה תוך כוונה להרחיב ולהקים מרכזי מחקר בארץ.

**Onvego Ltd** - עוסקת בפיתוח מערכות אינטליגנטיות בתחום זיהוי והבנת דיבור.

**Otica.ai** - עוסקת ב-Monetizing Professional Knowledge, הקמת רשתות לסחור ידע מקצועי.

**Robust E2C** - מציעה פתרונות IoT מקיפים המנהלים את כל הרכיבים, מיחידות הקצה שבעולם הפיזי ועד לשירותי הענן.

**Roundforest** - עוזרים למיליוני צרכנים לקבל החלטות יותר טובות ויותר בקלות.

**Simplex** - חברת תשלומים המציעה הגנה מלאה מפני הונאות ללקוחותיה בעזרת AI מבוסס Learning Machine.

**SparkBeyond** - החברה מפתחת פתרונות ניתוח מידע בעזרת בינה מלאכותית למצוא תבניות במידע הארגוני ואיך הוא מתחבר עם עצמו ועם מקורות חיצוניים. בונה מודלים מדויקים וברי הבנה. המערכת יודעת לשאול שאלות ולענות עליהם בשביל להפיק תובנות שמובילות לפעולה בשביל להשפיע על מדדים עסקיים וכן השפעה חיובית על העולם בכלל.

**Skyline Robotics** - automating work at heights, Skyline Robotics, בסקייליין אנחנו מאמינים שאנשים שווים יותר מרובוטים, ולכן אנחנו שואפים למכן את כל עבודות הגובה בעולם. מלמדים מחשב לתפעל רובוטים יחד עם במות הרמה ומנופים לעבודות גובה.

**Trax Image Recognition** - בינה מלאכותית ועיבוד תמונה לתעשיית הריטייל.

**Uri Eliabayev** - יועץ קהילת Deep Learning Israel & Machine

**Yotta Green** - החברה עוסקת בבתיים חכמים.

**ZenCity** - החברה עוסקת בניתוח התנהגות ופידבקים של תושבים, ועובדת עם ערים בכל העולם, מן פרנסיסקו ועד תל אביב.

**Agoda**<sup>33</sup> - Agoda, part of Priceline Group, is a platform for travelers. Agoda enables journeys and assists exploration by offering a fast, easy, and secure way to book all kinds of accommodation. Agoda's intuitive interface across desktop, mobile, and app

platforms provides easy booking for hundreds of thousands of properties in over 40 languages.

**AlgoBrix** - a combination of algorithm and bricks, creating a fun and intuitive way to teach children the basics of coding and robotics using smart tangible building blocks.

**Amazon**<sup>33</sup> - an electronic commerce and cloud computing company. Amazon started as an online bookstore, later diversifying to sell DVDs, Blu-rays, CDs, video downloads/streaming, MP3 downloads/streaming, audiobook downloads/streaming, software, video games, electronics, apparel, furniture, food, toys, and jewelry. The company also produces consumer electronics notably, Amazon Kindle e-book readers, Fire tablets, Fire TV, and Fire Phone and is the world's largest provider of cloud infrastructure services.

**Augury** - Augury is working with the world's largest industrial companies on making their machines and facilities more productive by combining two key shifts in the industry: artificial intelligence and the Internet of Things.

**BeyondMinds** - We offer high-end Machine Learning & Deep Learning consulting and algorithm development services. Based on a unique working methodology we combine cutting-edge research with focused, ROI-driven solutions.

**BrainQ Technologies** - developing AI based medical device to treat neuro-disorders.

**Signal.io** - an AI-based technology for programmatic media buyers. Using AI technology CORE delivers superior performance through a focused and valuable bidding insights.

**DataGen Technologies** - Create photorealistic synthetic data to train neural networks for real-world tasks. We work with major tech companies from across the globe to solve Human-Machine Interaction for AR/VR and improve the analysis abilities of security cameras. We are solving the future of Computer Vision and Artificial Intelligence.

