

# בינה מלאכותית כתשתית לאומית

היבטים וגישות להבטחת  
תשתיות AI בישראל

ניב שפירא, אפרת בכיר-נתנאל וגל לבנט



טכנולוגיות AI משנות את העולם המוכר לנו במהירות, בעוצמה וברוחב יריעת חסרי תקדים. הן מבוססות על תשתיות ייחודיות, הדורשות השקעה כלכלית עצומה ופתרונות לביעות שטח ואנרגיה לתמיכה באוֹתן תשתיות. **המטרה להקמת תשתיות אלו היא "מטרץ החימוש של המאה ה-21".** מדינת ישראל, למרות דירוגים עולמיים גבוהים במדדי AI, מדורגת במקומות נומכמים בשכבות התשתיות ל-AI – התשתיות הפיזית, הנטווניות והמשילות. כדי לעמוד בקצב ולהמשיך להחזיק במעמדה כמובילה בתחום ה-AI, **היא חייבת להגות תוכנית ולהקצות משאבים להבטחת צורכי התשתיות הללו וצורכי האנרגיה המאפשרים אותם.**

מסמך זה מציג גישה ולפיה **על מדינת ישראל להכיר, תחילתה, במנגנון התשתיות. כפועל יוצא, עליה להקים משאבים רבים בהבטחת מרכזי נתוניים ריבוניים לצרכים אקטואים** (למידע רגיש ומסוג, להבטחת רציפות התפעול ולשם מחקר מתקדם המצריך גישה פיזית לתשתיות); **ולצד זאת, ליצור קשרים ושיתופי פעולה חזקים עם מדינות בעלות יכולות תעשייתיות גבוהות,** ובמיוחד עם ארה"ב, מדינות הסכמי אברהם ומדינות מובילות באירופה. כך תוכל להבטיח גישה ישראלית ישירה, רציפה ומסובסדת לתשתיות AI, גם לשימושים שלא בהכרח מצריכים ריבונות גבוהה.

כדי לתמוך אנרגטית בתשתיות המקומיות – תוך התחשבות במדינות, בתנאי השטח ובעומסים – על המדינה **לעוזד הקמת מתקני אגירה סמוך למרכזי נתונים בצפונה ובדרוםיה, והקמת מתקני ייצור קוגניציונליים סמוך למרכזי נתונים במרכזה.** זאת, תוך **ביטול מגבלות ההספק הרגולטוריות של ייצור 125%** מצורcit השיא של הצרכן, כך ש망תקנים אלו יוכל לספק חשמל גם לאזורים הסובבים את מרכזי הנתוניים. מדיניות זו תאפשר "הצמדה אזרחית" של הייצור והצריכה, באופן שיצמצם השפעות על מערכת ההולכה ויאפשר תועלות נלוות משמעותיות למשק האנרגיה ולשוק הישראלי בכלל.

לצד ההשקעה בתשתיות הפיזיות, על המדינה לשמר ולפתח את משאבי כוח האדם וסביבה התפעול בעולמות הטכנולוגיה, וזאת באמצעות מענקים, תMRIיצים, השקעה באקדמיה והסדרת הרגולציה.

2024 הייתה השנה שבה ממשלות יותר משילשו את השקעתן ב-AI, כלכלית ורגולטורית. אולם השקעות של מדינת ישראל ב-AI נותרו נמוכות בקנה מידה עולמי. **לשימור ולSHIPOR מעמדה כמובילה בתחום,ישראל חייבת אף היא "להיכנס למשחק", להקים את התשתיות הנדרשות ולהבטיח גישה לתשתיות בין-לאיכות תעשיית לאומיות.**

## עיקרי המלצות

- 1. גיבוש אסטרטגיה לאומית** העתיד של ישראל בעידן ה-AI אינו טמון בהפיקתה לעצמה תשתיות, כי אם במצובה כמדינה קטנה ועתירת ידע המחברת בין יתרונותיה האנושיים והטכנולוגיים לבין תשתיות מקומיות, אזוריות ובינלאומיות. שילוב זה, יחד עם אסדרות אנרגטיות חכמות והסכם סחר טכנולוגיים במסגרת אזורית וגלובלית, יבטיח מעמד מוביל בעידן המדובר.
- 2. הגדרת צורכי תשתיות ריבוניות On-Premise.** יש לערוך תחזיות ביישומים למרכזים נתוניים המיועדים לאחסון של כמות המידע הרגיש והמסווג, שעליו להישמר בתחום מדינת ישראל בלבד. תחזיות אלה יאפשרו: (א) לגזר את היקפי תשתיות אחסון הנתונים הנדרשות, (ב) לגזר את היקפי המחשבים הנדרשים לאימון מודלי AI על המידע הזה ו(ג) לגזר את היקפי התשתיות הтонכיות הנדרשות (אנרגיה, שטח בניה, קישוריות וכו'). בהתאם לביקושים הצפויים, יש להבטיח שמירת קרקעות, הליכי תכנון מזוריים ואת תשתיות החשמל הנדרשת. חשוב להציג כי תחזיות הביקושים צפויות לשנתנות באופן תכופ, ויש ליצור מנגנון עדכון גמישים להתחזיות עצמן והן מהיבטי תכנון.
- 3. הבטחת גישה לתשתיות ענן On-demand.** מרבית השימושים אינם מצריכים תשתיות ריבונית בישראל, אך מחיבים גישה מובטחת למשאבי חישוב ואחסון רבים. כדי למלא דרישות אלו המדינה יכולה להבטיח, באמצעות הסכמים מסחריים במתכונת G2G (מדינה מול מדינה) ו-G2B (מדינה מול חברות עסקיות), כמות מסוימת של משאבי חישוב במדינות זרות. משאבי השמורים לחברות ולגופיםישראלים, והבטיחים ליישרל הקenza מועדף בזמנים ובעלות אפקטיביות. ניתן להישען על "הסכם אברהם" כבסיס לשיתופי פעולה אסטרטגיים עם איחוד האמירויות, סעודיה ומדינת הארץ. שילוב זה יכול להציב את ישראל בשחקנית מפתח אזורית, המספקת מומחיות וכוח אדם ומתקבל גישה מועדף למרכזים נתוניים.
- 4. האצת פיתוח משק האנרגיה.** כדי להבטיח אספקת חשמל מתאימה למרכזים המקומיים, יש להבטיח שמרכזים נתוניים לא יהוו נטול על משק האנרגניה אלא מנוף למדינות אנרגטיות לאומיות, באמצעות תכנון תשתיות משולב. כך, מתקני אגירה יקומו סמוך למרכזים נתוניים בצפון ובדרום, ומתקני ייצור קונבנציונליים יקומו סמוך למרכזים במרכזי, ועם התאמות רגולטוריות, יוכל גם לספק חשמל לאזורים הסמוכים למרכזים נתוניים. בכלל, יש להאיץ את פיתוח משק האנרגיה בישראל, כדי להבטיח عمידה בייעדי ביקוש עתידיים הנובעים מהבינה המלאכותית ומהטכנולוגיות העתידות לבוא בעקבותיה.
- 5. תשתיות נתוניים.** יש להמשיך ולקדם את האחדות והנגשथם של מאגרי המידע הציבוריים, ובפרט אלו הייחודיים לישראל. כמו כן, יש לאחד חלקים גדולים ממערכות המידע הממשלתיות ולאפשר חיבוריות ביניהן, כדי להתחל בהתמעה של מערכות AI במסגרתן. לצד זאת, יש להמשיך ולפעול למען הסדרת השדה הרגולטורי בונגעו לשימוש נתונים במערכות AI ולשימוש בהם נתונים שייצרו מערכות AI. זאת, תוך מחשבה על תאימות רגולטורית עם שותפותה העיקריים של ישראל, ובכללם אירופה וארה"ב, ועל שיקולי חדשנות מול שמירה על ביטחון מידע.

5	מבוא .1
7	רקע תיאורטי - תשתיות בינה מלאכותית .2
16	היבטים כלכליים ורגולטוריים - עלויות ותקנות בישראל .3
22	סקירה בינלאומית - מודלי פריסה אסטרטגיות לאומות .4
34	הערך של מודלי הפרסה ל-4 המגזרים בישראל .5
39	מחסנית ה-AI של ישראל .6
50	מרק האנרגיה הישראלי כמחולל השינוי הكريטי .7
57	המלצות מדיניות .8
59	נספחים .9
60	ביבליוגרפיה .10

## 1 | מבוא

בינה מלאכותית היא טכנולוגיה משבשת (disruptive) המיצרת פריצות דרך כמעט בכל תחום – ברפואה, בתעשייה, במדע, בחינוך, בחקלאות ובמערכות ביוחניות. היא מאפשרת אוטומציה, חיזוי, קבלת החלטות, ייעול תהליכיים והאצה של חישנות מדעית וטכנולוגית. השפעתה הכלכלית צפופה להיות עצומה – מגידול בפרקון העבודה ועד עיצוב שוקים חדשים. יחד עם זאת, AI יש גם דרישות תשתיית ייחודיות. בראשן, נפח מחשוב עצומים, רוחב פס גבוה לחיבוריות בזמן אמיתי, מאגרי נתונים נגטיבים ומובנים, ובעיקר – היקף חסר תקדים של ביקוש לאנרגיה. כלכלת המבוססת על בינה מלאכותית נשענת על תשתיות פיזיות וdigיטליות איתנות. לפיכך, כדי למש את פוטנציאל ה-AI, ממשות נדרשות להזות ולהשקייע בתשתיות קריטיות – מהבטחת גישה לכוח מחשוב עיתר ביצועים ועד אספקת אנרגיה ותקשורות מהירה.

הבינה המלאכותית יצרה פער דיגיטלי חדש: מדיניות שיש להן כוח מחשוב הנחוץ לבניית מערכות AI מתקדמות, ומדיניות החסروفות את יכולות הללו. פער זה מעצב את מזון הכוחות העולמי ואת הכלכלת הגלובלית. להבטחת גישה רחבה, יציבה וריבונית לתשתיות הנדרשות, נקבעות גישות שונות. בין החלופות המרכזיות: השקעה ממשלתית ישירה בתשתיות לאומיות; שותפות ציבורית-פרטית להקמה ופעולת משותף של תשתיות; שימוש בשירותי ענן מסחריים בינלאומיים בגישה מרוחקת; השתתפות ביוזמות תשתיות אזוריות או בינלאומיות; וכן מודלים היברידיים המשלבים תשתיות מקומיות עם גישה לפלטפורמות חיצונית תוך רגולציה מותאמת.

מדינת ישראל נכנסת לעידן AI כמשמעות הידען ומודרגת גביה במכונותה לקראותו, במיוחד בזכות השקעות רבות בגין הפרט**<sup>1</sup>**. אלא שהה��暢יות בתחום הן מהירות במילוי, וכך לשמר את מעמדה, ואף להימנות עם המדיניות המובילות בו – עליה להشكיע משאבים בהספקת התשתיות הנדרשות בהיבטי אנרגיה, רכיבי אחסון ועיבוד נתונים ותשתיות העברת נתונים. כך, כדי להבטיח את מעמדה הכלכלי והטכנולוגי של ישראל בעידן החדש, ומול אתגרים גיאופוליטיים ותקציביים, נדרש מединיות תשתיות מושכלת, שתתעדף השקעות לפי יעדים לאומיים ואשר תוויד נגישות למשאבים הנדרשים לשנים ולশורים הבאים.

בתקופה האחורונה, מדינת ישראל קיבלה קריית השכלה בדמות הצהרות על חשימת הגישה של 8200 לשירותי הענן של מיקרוסופט.**<sup>2</sup>** אירעו זה מבלתי את הצורך האקטוא של המדינה להסתמך על תשתיות ריבוניות לצרכים מסוימים, ובמקביל להבטיח גישה נוחה לתשתיות AI ייעילות, זולות וחדישות לצרכים אחרים. ובעיקר, הוא מדגיש כי יש להתייחס לתשתיות AI כתשתיות לאומיות וחדשניות לצרכים אחרים.

---

Oxford Insights, Government AI Readiness Index 2024; Tortoise, The Global Artificial Intelligence Index **<sup>1</sup>** 2024.

**<sup>2</sup>** סוכנויות הדעת, "מיקרוסופט חסמה ל-8200 גישה לחלק שירותי הענן שעליהם נשמרו שירות של פלסטינים".

מדרגה ראשונה – גישה בטוחה ורציפה לתשתיות אלה אינה בגדר מותרות, אלא היא צורך לאומי-לאומי.

במסמך זה נסקור את התשתיות הפיזיות הדרויות לפיתוח, הקמה ופריסת ("העלאה לאויר") של מערכות AI ואת המגמות העולמיות. נבחן את נקודות החזק והחולשה של מדינת ישראל בתחום לאור מאפייניה הייחודיים, והיכן עליה להשകיע משאבים כדי לאפשר את המשך ההתקפות המוצלחת של ה-AI בגבולותיה. הסקירה העיקרית שתעמוד ל מבחן בסיקורה זו תהיה מקומי-חיצוני (או בניסוחים אחרים: בנה-קנה/ריבוני-בינלאומי), ככלمر: מהם הדרישות וההיקפים עבור תשתיות מקומיות-ריבוניות, בעיקר בשכבות התשתיות והנתוניות. נבחן זאת על פנוי ארבעה שימושים מרכזיים: תעשייה ויזמות; מחקר ופיתוח; לאומי-ازורי; לאומי-ביטחוני.

מכון מזמין למדיניות בינה מלאכותית (ע"ר), פועל לגיבוש וקידום חזון ומפת דרכי להבטחת עתיד שבבו הבינה המלאכותית תשמש ככוח חיובי לשירות את כלל הארץ ישראל. אנו מאמינים כי מסמך זה מציג את ההיגיון התשתייתי הנדרש למדינת ישראל כדי לשגשג בעידן הבינה המלאכותית, וכי אימוץ המלצותיו יקדם את יכולת השימוש במערכות AI לצרכים לאומיים, לאומיים וביטחוניים במדינה.

## 2 | רקע תיאורטי: תשתיות בינה מלאכותית

מערכות בינה מלאכותית מסתובבות בעולם הטכנולוגי כבר שנים רבות, אולם בשנים האחרונות אנו צופים בנסיקתן ובהטמעתן בהיבטים רבים בחיננו. מערכות אלו כבר גורמות לשינויים عمוקים בחברה ובכלכלה – מגמה הצפואה להעצם ככל שיסיפו להתרפה. בהיותן מערכות לומדות, הן מגלמות דרישות תשתיות גבוהות, ובהן:マイיצים חזקים במיוחד, שטחי אחסון אדריכים וKİושוּרִות מהירה ובטוחה. כל זאת, כדי להמשיך ללמידה ולהתרפה. התשתיות המדוברות צורכות חשמל רב, בעלות טביעה רג'ל פיזית גבוהה, ודורשות השקעה כספית אדירה.

### מחסנית הבינה המלאכותית (AI Stack)

כל מערכת טכנולוגית, מערכות AI בניווט מחומרה ומתוכנה, ארן בעלות מספר שלבי ביניים:

1. **שכבת התשתיות**: תשתיות של מערכות AI בנויה משלולה רכיבים מרכזיים –マイיצים (שכשمم כן הם –マイיצים את החישובים); יחידות אחסון נתונים; ורשתות תקשורת להעברת הנתונים. בשל כמויות הנתונים העצומות שנדרשות למערכות AI, והחישובים המסובכים המתבצעים עליהם, עלマイיצים להיות חזקים במיוחד, על יחידות אחסון הנתונים להיות גדולות במיוחד, ועל רשתות העברת הנתונים להיות בעלות זמן שהיוי (Latency) נמוך ורחב פס גבוה.
2. **שכבת הנתונים**: הנתונים שימושיות AI מתמודדות איתם יכולים להיות רבים במיוחד וחסרי מבנה סדור, למשל: טקסט גלומי, תמונות, ידאו ואודיו, ואף מידע כגון נתונים מחיישנים רפואיים, מחיישנים של מכוניות או מקרים ולמעשה מכל חישון שהוא. בשל כך, יש צורך ביכולות אחסון מתאימות ובעיבוד מוקדם של הנתונים (למשל: הסרת CPULוות וסטנדרטיזציה). כמו כן, בחלק מהמערכות יש צורך בתיאוג של הנתונים (קרי, הוספה מיידית או תיאור המסוג אותם). לבסוף, על הנתונים לעמוד בסטנדרטים של פרטיות ואבטחת מידע באמצעות הצפנה, מידור והتمמה (אנונימיזציה).
3. **שכבת פיתוח ואימון המודל (Training)**: בשכבה זו המערכת לומדת כיצד לבצע פעולות מסוימות על בסיס הנתונים משכבת הנתונים. במקרים אחרים, זהה השכבה שבה מאמנים את המודל. במסגרת גם מכינסה המערכת מיידנווסף שהיא מעבדת לתוך שכבת הנתונים, וכך נוצר מעגל בין שתי השכבות הללו. פעולות אלו מתבצעות בעזרת אלגוריתמים של למידת מכונה וכוונון הפרמטרים של המודל, כדי להשיג את התוצאות הטובות ביותר.
4. **שכבת פריסת המודל**: בשכבה זו נועל המודל בפורמט המאפשר גישה למודל המאומן, דוגמת API-Application Programming Interface (ממשק המאפשר לתוכנות שונות לתקשר עם זו עם זו), אפליקציה עם ממשק משתמש נוח ו互動י או שירות כלשהו. בשכבה זו כבר ניתן

להשתמש במודל המאומן, כלומר להזין אותו במידע חדש ולבקש שיפיק ממנו תוצאה בתחוםו. **שנקרא הסקה (Inference)**.

5. **שכבת המשלות (Governance):** זהה השכבה המבקרת את פעולות מערכת-ה-AI. בה בוחנים אם המערכת פועלת בצורה אחראית ותיתת, בהתאם לנכלי המדינה והארגון (למשל: חוקי פרטיות בשימוש בתונונים), ואם היא הוגנת, בעלת הטוית מסוימות וכדומה.<sup>3</sup>

## שכבות התקשורת והנתונים

א. מושתים או וקונטנים פדרטיביים לא

מערכות AI מסתמכות על נתונים עתק אשר גדלים ומשתנים כל העת, והן מהוות מערכות לומדות המפתחות באופן מתמיד והדורשות יכולות מחשב גבניות. זאת, בנויגוד למערכות מידע (DQ) הפעולות על מסדי נתונים קטנים ויציבים יותר, מפתחות בקצב איטי הרבה יותר ודורשות יכולות מחשב פחותות בהרבה. לפיכך, למערכות AI ישם צורכי משתיית ייחודיים במספר היבטים:

- **יכולות מחשבה:** מאייצים חזקים ויעודים المسؤولים להתמודד עם מספר חישובים בו זמן קצר. ארגונים רבים משתמשים בשירותי ענן המאפשרים גישה למאייצים אלה, לפי צורכי הארגון.
  - **פתרונות אחסון:** בשל ההסתמכות הנפוצה על נתונים שאינם מבוקנים (Unstructured data), כגון תמונות, וידאו ועודיו, אשר צורכים נפח אחסון גדול במיוחד שפתרונות אחסון מסוימים אינם מסוגלים להתמודד איתו, נדרשים פתרונות יעודיים. אלו כוללים צורות מיוחדות לשמירה ולשליפה וכן שמירה של המידע על פני מספר מכשירים, במטרה להקל על הגישה לנתונים ולהגבר את מהירות הגישה.
  - **תקשורת והעברת מידע:** בשל כמיות המידע העצומות העוברות במערכות AI, יש צורך בראשותם בעלות רוחב פס גבוה וזמן שיימי נמוך, כדי לשמור על יעילות הלמידה ולמצמצם עיכובים בין הרכיבים השונים שעל גבם רצה המערכת. לשם כך, יש צורך בפתרונות ניהול תקשורת מתקדמים ובתשתיות תעבורת נתונים פיזיות המסוגלות לספק צרכים אלו. בנוסף על כן, לשם העברת נתונים בין אזוריים שונים ובין תשתיות החישוב לבין הרכניים, יש צורך בתשתיות תקשורת מקומיות ובינלאומיות מהירות ורחבות.<sup>4</sup>
  - **תשתיות נלוות:** התשתיות המדוברות פולtot חום גבוה וכן מצריוכות מתקני קירור ובי עוצמה. לכן יש להווסף מערכות תומכות גנטוריים, אל-פסק וכדומה, כמו גם תשתיות וכוח אדם לאבטחה ולתחזקה.

Cole Stryker, "What Is an AI Stack?"<sup>3</sup>

<sup>4</sup> AI21Labs, "What Is AI Infrastructure?"

**אנרגיה:** כל הרכיבים הנ"ל צורכים אנרגיה, ואנרגיה רבה. לפי דוח של סוכנות האנרגיה הבינלאומית, ב-2024 צרכו מרכזי נתונים (Data Centers) כ-415TWh (טרה-וואט/שנה), שהם כ-1.5% מצריכת החשמל העולמית. עד 2030 הם עתידיים להכפיל את הצריכה השנתית לכדי 945TWh – היקף הגבוהה מעט מהצריכה השנתית הכוללת של יפן ביום, וכ-3% מצריכת החשמל העולמית.<sup>5</sup> קיימות אף הערכות שהצריכה מגיעה באותה שנה ל-1,500TWh – כ-4.5% מהצריכה העולמית.<sup>6</sup> נכון להיום, יכולות המחשב (כולל אחסון נתונים מסוימים) צורכות בממוצע 60% מהחשמל במרכזי הנתונים, פתרונות האחסון צורכים כ-5%, ציוד התקשורות כ-5%, מערכות הקירור 30%-7%, וישנו ציוד נוסף המצריך חשמל כמו תאורה ואל-פסק.<sup>7</sup>

כיום,אותם מרכזי נתונים (Data Centers) הם המבנה התשתייתי הנפוץ לצורכי AI. הם קיימים זה שנים כמרכזים המאחסנים נתונים, אולם עדין ה-AI הופכים בהדרגה לנאהה שגם מבצעים חישובים מסובכים, לשם אימון המודלים והסקה מהתוכם. מרכזיים מעודכנים כאלה, שמתמקדים בחישוב ולא באחסון, מתפקדים יותר כמחשבי על (Supercomputer), או בשם אחר: מחשב ביצועים גבוהים (HPC) (High-performance computing, HPC) . לכן, ניתן שנכון יותר לקרוא להם "מרכזי מחשב", או בשם שטבע מייסד ומנכ"ל Nvidia ג'נסן הוואנג, "מפעלי AI".