**diagnostics.ai** - diagnostics.ai is focused on using innovative machine learning and artificial intelligence techniques to ensure that safe and automated diagnostics are available to all. The company's multi-patented technology automates diagnostic data analysis, replacing the need for people analyzing graphical data outputs. This increases accuracy, saves labs time and money and makes patients safer; it is endorsed by leading pathologists and is already in use for patient-care internationally. diagnostics.ai brings together experts in molecular biology, data analysis, algorithmics, mathematics and computer programming.

**Elbit Systems**<sup>33</sup> - Elbit Systems and its subsidiary, Elbit Systems Electro-Optics, operate in the areas of military and commercial aerospace, land and naval systems, command, control, communications, computers, intelligence, surveillance and reconnaissance, unmanned aircraft systems, advanced electro-optics, electro-optic space systems, EW suites, airborne warning systems, ELINT systems, and data links .

**Evo.Do** - EVO.DO Code-less test automation using deep reinforcement learning.

**Fifth Dimension** - big data intelligence investigation platform based on AI capabilities.

**Forter** - Forter prevents and manages on-line Fraud. Forter is leading the full automation of Fraud prevention by. decisioning at scale, in real time.

**Intel Israel Ltd.**<sup>33</sup> - Intel Israel is the largest employer in the Israeli high-tech industry. Intel Israel's development teams create solutions in a range of technologies, accelerating the development of processors, adding senses and artificial intelligence, and integrating them into device.

**Keotic** - Keotic is a leading R&D company focusing on unsupervised Natural Language Processing technologies and Artificial General Intelligence.

**Philips R&D Center** <sup>33</sup>- Healthcare informatics. Philips is a diversified technology company focused on improving people's lives through meaningful innovation in the areas of healthcare, consumer lifestyle, and lighting. In 2014, the company split into two independent divisions: Healthcare and Lighting.

**RADLogics** - AI enhanced medical image analysis.

**Resonai** - Resonai, visual recognition for augmented and robotic vision.

**Seebo**<sup>33</sup> - Seebo is a pioneer in process-based Industrial AI, with solutions to predict and prevent disruptions in manufacturing due to quality and downtime issues.

**Siemens** <sup>33</sup>- Siemens AG engages in the distribution of systems for power generation, power transmission, and medical diagnosis. The company operates through the following segments: power and gas, wind power and renewables, energy management, building technologies, mobility, digital factory, process industries and drives, healthcare, and financial services.

**Thetaray** - We are transforming the way that the world benefits from data ThetaRay's AI solutions pinpoint future problems, discover new opportunities, and expose blind spots within complex data sets that are growing bigger all the time. Invented by two world-renowned mathematicians, our patented algorithms detect anomalies in real time, radically reduce false positives, and uncover unknown unknowns. We serve financial institutions, industrial manufacturers, aviation businesses, and critical infrastructure providers internationally.

**Twiggle** - A company pioneering the use of artificial intelligence in online retail.

**Verifyoo** - Verifyoo develops advanced behavioral biometric technologies, using our unique verification solutions we assist businesses in fighting fraud, improving the experience for the end users and reducing the overall cost of operations of existing verification methods. Our flagship product, the Biometric One-Time Password incorporates the strengths of the OTP (random, no memory is required) with behavioral biometrics (unique per individual). Verifyoo solves pains and problems that are not addressed by existing biometric methods. Verifyoo was co-founded by cyber security experts from the industry and the academy and is backed by the Israeli Innovation Authority.

**VocalZoom** - The challenges in industrial IOT are to deploy the sensors with minimal integration cost and minimal downtime. VocalZoom enables faster deployment of sensing solutions. VocalZoom laser sensors measure vibrations, velocity, and distance. The sensors provide accurate, low cost and small form factor solution for quick and easy deployment on machinery such as engines, turbines, pumps and more.

The company has already developed the innovative sensor and now focus on S&M and next-generation products.

**Zemingo** - Developing world first consumer IoT platform.

## מדע וטכנולוגיה



**מוסד שמואל נאמן**  
למחקר מדיניות לאומית

טל. 04-8292329 | פקס. 04-8231889  
קרית הטכניון, חיפה 3200003  
[www.neaman.org.il](http://www.neaman.org.il)