אומנם, התשתיות הדרשות למרכזי נתונים ולמרכזי מחשב הן דומות (מדפי רכיבי מחשב, מערכות קירור, חיבוריות ועוד), אך ישנו מספר הבדלים משמעותיים: ראשית, רכיבי המחשב עצם שונים – בעיקר שרתי אחסון במרכזי נתונים, לעומת היקף גדול של מעבדים ומאייצים חזקים במרכזי מחשב. שנית, מרכזי נתונים ומרכזי מחשב שמספקים שירותים סקה מ-AI נדרשים לזמן פעילות (uptime) מקסימלי, כדי לספק את השירותים בכל רגע נתון ובמיוחד בזמןים קריטיים. פער זמן פעילות של שירותי האחסון יכולם להגדיל את ההשקעה הכספייה בהם באלפי דולרים. לעומת זאת, מרכזי מחשב שמאמנים מודלי AI לא זקוקים לזמן פעילות זהה, לאחר שהם לא מספקים שירותים למשתמשים בזמן אמיתי, ובמציאות גיבוי מדי חצי שעה לרוב.

אם כך, במרכזי נתונים תהיה כיסופית גדולה במערכות אל-פסק ובגיבויי אספקת חשמל, כדי למנוע מצב של חוסר תפקוד, לצד השקעה קטנה ברכיבי מחשב. מנגד, מרכזי מחשב לאיימון מודלים דוחשים השקעה גדולה מאוד ברכיבי מחשב, אך כמעט לא מצריכים תשתיות המבטיחות זמן פעילות גבוה. כמו כן, במרכזי מחשב לאיימון AI, מידע עבור באופן תקין יותר בתוך מרכזי המחשב עצם. זאת, בשונה ממרכזי נתונים קלאסיים וממרכזי מחשב להתקה של מודלי AI, שבהם יש יותר

---

IEA, Energy and AI, 14.<sup>5</sup>

IEA, Energy and AI, 14.<sup>6</sup>

IEA, Energy and AI, 52–53.<sup>7</sup>

תעבורות מידע בין המרכזים לבין המשתמשים. גם תופעה זו מצריכה יכולות שונות של תשתיות הקשורות.<sup>8</sup>

למרות ההבדלים בין המרכזים, לשם הנוחות, במסמך זה נקרא לכל סוג המרכזים "מרכז נתונים".

## **ב. מודלים של פריסת תשתיות AI**

המונח הנפוץ לתיאור צורת פרישה נוחה לשימוש בתשתיות מחושב הוא "ענן". הוא מתאר מודל פריסת תשתיות ומערכות המאפשר גישה נוחה וזמינה בכל עת ולפי דרישת מאגר משותף של מסאבי מחושב, אשר מוקצים למשתמש במאזן מינימלי מצד נותן השירות.<sup>9</sup> לאור דרישות התשתיות הגבוהות שמערכות AI מציבות בפניי מפתחיהן, בעלייהן ומשתמשיהן, לא כל פרט או ארגון יכולים להקים תשתיות AI ייעודית, קרי: ענן פרטי ייעודי, ונוהג להשתמש במספר מודלים לשם גישה לתשתיות אלו. בהכללה, ישים חמשה מודלים עיקריים לפרשנה של תשתיות AI:

- **ענן פרטי:** סביבה ייעודית שבה המשאבי והשירותים של הענן מוקצים לארגון יחיד. ← **ענן פרטי ייעודי:** מודל שבו הארגון שולט בכל התשתיות שעליהן פועלת המערכת – השטח, המבנה החיצוני, רכיבי המחשב, כוח האדם וכו'. נتיחס לקרה שבו התשתיות הללו נמצאות במיקום פיזי סמוך למקום מושבו של הארגון (on-premises).

- ← **ענן פרטי בשכירות (Colocation):** מודל שבו הארגון שוכר מדפים במרכז נתונים של ארגון אחר, ומכנס אליהם את רכיבי המחשב שלו – המעבדים, המאיצים, רכיבי התקשרות וכו'!<sup>10</sup>

- ← **ענן פרטי על תשתיות ציבורית:** מודל שבו הארגון משלם על כל, או לפחות על חלק גדול מהשירותים שספק ענן ציבורי (להלן), לרבות חומרה ותוכנה, אך מקבל סביבה פרטית ייעודית לצרכיו הייחודיים. זו יכולה לספק מידות שונות של ריבונות – החל מסביבה מנוטקת על ידי הצפנה, דרך בחירה של מקום התשתיות הפיזי (מתוך אפשרות נתונים) ועד שימוש בסביבה מנוטקת לחלוין משאר הסביבות, המספקת מידת ריבונות שדומה לענן פרטי בשכירות.<sup>11</sup>

- **ענן ציבורי:** סביבה שבה המשאבי והשירותים של הענן מ חולקים בין מספר רב של משתמשים. בענן ציבורי, ארגון חיצוני מנהל את מסאבי הענן ושולט בהם. לרוב, אופן השימוש במודל זה הוא לפי דרישת (Pay as you go, או on-demand), כלומר: התשלום נעשה כאשר מתעורר

Giorgio Sbriglia, "Data Center Design Requirements for AI Workloads. A Comprehensive Guide."<sup>8</sup>

Mell and Grance, SP 800-145. The NIST Definition of Cloud Computing.<sup>9</sup>

Paul Kirvan and Brien Posey, "Colocation (Colo)."<sup>10</sup>

Google Cloud, "Sovereign Cloud."<sup>11</sup>

צורך (למשל, תשלום לפי שעה או לפי נפח נתונים). יש לציין שגם במקרה זה המשתמשים מקבלים סביבה פרטית, אולם הגדרות סביבה זו מוגבלות ומסופקות כמודול, לעומת זאת הגדירות הדינמיות והיעודיות במקרה של ענן פרטיאן על תשתיות ציבוריות.

**מודל היברידי:** מודל המשלב מספר מודלים, למשל: שימוש בענן פרטיאן יעודי למידע הרגיש ביוטה, ובענן פרטיאן על גבי תשתיות ציבוריות למידע רגש פחות. וכן: שימוש בענן פרטיאן לאחסון המידע, ובענן ציבורי לעיבודו.<sup>12</sup>

לכל מודל יתרונות וחסרונות מסוימים, כאמור כללית להלן:<sup>13</sup>

מודל	יתרונות	חסרונות
<b>ענן פרטיאן יעודי</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- שליטה מלאה בתשתיות, בביטחון המידע ובפריסה.</li> <li>- פרטיות מלאה ופתרונות בהתאם אישית.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- קשה לביצוע בהיקפים גדולים. יקר לתחזקה ומצריך השקעה ראשונית גבוהה.</li> <li>- מצריך ידע מCKERועי רב, תחזקה מתמדת ונתונים רבים.</li> <li>- תשתיות מקומית מצורכה מרחב פיזי רב ודרישות ארגניה גבוהות.</li> </ul>
<b>ענן פרטיאן בשכירות</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- שליטה רבה ויחסית בתשתיות, בביטחון המידע ובפריסה.</li> <li>- פרטיות מלאה ופתרונות בהתאם אישית.</li> <li>- לא בהכרח נדרש מרחב פיזי ותשתיות אנרגיה כבענן פרטיאן יעודי.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- קשה לביצוע בהיקפים גדולים. יקר לתחזקה ומצריך השקעה ראשונית גבוהה.</li> <li>- מצריך ידע מCKERועי רב, תחזקה מתמדת ונתונים רבים.</li> </ul>
<b>ענן פרטיאן על תשתיות ציבוריות</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- שליטה רבה בביטחון המידע ובפריסה.</li> <li>- פרטיות גבוהה ופתרונות בהתאם אישית.</li> <li>- לא בהכרח נדרש מרחב פיזי ותשתיות אנרגיה כבענן פרטיאן יעודי.</li> <li>- אפשר שימוש בשירותים ובטכנולוגיות חדשות.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- עלול להכיל סכנות לביטחון המידע.</li> <li>- עלויות תפעול שוטף גבוהות.</li> </ul>
<b>ענן ציבורי</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- עלות התחלית נמוכה עד אפסית.</li> <li>- אפשר גישה לרכיבי מחשוב לפי הצורך.</li> <li>- אפשר שימוש במערכות שכבר אומנו.</li> <li>- תחזקה מינימלית.</li> <li>- מצריך ידע מCKERועי מועט יחסית.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- גמישות והתאמאה אישית מועטה. יתכונו בעיות פרטיות וביטחון מידע.</li> <li>- לטווח הארוך, עלות התפעול עלולה להצטבר ולתפוח.</li> </ul>
<b>מודל היברידי</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- עלות נמוכה יחסית.</li> <li>- גמישות והתאמאה אישית משופרת.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- עלול להיות מסובך בגיבוש הארכיטקטורה של המערכת ובהטמעתה, וכן בתחזוקת הקשר בין הפנים לחוץ.</li> <li>- עלול להיות מסובך ניהול עומסי עבודה.</li> </ul>

Google Cloud, "What Is a Private Cloud?"<sup>12</sup>

Syed et al., "Artificial Intelligence as a Service (AlaaS) for Cloud, Fog and the Edge," tbl. 4; Google Cloud,<sup>13</sup> State of AI Infrastructure, 36–44.

## ג. ריבונות AI

בעקבות הדרישת הולכת וגדרה למערכות AI, ומכאן לתשתיות התומכות בהן ובפרט למואיצים, החזקה בתשתיות אלו מזכה למדיניות השפעה גיאופוליטית אסטרטגיית וכן עצמאות, פרטיות וביטחוןן בשימושמערכות AI, או במילים אחרות – ריבונות AI. מדיניות רבות משקיעות מאמצים כבירים בהשגת ריבונות זו, بما שמכונה "מרוץ החימוש של המאה ה-21".<sup>14</sup>

את צירוף שני המושגים – ריבונות בענן – ניתן להגדיר כמידת השליטה שיש לארגון על השירותים והמשאבים של הענן.<sup>15</sup> זו יכולה להתבטא בשכבות שונות במחסנית ה-AI, באופן שמלם רמות ריבונות שונות. נתבונן בהן כתות:

**1. ריבונות נתונים (Data sovereignty)**: השליטה בנתונים שמאוחסנים בענן. זו מושגת לרוב דרך הצפנה של הנתונים, באופן שהצרוך הוא היחיד שיכול לפענח הצפנה זו. ריבונות נתונים מאפשרת הנ שמירה על ביטחון מידע ופרטיות והן עמידה בכללים הרגולטוריים שקבעה המדינה. אולם בהסתפקות בשכבה ריבונות זו, שמסתמכת בעיקר על הצפנה, קיימת סכנה שחומת ההצפנה המגינה על הנתונים תיפרץ בקלות יחסית.

**2. ריבונות חישובית (Compute sovereignty)**: ב"מרוץ החימוש של המאה ה-21", הכוונה בעיקר למרוץ להשגת ריבונות חישובית. זו מצריכה את הקצתה המשאבים הגדולה ביותר ואת העליונות הגבוהות ביותר, בניסיון לשולט, עד כמה שניתן, ברכיבי החומרה שעל גיביהם פועל הענן. במאמר של הווקינס, לדונוירטה ו-נו מאוניברסיטת אוקספורד,<sup>16</sup> מוחלך מושג הריבונות החישובית לשולש רמות: (א) היקף יכולות העיבוד ל-AI הנמצאות בתחום המדינה, כרשותה של שליטה הרגולטורית שלה פועלת עלייהן; (ב) המידה שבה החברות המחזיקות במרכזי הנתונים ל-AI רשומות תחת המדינה. רישום כזה מאפשר הן מوطת שליטה רגולטורית מסוימת והן מניעה של פעולות מסכנות המדינה. ריבונות כגון ריגול "לפי הספר"; (ג) המידה שבה החברות המייצרות את המאיצים ל-AI רשומות תחת המדינה. גם כאן ניתן להשתמש בהשפעה זו כדי להפעיל רגולציה (למשל: החוקיקה האמריקאית שמנעה מ-Avidia למכור שבבים לסין), או אף "להתאים" את השבבים כדי להשיג תוכאות מודיעיניות מסוימות.

---

Mairéad Pratschke, "The Global Pursuit of Sovereign AI Is Becoming the 21st Century's Arms Race."<sup>14</sup>

Pieter-Jan Nefkens, "Digital Sovereignty/Sovereign Cloud Explained."<sup>15</sup>

Hawkins et al., "AI Compute Sovereignty."<sup>16</sup>

3. **ריבונות תוכנתית (Software sovereignty)**: שליטה בתוכנה שפועלת בענן, מנוקوت המבט של מחסנית ה-AI. הדבר יכול להתבטא בשכבות אימון המודל ופרוסת המודל, וכן במערכת השליתה בענן.<sup>17</sup>

### | ריבונות AI במערכת גלובלית

בפועל, שוק מרכזי נתוניים (שירותי הענן) נשלט בידי שש חברות ענק: האמריקאית AWS (אמזון), GCP (גугл) ו-Microsoft Azure (マイクロソフト), והסיניות Tencent Cloud, Huawei Cloud, Oracle Cloud (בצד חברות נוספות כמו IBM ו-Alibaba Cloud מדייניות אחרות לבחירה בין שיטף פעולה עם חברות אמריקאיות או סיניות, או גם – החלטות בעלות השלכות פוליטיות וסטרטגיות כבדות משקל).

בשוק המאיצים, NVIDIA האמריקאית שולחת בכ- 95%-80% מהשוק, עם Intel ו-AMD כמתחרות שלoitot עם זאת, ייצור המוליכים למחצה – החומרם שמהם בנויים המאיצים – מתקיים ב- 90% בטיוון על ידי Taiwan Semiconductor Company (TSMC), ואלו בתורם נסמכים על ציוד ליתוגרפיה (טכנולוגיה לייצור שבבים) שספקת החברה ההולנדית ASML.

קו אספקה ארוך ובינלאומי מקשה על שליטה מלאה בייצור המאיצים, גם במדיניות בעלות הריבונות החישובית הגבוהה ביותר (кри, ארה"ב וסין). בנוסף, במקרים של שליטה זו אכן מתקימת (כמו במקרה של אי מכירת המאיצים של NVIDIA לסין) ומופעל כוח רגולטורי, הדבר עשוי לדרבן מדינות להחילบทהיליך ייצור שבבים עצמאי (כפי שהממשל הסיני עשה באמצעות חברות Huawei ו-SMIC).<sup>18</sup>

### ד. יחידות מידת והקשרים ביניהן

כאשר מתייחסים למרכזי נתונים, מודדים אותם לרוב לפי ההספק החשמלי שלהם, **בוואטיהם** (Watt), או בקנה מידה של מרכזי נתונים – לרוב **במגה-וואטיהם** (Megawatt, MW). אולם, מدد זה אינו מביע את יכולות החישוב והאחסון של מרכז הנתונים. אלו משתנות בהתאם ליכולות הציוד שנמצא במרכז הנתונים. ישנו למשל מרכזי נתונים שבערך מאחסנים מידע ובעלי יכולות עיבוד מוגבלות, ולעומתם, מרכזיים בעלי יכולות עיבוד גבירות מואוד אך מעט אחסון מידע. כמו כן, יחד עם התפתחויות הטכנולוגיות, משתנה צירכת החשמל של כל אחד מהרכיבים בתוך מרכז הנתונים. כך, מרכזי נתונים של MW30 מאפשר הספק קבוע של 30MW, אך הקונFIGורציה של הרכיבים שבתוכו יכולה לשתנות בהתאם להתפתחויות ולצרכים שונים, וב└בד שלא עלתה על 30MW.

כדי למדוד יכולות עיבוד מתקדמות, משתמשים לרוב ביחידת המידה FLOPS – Floating-point operations per second, קלומר: מספר החישובים (של מספרים גדולים מאוד או קטנים מאוד)

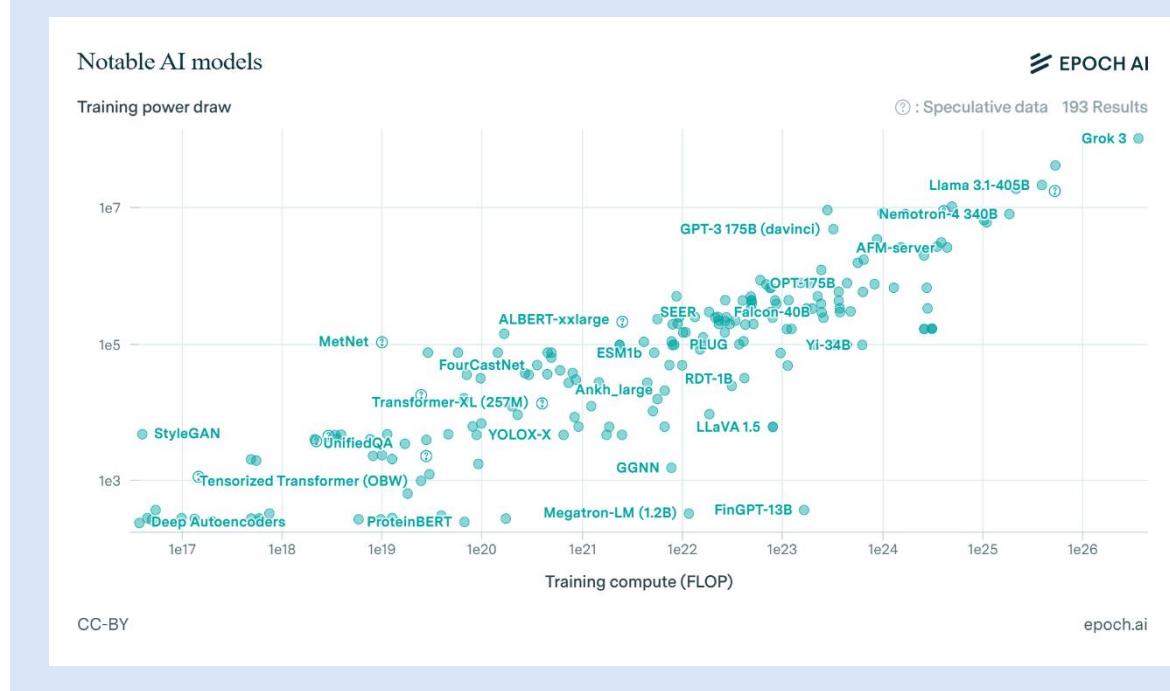
World Economic Forum, "What Is Digital Sovereignty and How Are Countries Approaching It?"<sup>17</sup>  
Hawkins et al., "AI Compute Sovereignty," 3–5.<sup>18</sup>

שניתן לבצע בשנייה. בקנה המידה שלנו עוסקים בו, מדובר לרוב ב-TFLOPS או ב-<sup>19</sup>TFLOPS 312 (tera/petaFLOPS). כך למשל, A100, אחד ה-GPUs המתקדמים של NVIDIA, מסוגל להריץ

כדי למודד קיבולת אחסון נתוניים, משתמשים ביחידת המידה **בייט** (Byte), ובKENה מידת של מרכזי נתונים, **טרה-בייט או פטה-בייט** (TB/PB). כך למשל, שירות הזרמת המוזיקה Spotify מאחסן כ-<sup>20</sup>PB 460.

אומנם, ההמרה בין יחידות המידה השונות אינה ישירה, אולם ישנו מתאם מובהק ביניהן. בכלל אצבע, ככל שמספר החישובים גדול יותר, או שהיקף הנתוניים שעליו מאומנים המודלים גדול יותר, כך גם צרכית החשמל תהיה גדולה יותר, והיחס הוא לינארי:

### צריכת החשמל כפונקציה של מספר החישובים לאימון מודלים ראויים לציון<sup>21</sup>



CC-BY

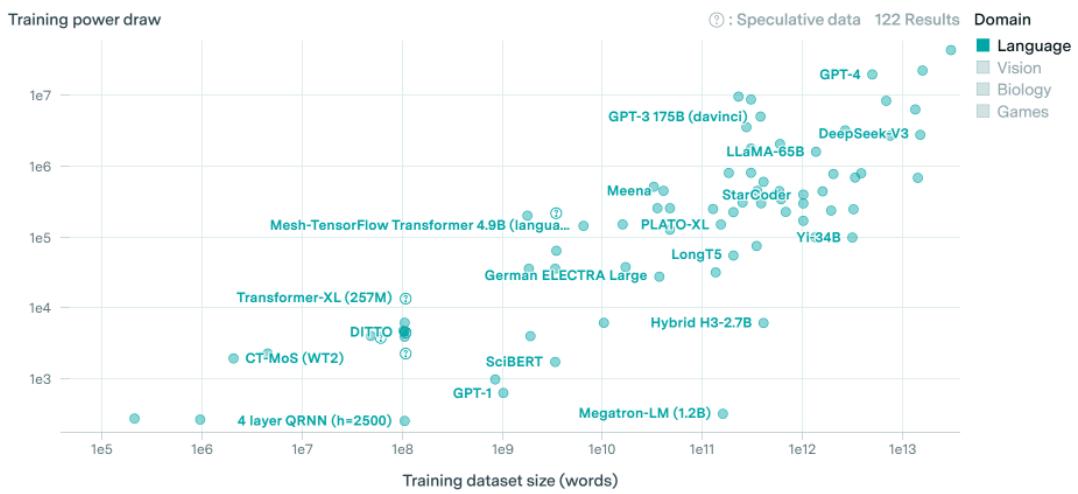
epoch.ai

SAUR News Desk, "Why Data Center Capacity Is Measured in Megawatts: SaurEnergy Explains."<sup>19</sup>  
Vishnu Jayan, "How Many Terabytes Are In A Data Center? Exploring Storage Capacities in Modern Enterprises."<sup>20</sup>

Epoch AI, "Data on AI Models."<sup>21</sup>

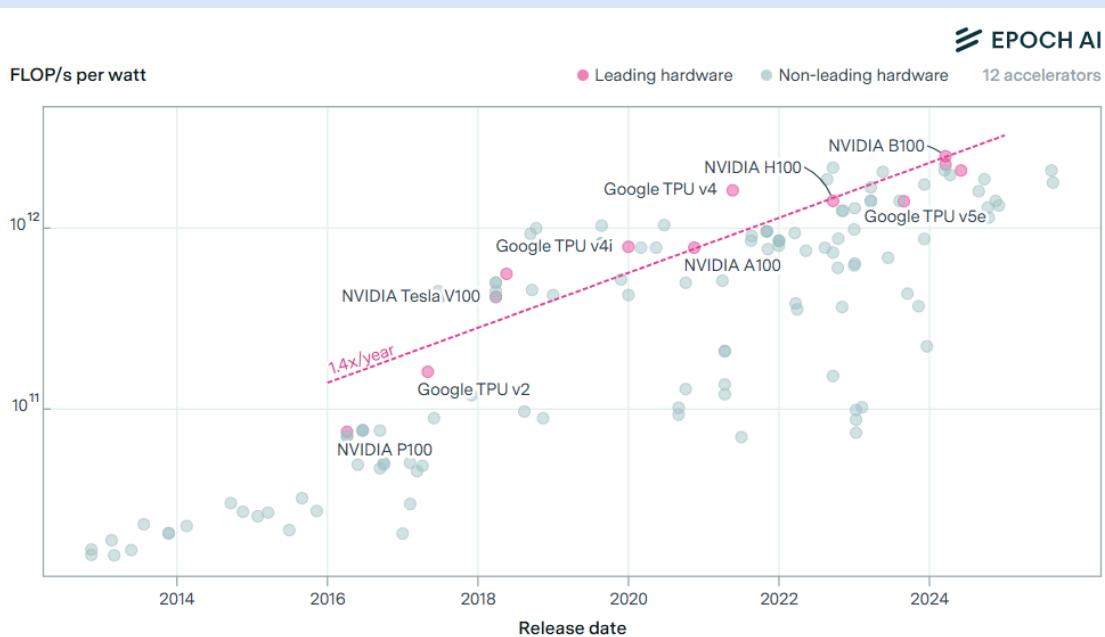
## צריכת החישול כפונקציה של היקף הנתונים לאימון מודלים רואים לציון<sup>22</sup>

Notable AI models



עם זאת, בשנים האחרונות הובילו התפתחויות טכנולוגיות ליעול משמעותית, כאשר השבבים המובילים למידת מכונה הופכים יעילים יותר (ביחס FLOPS לוואט) ב-40% מדי שנה.<sup>23</sup>

## יעילות המאיצ' FLOPs/Watt – מספר החישובים לשנייה להספק של וואט אחד<sup>24</sup> כפונקציה של תאריך השקתו<sup>24</sup>



Epoch AI, "Data on AI Models."<sup>22</sup>

Epoch AI, Leading ML Hardware Becomes 40% More Energy-Efficient Each Year.<sup>23</sup>

Epoch AI, Leading ML Hardware Becomes 40% More Energy-Efficient Each Year.<sup>24</sup>

# 3 | היבטים כלכליים ורגולטוריים – עלויות ותקנות בישראל

בפרקים הבאים נסקור את אסטרטגיות שונות שננקטו בעולם, את המאפיינים השונים של המגזרים בישראל ואת מודלי הפרישה המתאימים לכל מגזר. אולם לפני כן, علينا לש拷ל את המוגבלות הכלכליות והרגולטוריות הניצבות בפני המודלים השונים. נתמקד בעליות ותகנות הנוגעות לשאלת אם לבחור בתשתיות מקומיות (בשטח ישראל) או שמא בחיצוניות (מחוץ לישראל).

#### **עלויות – מרכזי נתונים מקומיים וחיצוניים**

עלויות המודלים השונים הן דבר שקשה לעירין. הן משתנות באופן תדיר בהתאם להתפתחויות הטכנולוגיות, לשינויים ברגולציה, לצרכים המדוקים, להיצע ולביקוש. כמו כן, כל מודל מהלופות שהצענו הוא רק "מודל על" המכיל בתוכו אפשרויות קונפיגורציה רבות, שככל אחת מהן מתומחת שונה ותמחורה משתנה תדיר. על כן, נתקדם כאמור בעליות של תשתיות מקומיות לעומת חיצונית.

#### א. עלות הבעלות הכלולות – OTC

עלות הבעלות הכוללת (Total Cost of Ownership) היא חישוב העלות היישורות והעקיפות של נכס כלשהו לאורך החזקתו ותפעולו. ניתן לחלקה להוצאות הון (CapEx) – המשמשות לרכישה, שדרוג או שימור נכסים לטובות יצירתיות רוחחים בעתיד; ולהוצאות השוטפות או התפעוליות (OpEx) – הנחוצות לשימוש היומיומי בנכס. נמנים להן חלק ממרכיבי ה-TCO של תשתיות AI (הן פרטיות והן ציבוריות):

CapEx •

**רכישת הזכות לשימוש ביחידת קרקע – קניית ייחוד מקרקעין שניית**קדם בה הקמת מרכז ←  
תמונין

← **תכנון והקמה של המבנה והמתקנים הנדרשים למרכז הנתונים – תכנון אדריכלי, היתריבניה, הקמה, הפעלה וככלל התשלומים הכרוכים בכך.**

← רכישת מתקנים מיוחדים וחשמלי – גרטוריים, אל-פסק, מערכות אוורור וקיורו ועוד.

<sup>25</sup> ציון מחשוב – מעבדים, מאיצים וכוננים לשמרות הנתונים. ↵

Tim Day and Nam D. Pham, Data Centers - Jobs and Opportunities in Communities Nationwide, 7<sup>25</sup>

שנים לרוב, מה שמצריך הוצאה גדולה על חידשו מדי תקופה.<sup>26</sup>

OpEx •

**חשלג** – בעיקר לצידם המחשב ומערכות הקירור.

**כוח אדם** – שמיירה, עובדי מחשוב, עובדי תפעול ועוד. ←

27. מִזְרָח ←

תחזקה – החלפת רכיבים, טיפול בתקלות ועוד. ←

**מינו לשירותי ענן ולמערכות –** עברו שירותי ענן ציבורי, וכן למערכות AI מוכנות או לתוכנות ←  
תומכות תפעול.

**העברת נתונים** – מחיר רשות אינטרנט, כולל **אגרת תעבורת יצאת** (Data egress fees) ←

<sup>28</sup> – אגרה על הוצאות נתונים מהען, אשר עלולה לתרוף מאוד בעננים שאינם מקומיים.

ב הכללה, מודלי פרישה הcoliילים ריבונות גבוהה, כגון: ענן פרטוי ייעודי ובשכירות, מצריים היצאים CapEx גבהות ו-OpEx נמוכות, אשר בטוחה הארוך מסתכמות ל-TCO נמוך יותר, על חשבון סיכון גבהה במרקם של נזק לתשתיות, או מחירי שדרוג גבהים בשל הצורך בקצב החדשנות. מן הצד השני, מודלי פרישה הcoliילים סיכון נמוך – הגנה מפני נזקים, נוחות בשימוש ויכולת התאמה מהירה לחידשות – כגון ענן ציבורי, יצירכו Ax-Ex Cap נמוך ו-Op גובה, מה שעלול לגרום ל-TCO גובה יותר בטוחה הארוך, וכן מידת ריבונות נמוכה יותר.<sup>29</sup>

#### **ב. עליות הקמה של מרכז נתוניים**

הכמה של מרכז נתונים כולל, באופן גס, את העלויות הבאות:

CapEx •

אל. שעשויים לדרש מעל MW/\$20M, או AI. השוואות הווילון להונן למרכז נטוונים כלליים כוללות עלויות קניית שטח, בניית המבנה, בנייתה תשתיות شامل וקיורו, קניית המכשור החישובי ותשתיות אבטחה. הוצאות אלו מוערכות בכ- MW/M \$10M (עשרה מיליון דולר למגה-וואט), אם כי הערכה זו עלולה להיות גבוהה יותר עבור מתקנים מוכוני

<sup>26</sup> INTUVA, "An Overview of Data Center Costs (All You Need to Know)." [https://www.intuva.com/resource/an-overview-of-data-center-costs-all-you-need-to-know/](#)

Tim Day and Nam D. Pham, Data Centers - Jobs and Opportunities in Communities Nationwide, 7.<sup>27</sup>

<sup>28</sup> Lauren Morley, "When to Choose Private Cloud Over Public Cloud for Big Data."

<sup>29</sup> netris, "Cloud Strategies for the Best Cost and Results: Public vs Private vs Hybrid Cloud."

## Thunder Said Energy, Data-Centers: The Economics?<sup>30</sup>

ההוצאות התפעוליות כוללות עלויות תחזקה (כ- 40% מעליות Op-Ex), צՐיכת חשמל (כ- 15%), כוח אדם, עלויות העברת נתונים ותוכנה<sup>31</sup> (ישנן הרכבות עם משתנים שונים המציגות יחס אחר). בהערכתה גסה ושתחית של סדרי הגודל, בהינתן מחיר חשמל בישראל של 0.097 דולר למגה-וואט,<sup>32</sup> נקבע עלות שנתית של \$849,720/MW. בהנחה שצריכת החשמל מהוועה כ- 20% מהוצאות Op-Ex, נקבע עלות שנתית כוללת של MW \$.4.2 M/M.

כאשר מוקם מרכז נתוניים שכזה, ניתן להשתמש בו כמרכז נתונים ייעודי לארגון מסויים; להשכיר בו מדפיים במודל השכירות; לשפק חלקים ממנו כתשתיות מוכנה לענן פרטיו על גבי תשתיות ציבוריות; ואך להשתמש בו כתשתיות לענן ציבוריו לכל דבר.

ג. טווח הזמן שבו תשלום לפי דרישת יקר יותר מהקמה

מבינות העלות הכלכליות נטו של קניית ציוד מחשוב או בניית מרכז נתונים, לעומת שימוש בהם לפי דרישת (on-demand) – הרי שהחלופה הראשונה הופכת זולה יותר תוך זמן קצר יחסית. כך למשל, רכישת H100 NVIDIA, מהמואיצים החזקים בתעשייה נכון למועד כתיבת שורת אלן, הופכת זולה יותר משימוש לפי דרישת תוך 10-15 חודשים.<sup>33</sup> בסקירה של Lenovo לגבי שירות עם שמונה מאיצי H100 שפועלם 7/24, כולל הוצאות על תשתיות נלוות למואיצים, עולה כי על פניה חמישה שנים, ניתן לחסוך 3.43-2.52 מיליון דולר דרך השקה בתשתיות מקומיות. יש לציין, עם זאת, כי רכיבי המחשב והופכים לבלווונטים תוך 3-5 שנים.<sup>34</sup>

#### ד. עלויות שימוש בענן ציבורי מקומי מול חיצוני

מעבר לצורכי הריבונות והחדשנות, שעל אודותם יפורט בהמשך הפרק, ישנים מספר פקטוריים כלכליים שארגון צריך לזכור בחשבון כאשר הוא בוחר אם להשתמש בתשתיות מרכז נתונים מקומיות או חיצונית. תשתיות אלו, ככל תשתיות, נתונות להשפעות הכלכלת המקומית והולמית. על כן, עלויות השימוש בהן משתנות בהתאם לאזור הגיאוגרפי שבו הן נמצאות, וזאת אף אם הן שייכות לאותה החברה. נציג להלן השוואת עלויות השירותים בענן AWS של Amazon, מתוך הנחה שהמגמות משקפות את אלו העולות אצל ספקיות הענן האחרות:

<sup>31</sup> Thunder Said Energy, Data-Centers: The Economics?

<sup>32</sup> GlobalPetrolPrices.Co, "Israel Electricity Prices."

<sup>33</sup> TRG Datacenters, "NVIDIA H100 Price – Is It Worth the Investment?"

Lenovo, On-Premise vs Cloud: Generative AI Total Cost of Ownership.<sup>34</sup>

**• עלויות הוצאה מידע:** בעוד שהכנסת מידע חיוני לtower ענן מקומי היא לרוב פעולה חינמית, הוצאה מידע בכמויות גדולות עלולה להיות יקרה מאוד, ובמיוחד בישראל. הסיבה לכך היא שעלויות הוצאה המידע מגלמות בתוכן את עלויות הקמה והשימוש ב��וי התקשרות בין האזוריים השונים באופן שהיה מיידי וריצוף בכל עת, ועלויות אלו משתנות בין אזוריים שונים.<sup>35</sup> בניתוח של עלויות הוצאה המידע AWS בישראל אל האינטרנט, אלו עומדות על \$0.055/GB - וגובהות ב- 22% ביחס לאירופה ולארה"ב. כמו כן, העברת מידע מאזור הענן הישראלי של AWS לרוב אזורי הענן האחרים של AWS עולה \$0.08/GB, פי 4 מבאירופה או בארה"ב.<sup>36</sup>

**• עלויות אחסון וחישוב:** אלו גבותות יותר בישראל ביחס לארה"ב ולהקלים מאירופה, ונמוכות יותר ביחס לחלקים אחרים מאירופה. כך למשל, בענן של AWS, עלות אחסון סטנדרטי בישראל יקרה בכ- 9% מאשר בארה"ב ובאירלנד, אבל זולה בכ- 7% מאשר בצרפת; עלות אחסון מתקדם (EBS) יקרה בכ- 32% מבארה"ב ובכ- 20% מבאיילנד, אך זולה בכ- 8% מבצירוק, ואילו עלות חישוב סטנדרטי יקרה בכ- 19% מבארה"ב ובכ- 5% מבאיילנד, וזולה בכ- 6% מבצירוק (ראו הטבלה המלאה בסוף 1).<sup>37</sup>

לסיכום, ככל שמדובר בשימוש בענן ציבורי, ישנו מקומות בעולם שבהם זול באופן נicer לאחסן את המידע ולבצע על בסיסו חישובים ביחס לעלות בישראל. בפרט, באירלנד ובארה"ב.

## ה. צרכית האנרגיה של רכבי המחשב ושל מערכות התמך

קצב התפתחות השבבים ויעילותם האנרגטית מקשה על הצבת אומדן עקבי ביחס להיקפי צריכת החשמל. הדבר יוצר אתגר בגיבוש תחזיות לביקושים אנרגיה בעולם. כדי לאמוד את צריכת החשמל הנוכחית לרכיב מחשב מתקדם, ניקח את המאיצ' H100 Nvidia כמקרה בוחן לצורכי האנרגיה של מאיצים (הרכיב המרכזי לתשתיות AI). רכיב אחד צורק כ-700W.<sup>38</sup>

יעילות ניצול האנרגיה (Power usage effectiveness, PUE) היא המדד הבוחן את צריכת החשמל העודפת שיש למרכז הנתונים על כל יחידת מחשב. PUE של 1.0 מייצג יעילות מושלמת – כאשר צריכת החשמל של מרכז הנתונים נובעת אך ורק מצריכת החשמל של רכבי המחשב שבו. ב-EPU של 1.5, על כל ואט שצורך יחידות המחשב, מרכז הנתונים צורך 1.5 ואט – יותר מהצריכה

Kevin Bogusch, "Cloud Data Egress Costs: What They Are & How to Reduce Them."<sup>35</sup>

Amazon EC2 On-Demand Pricing, "Data Transfer."<sup>36</sup>

Avi Keinan, AWS Region in Tel Aviv, Israel — Price Comparison versus Other Regions.<sup>37</sup>

TRG Datacenters, "NVIDIA H100 Power Consumption and Its Impact on High-Performance Computing."<sup>38</sup>

של רכיבי המחשב שבו. נכון ליום 2024, ה-EUE הממוצע במרכזו נתונים עומד על 1.56.<sup>39</sup> גוגל הציגה EUE של 1.09 במרכזו הנתונים שלה-ב-2024-2025.<sup>40</sup>

מכאן, בחיבור הנתונים, על כלマイץ H100, ההספק הממוצע הדרוש במרכזו נתונים הוא W1,092 – מה שיגורר צריכה חדשנית של C-Wh800 (קוט"ש), מעט פחות מזו של משק בית ממוצע בישראל (903kWh).<sup>41</sup> במקרה הטוב, אם ניקח את הנתון של גול כהספק המינימלי, נקבל W763 וצריכה חדשנית של C-Wh560, מעט יותר מהצריכה הדוח-חדשנית של משק בית ממוצע בישראל.

כלומר, מערכות התמך של רכיבי המחשב צורכות כיום כ-50% מצריכת החשמל של רכיבי המחשב, שאף היא, כפי שראינו, גבוהה למדי. קיים גם צורך בגיבויים במקרה של נפילות חשמל, כאשר היקף הגיבויים תלוי בסוג מרכז הנתונים וביעודו.

## תקנות העברת מידע מוחז לישראל והקמת מרכזי נתונים בעלות זרה בישראל

לפני שנוכל לבחון את התאמת מודלי הפרישה השונים לישראל, עלינו לעמוד על המגבילות העיקריות הניצבות ביום בפנינו מי שעוניין לעסוק במסדי נתונים גדולים ורגילים, הנחוצים לתפעול מערכות AI בಗזרים מסוימים ולמטרות מסוימות. בפרט, נעמוד על הגבלות לגבי הוצאה של נתונים אל מוחז לישראל, אם באחסונם ואם בעט השימוש בהם.

כיום, תקנות הגנת הפרטיות (העברת מידע אל מאגרי מידע שמחוץ לגבולות המדינה), תשס"א-2001, קובעות כי: "לא יעביר אדם מידע ולא יאפשר העברת של מידע ממאנג מידע בישראל אל מוחז לגבולותיה, אלא אם כן דין המדינה שאליה מועבר המידע, מבטיח רמת ההגנה על מידע שאינה פחותה, בשינויים המחייבים, לרמת ההגנה על מידע הקבועה בדיון הישראלי".<sup>42</sup> זאת, פרט למספר יוצאי דופן, בהם – אישור של מושא המידע, מידע שהתרשם באופן פומבי ובהרשאה, מידע שנחוץ להעביר כדי לשמר על ביטחון הציבור ועוד. כמו כן, ניתן להעביר מידע אם מקבל המידע מתחייב לשמור על כללי הגנת הפרטיות הישראלים, ובכלל זה אם המידע מועבר לארגון הנשלט על ידי בעל מאגר המידע.

ברשימה המדיניות המאושרת להעברת מידע מופיעות כל המדינות החותמות על האמנה האירופית להגנה על פרטיים בכל הנוגע לעיבוד אוטומטי של מידע אישי (אמנה 108), ובהתאם – כל מדינות האיחוד האירופי. יש לציין כי ארה"ב אינה נמצאת ברשימה זו.

<sup>39</sup> Data Center Average Annual Power Usage Effectiveness (PUE) Worldwide from 2007 to 2024.

<sup>40</sup> Google Data Centers, "Growing the Internet While Reducing Energy Consumption."

<sup>41</sup> חמלנק, "דפסי צריכה משק החשמל בישראל."

<sup>42</sup> תקנות הגנת הפרטיות (העברת מידע אל מאגרי מידע שמחוץ לגבולות המדינה), תשס"א-2001.

בצד כל אלו, ישנן גם תקנות סקטוריאליות. כך למשל, בנק ישראל אינו מותר לבנקים לאחסן מידע בענן שנמצא מחוץ לגבולות הארץ, אלא אם ספק שירותיו הענן עומד בתקנות מחייבות.<sup>43</sup>

יש לציין שלפי הנחה בדבר תחולת חוק הגנת הפרטיות על מערכות AI, "הוראות חוק הגנת הפרטיות חולות לא ורק על מידע אישי שمحזן לתוך מערכת הבינה מלאכותית – אלא גם על מידע אישי שהמערכת מסיקה מהנתונים שהוזנו אליה". כמו כן, "יש לוודא קיומו של בסיס חוקי כתנאי לעיבוד מידע אישי בכל אחד משלבי מחזור החיים של מערכת הבינה המלאכותית, ובכלל זה פיתוח וai-ימון המודלים, והשימוש במערכות לעיבוד המידע בפועל".<sup>44</sup>

נקודה חשובה היא שמחינת הרגולציה הישראלית, אין הבדלים רגולטוריים בין ספקי מרכזי נתונים ישראליים לכolumbia זרים. זאת, פרט לחובה לעמוד בჩינה של היבטי ביטחון לאומי בהשקות זרות.<sup>45</sup> על אף זאת, כל מקרה נבחן לגופו, ובתנאי ההסכם יכולות להופיע הגבלות נוספות. כך למשל, במסגרת מכרז פרויקט נימבוס להקמת תשתיות נתונים ו-AI לממשלה הישראלית, בו זכו גугл ו-AWS, נאמר כי אין באפשרות החברותlemnou שירותים מהממשלה, יהיו השירותים אשר יהיו.<sup>46</sup>

---

Amit Dat and Omri Rachum-Twaig, Israel - Data Transfers.<sup>43</sup>

<sup>44</sup> הרשות להגנת הפרטיות, הנחה – תחולת חוק הגנת הפרטיות על מערכות בינה מלאכותית.

<sup>45</sup> הוועדה המייעצת לבחינת היבטי ביטחון לאומי בהשקות זרות.

Dan Swinhoe, Israel Government Says AWS and Google Can't Boycott Nimbus Project.<sup>46</sup>

## 4 | מודלי פרישה וסטרטגיות לאומיות – סקירה בינלאומית

כעת, לאחר שבחנו את מודלי הפרישה השונים ואת התוצאות של כל אחד מהם, נמבען במודלי הפרישה ובמדיניות בתחום מדיניות נבחרות. נעשה כנראהו המאפיינים הייחודיים של אותן מדינות – הדרישות הגיאו-פוליטיות, הנזונים הגיאוגרפיים והדמוגרפיים, נקודות החזק והחולשה – ובראי המטרות המוצחרות שלן לגבי עתידן בעולםות ה-AI.

### מגמות עולמיות

שדה ה-AI העולמי נשלט באופן מובהק בידי שתי שחקניות עיקריות – ארה"ב וסין. נכון למאי 2025 ארה"ב מחזיקה בכ- 75% מכוח מחשב העל העולמי, כאשר סין במקום השני עם 15%.<sup>47</sup> כמו כן, לפי דוח ה-AI של סטנפורד לשנת 2025, ארה"ב מובילה עם 40 מודלי AI ראיים לציון, לעומת 15 של סין (ושלושה של האיחוד האירופי). ואולם, בעוד שב-2023 עמד הפער בביצועים בין המודלים האמריקאים לבין אלו הסיניים על עשרות אחוזים, ב-2024 כבר כמעט שאין פער.<sup>48</sup> אשר לריבונות ה-AI, כפי שיפורטנו קודם לכן, ישנן שש ענקיות מרכזיות – כולן אמריקאיות או סיניות – וענקייה אחת בלבד השולטת בכ- 85%-90% משוק המאיצים העולמי, Nvidia האמריקאית.

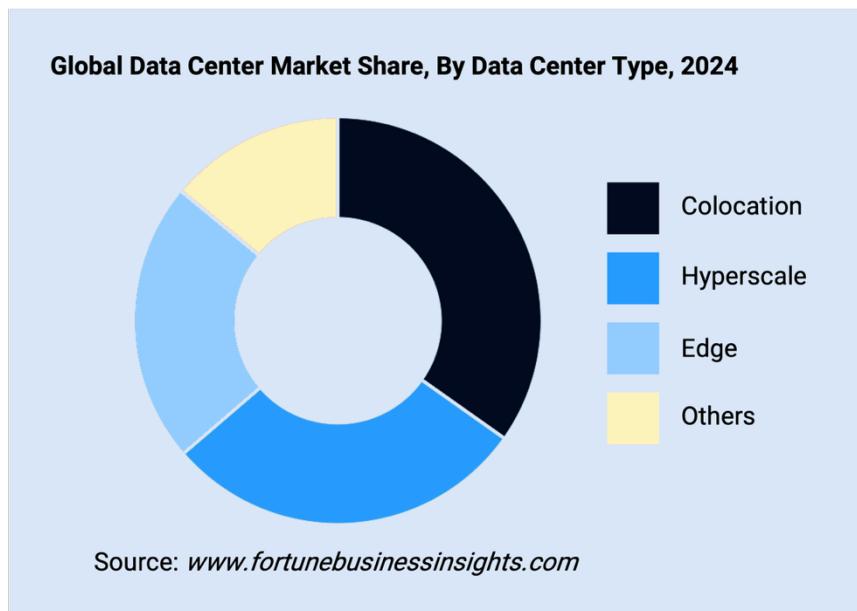
mbחינת האנרגיה הנדרשת, כאמור, ב-2024 צרכו מרכזי הנזונים כ-415 TWh, שהם כ-1.5% מצרכית החשמל העולמית, עם צפי לגידול עד כדי 3% ואפיילו 4.5% מהצריכה העולמית עד 2030.<sup>49</sup> שווי שוק מרכזי הנטונים העולמי הוא \$269.79B ב-2025, והוא צפוי יותר מלהכפיל את עצמו בשנים הקרובות ולהגיע ל-\$584.86B ב-2032.

בחלוקה למודלי פרישה, כ-35% ממרכזי הנזונים מיועדים להשכרת מסדיים (מודל ענן בשירות). כ-30% שייכים לאותן חברות ענק (Hyperscalers) כמו גугл, אמזון ומיקרוסופט, המספקות מודלי פרישה של ענן ציבורי ושל ענן פרטי על תשתיות ציבורית (בצד פתרונות ייעודיים יותר במרקם מסוימים). מרכזי נתונים אלו צפויים לגדול בקצב המשמעותי ביותר. כ-20% נוספים מיועדים למחשבים קצה, והאחוזים הנותרים מיועדים למודלים אחרים.

Epoch AI, The US Hosts the Majority of AI Supercomputers, Followed by China.<sup>47</sup>

Yolanda Gil and Raymond Perrault, Artificial Intelligence Index Report 2025.<sup>48</sup>

IEA, Energy and AI, 14; semianalysis, AI Datacenter Energy Dilemma – Race for AI Datacenter Space.<sup>49</sup>

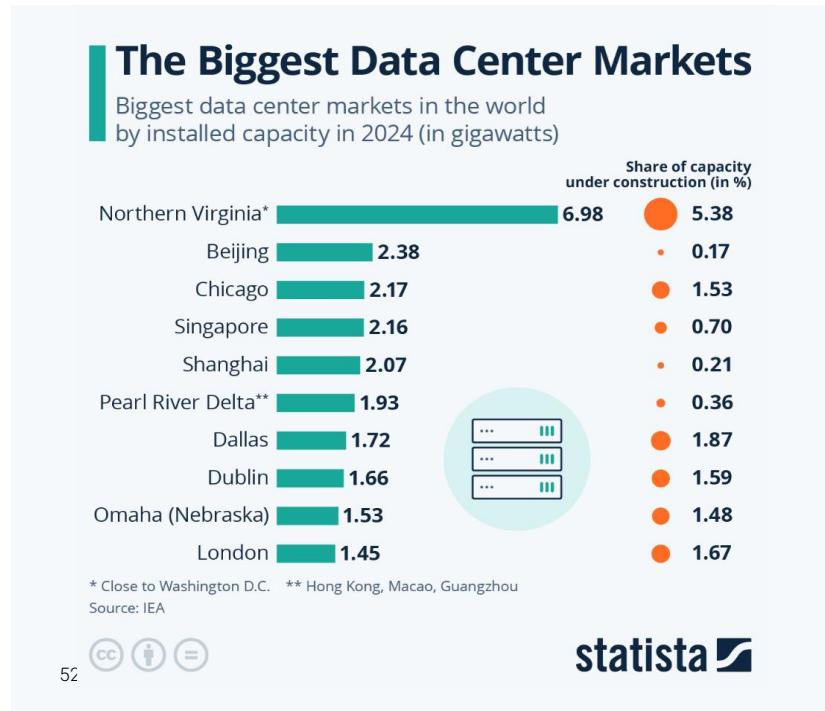


בחלוקת גיאוגרפיה של מרכזי הנתונים, צפון אמריקה היא המובילה, כאשר צפון וירג'יניה נחשב לאזור הדאטה סנטרים בעל ההספק הגבוה בעולם – W.98GW, אחריו בייג'ינג עם 2.38GW, ולאחר מכן שיקגו, סינגפור ועוד. דבלין מתיזכבה במקום הראשון באירופה והשミニי בעולם עם 1.72GW. כולל אזורי מרכזי הנתונים הגדולים בארה"ב – צפון וירג'יניה, שיקגו, דאלאס ואומהה – הגיעו בשנת 2024 ל-W.4GW, שהם כ-21% משך ההספק של מרכזי הנתונים בעולם (59.58GW<sup>51</sup>). כולל האזוריים המובילים בדרום אסיה – בייג'ינג, סינגפור, שנגחאי, הונג קונג, מקאו וגואנגג'ואו – הסתכם ב-W.8.5GW כ-14% מההספק העולמי. מרכזי נתונים בדבלין ובלונדון – הריכוזים הגדולים באירופה – הגיעו יחד ל-W.3.11GW, כ-5% מההספק העולמי.

---

Fortune Business Insights, Data Center Market Size, Share & Industry Analysis, By Component<sup>50</sup>  
 (Hardware, DCIM (Data Center Infrastructure Management) Software, and Services), By Data Center Type  
 (Colocation, Hyperscale, Edge, and Others), By Tier Level (Tier 1 and Tier 2, Tier 3, and Tier 4), By Data  
 Center Size (Small, Medium, and Large), By Industry (BFSI, IT & Telecom, Healthcare, Government,  
 Manufacturing, Retail & E-Commerce, and Others), and Regional Forecast, 2025-2032.

Mordor Intelligence, Data Center Market SIZE & SHARE ANALYSIS - GROWTH TRENDS & FORECASTS<sup>51</sup>  
 UP TO 2030.



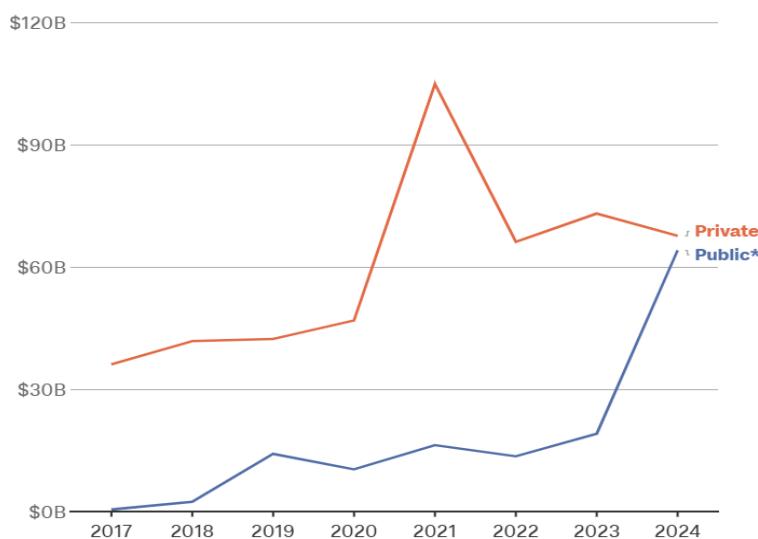
מבחןת הרגולציה, ניתן לסמן שני קצווות: האיחוד האירופי, שהוקק חוק AI נרחב ומגביל המציג כערך מובהק את השמירה על הפרטיות ואת האתיקה בפייטוחי AI; ואלה"ב, הדוגלת בגישה של הנחת עקרונות ותקנות לסקטוריהם ספציפיים, תוך שימוש חדשן בתחום ה-AI. בין היתר ניצבת סין, עם חקיקה מהירה וגמישה בהתאם להתקויות ועם התערבות רבה של הממשלה במערכות ה-AI, באופן שמאפשר צנזורה ואכיפה סלקטיבית.<sup>53</sup>

כלל, 2024 נחשבת לשנה שבה ממשלה זיהו את הערך והפוטנציאלי של ה-AI, עם זינוק בהשקעות הממשלתיות לנדי \$64B לעומת \$19B בלבד ב-2023 – תוך צמצום מדהים של הפער בין השקעות ממשלתיות לפרטיות ל-\$4B בלבד.

Anna Fleck, Which Regions Have the Biggest Data Centers?<sup>52</sup>

Emmanuel Pernot-Lplay, Ph.D, The AI Dilemma: AI Regulation in China, EU & the U.S<sup>53</sup>

### Annual global investment in AI, by type



Sources: Crunchbase, Tortoise analysis  
Shows figures through September 2024.  
<sup>54</sup>\*Based on government spending commitments

לאור הנטוינום היללו, שאר מדינות העולם – שאינן ארה"ב או סין – ניצבות בפני דילמה: כיצד למצב את עצמן כמובילות בתחום ה-AI, כאשר התחרות על כוח המחשב מול שתי הענקיות היא כמעט בלתי אפשרית. נסקור להלן את האופן שבו בחרו ארבע מדינות נבחרות להתמודד עם מציאות זו.

## מדינות נבחרות

### בריטניה

בריטניה מדורגת במקום הרביעי במדד ה-AI של Tortoise לשנת 2024, עם דירוגים גבוהים בתחוםי מאגר המומחים, הסביבה התפעולית, המחבר, האסטרטגיה הממשלתית והסביבה המסחרית, אך נמוכים יחסית בתחוםי ויפויות. <sup>55</sup> וכן, בריטניה יש מספר גדול של סטארט-אפי AI, חוקרים ואוניברסיטאות מובילים ברמה עולמית, וכן מרכזי נתונים (רובם מרכזים באזורי לונדון) <sup>56</sup> בהספק של כ-1.6GW ובשווי של \$10.69B, שצפוי לצמוח ל-\$22.65B עד 2030. <sup>57</sup> אולם, במידה רבה, בריטניה חיבת את ההובלה שלה לחברת DeepMind, שנרכשה ב-2014 על ידי גугл האמריקאית והפכה בסיס למודלי ה-AI המתקדמים שלה. כך למשל, 7.2% מהציגוטים ב-100 המאמרים המובילים בתחום ה-

Tortoise, The Global Artificial Intelligence Index 2024.<sup>54</sup>

Tortoise, The Global Artificial Intelligence Index 2024.<sup>55</sup>

Estimate of Data Centre Capacity: Great Britain 2024.<sup>56</sup>

Research and Markets, United Kingdom Data Center Market - Investment Analysis & Growth Opportunities 2025-2030.<sup>57</sup>

AI הם של חוקרים בריטיים, אולם בניכוי ציטוטים מחקרים של DeepMind, שיעור הציטוטים יורדת ל-1.9%.<sup>58</sup>

בשנת 2021 פרסמה ממשלה בריטניה את התוכנית הלאומית ל-AI לטווח של 10 שנים,ובה הצהרה שהמדינה מכונת להיות "המקום הטוב ביותר לחיות ולבוד ב AI, עם חוקים ברורים, עקרונות AI Researchattiים מושמים וסבירה גנטורית תומכת חדשנות".<sup>59</sup> בין השאר, הוחלט ליצור את AI Resource (AIRR) – צבר מחשיבי על בשליטת המדינה ובשתיות האוניברסיטאות קיימברידג' ובריסטול והחברות HPE, Intel, Dell, Nvidia ו-<sup>60</sup>בינואר 2025 פרסמה הממשלה תוכנית חדשה ובה החלטה להרחיב את המשאבים במסגרת זו פי 20. תחת ההנחה שהספק מרכזי הנזונים בבריטניה יגיע ל-W6-<sup>61</sup>ב-2030. במסגרת זו, יצא קריאה לרשות מקומיות ולחברות מרכזית נזונים ואנרגיה להציג אזורים בבריטניה שעומדים במספר קרייטריונים (בהם אפשרות לספק מעל 500MW חשמל ב-2030, מרחב פיזי גדול מספק, גישה למים ולתקשות, הוכחת התכונות ועוד), על מנת להפוך אותם ל-AIGZs (AI Growth Zones) – אזורים שיקבלו סיוע והטבות מהמדינה להקמה ולפעול של מרכזי נזונים עם הספק של מעל 500MW.<sup>62</sup> כמו כן, ביוולי 2025, הממשלה הציגה תוכנית נוספת ליקולות המחשב של בריטניה ובה פירוט של 10 צעדים לקידום ה-AI במדינה, בהם הקריאה להקמת AIGZs שיפורנו לעיל, החלטה להשקיע מעל \$1.34B (£1B) ב-AIRR, להגדלת יכולות החישוב שלו פי 20, ו-\$1B (£750M) בהקמה של מחשב-על חדש באדינבורו, הבנת גישה ריבונית ל-AI לגופים בטחוניים, ולמוסדות מחקר וחדשות בעלי אימפקט גבוה, השκעה בחיפויו אחורי תשתיות אנרגיה חדשות, ועוד.<sup>63</sup>

באופן כללי, במדד הריבונות, בריטניה נוטה לאפשר כניסה רבה של חברות זרות, בעיקר אמריקאיות. במאי 2025 היא חתמה על הסכם סחר עם ארה"ב, המבטיח מסחר והשקעות בהיקפים גדולים יותר בעולם הדיגיטלי בין המדינות. כמו כן, מספר חברות אמריקאיות הכריזו על הקמת מרכזי נזונים בבריטניה בעלות משותפת של عشرות מיליארדי דולרים.<sup>64</sup> עם זאת, נכון ל-2023, בין אורי הנזונים (אזור עם מרכז נזונים אחד או יותר של אותה חברת שבבעלות חברות אמריקאיות וסיניות בבריטניה, כ-25% הו בבעלות סינית).<sup>65</sup>

Matt Davies, "A Lost Decade? The UK's Industrial Approach to AI."<sup>58</sup>

National AI Strategy, 2021.<sup>59</sup>

Department for Science, Innovation and Technology and UK Research and Innovation, "AI Research Resource."<sup>60</sup>

Department for Science, Innovation and Technology, "AI Growth Zones: Open for Applications."<sup>61</sup>

Department for Science, Innovation and Technology, UK Compute Roadmap.<sup>62</sup>

Megan Kirkwood, "The UK's AI Strategy Risks Entrenching the Power of Big Tech."<sup>63</sup>

Katharina Bucholz, "Where Chinese or American Tech Is Used in Cloud Data Storage."<sup>64</sup>

מבחןת מאגרי הנתונים עצם, הוחלט להקים ספרית נתונים לאומית הכוללת חミשה מסדי נתונים ממשמשותיים. כן הושק AI Lab NHS – גוף להפקת תוצרים באמצעות בינה מלאכותית מתוך מאגרי שירות הבריאות הלאומי (NHS).<sup>65</sup>

לעומת האיחוד האירופי, הרגולציה הבריטית רנה בהרבה ומציבה את החדשות במקומות הראשונים, לעיתים על חשבון השמירה על הפרטיות וביטחון המידע. כמו כן, בשל המעורבות הרבה של חברות הטכנולוגיה האמריקאית הן בשוק הפרטי הבריטי והן בתשתיות המחשב של הממשלה, עליה חשש כי אלו עלולות להפעיל לחצים כבדים על גורמי הרגולציה להגביל פיקוח על התחרות והפרטיות.<sup>66</sup>

לסיכון, בריטניה, בדומה לישראל, מנסה לשמר את מעמדה כמובילה בתחום ה-AI (וכМОВІЛЯ טכנולוגית בכלל). היא עושה זאת באמצעות השקעה בהקמה ובפיתוח של תשתיות מחשוב לאומיות לשימוש כלל המגזרים, הנגשה של מאגרי נתונים והבטחת הגישה לתשתיות למוסדות בעלי אימפקט גבוה.

## סינגפור

כמדינת איזקונה ומתקדמת, סינגפור היא מקורה בוחן מעניין. היא מדורגת במקום השלישי במדד ה-AI של Tortoise, לאחר ארה"ב וסין, עם ציונים גבוהים במיוחד בתחום התקשורת והמחקר (השלישית בשני התחומיים, אחרי סין וארה"ב) וכן בשאר המדדים, פרט לסייעת הפעולית – בעיקר בשל "בריחת מוחות" גדולה.<sup>67</sup>

ב-2019 הציגה סינגפור את התוכנית האסטרטגית הלאומית ל-AI, שהנichaה בשלב מוקדם יחסית את התשתיות הרעיונית בנושא. זו הtmpקדה בתשעת סקטורים: תחבורה ולוגיסטיקה, ייצור, פיננסים, ביטחון וابטחה, הגנה בסיביר, ערים חכמות, בריאות, חינוך וממשלה, וכן ב-"אפשרויות AI" (AI enablers): שיתופי פעולה בין המחקר, התעשייה והממשלה; חינוך למומחיות ב-AI; ארכיטקטורת נתונים; סביבה אمنה וمتקדמת; ושיתופי פעולה בינלאומי. התוכנית הובילה להקמה של כ-150 – AI Singapore – קבוצות מחקר וכ-900 סטארט-אפים בעולםות ה-AI. למעשה, כבר ב-2017 הוקם AI Singapore מטרית על לתוכול ולקידום המחקר, התעשייה והמשלות בתחום ה-AI. ב-2019 פרסמה סינגפור את המגזרת (Framework) הראשונה בעולם למשילות במודלי AI, וב-2022 השיקה מערכת מדידת משילות זו והנישה אותה בקוד פתוח.

---

techUK, "The UK's AI Moment: An Ambitious New Plan for Innovation and Growth."<sup>65</sup>

Andrew Charlesworth et al., "What Are the Main Shortcomings of the 'pro-Innovation Approach to AI Regulation' White Paper Published by the UK Government in March 2023?"<sup>66</sup>

Tortoise, The Global Artificial Intelligence Index 2024.<sup>67</sup>

ב-2023 ועדכנית האסטרטגיה הלאומית בתוכנית חדשה, ששימנה שלושה ציריו שינוי: (א) AI הוא לא עוד הזרם בלבד, אלא הכרח. (ב) מעבר מהתמקדות מקומית בסינגפור למיצובה כמובילה עולמית. (ג) מעבר מהובלת פרויקטים לעיצוב מערכות שיתמכו ב-AI. התוכנית גם הציבה 15 פעולות לביצוע בתוך זמן של 3-5 שנים, ובהן: חיזוק המחקר וה תעשייה, כולל הגדלה של מאגר מומחיי AI ל-15 אלף; פינוי מקום פיזי לצורכי AI; הגדלת יכולות המחשב עתיר הביצועים הריבוניות (בשיטתה של \$500M); פיתוח מידע משלתי לשימוש הציבור; פיתוח טכנולוגיות לשימורה על פרטיות, ועוד.<sup>68</sup>

נוסף על כל אלו, ביוני 2023 פורסמה תוכנית הקישוריות הדיגיטלית של סינגפור, ובה יעד לייצרת חיבוריות מקומית של 10Gbps (ג'יגה-בייט לשניה - ייחידה למידית כמות המידע שעוברת בראשת בשנייה אחת. לשם השוואה, ברבעון הראשון של 2025, מהירות ההורדה הממוצעת בישראל הייתה 1,169.1Mbps, קטן פי 60 מהיעד הסינגפורי, כאשר רוב חברות התקשורות בישראל מאפשרות גישה פרטית מקסימלית של 1Gbps<sup>69</sup> תוך חמישה שנים ולהבטחת אנרגיה יロקה.<sup>70</sup> ב-2024 פורסם המשך לתוכנית העוסק במרכזי נתונים יוקים, תוך הצבעת על שלושה פרמטרים:יעילות אנרגטית של המרכז ושל החומרות שבו, ייצור אנרגיה יロקה, ויעילות בשימוש במים.<sup>71</sup>

בחינת אסטרטגיה גיאופוליטית, גם בתחום ה-AI דוגלת סינגפור בגישה "חבר לכלם, אויב לאף אדם", ומשתדרת להיות במקומ טוב באמצעות שתי השחקניות הגדולות. כך למשל, נכון ל-2023, ישנו איזון מוחלט בין אזורי הנזונים של ספקיות סיניות לבין אלה של ספקיות אמריקאיות בסינגפור.<sup>72</sup> בבחינת סטטוס התשתיות הנוכחי, ב-2024 הסתכמו כלל הדאטה סנטרים של סינגפור בהספק של 717MW ובסווי שוק של \$3.3B<sup>73</sup> לרבות השקעה מסיבית של מיליארדי דולרים מצד כל ענקיות הטכנולוגיה, האמריקאיות והסיניות גם יחד. נתון מזהם נוסף הוא ש-15% מהfleet העולמי של Nvidia מגיע מסינגפור ומסתכם, בהתחשב בגודל האוכלוסייה הסינגפורית, ב-600 מיליון דולר לשכבים של Nvidia – פי 10 ביחס לארה"ב וכי 200 לעומת סין.<sup>74</sup> לכך מתווספים המעדן ההיסטורי של סינגפור כמרכז סחר של דרום-מזרח אסיה, והיותה מקום חיבור של عشرות אלפיים תחת ימיהם המקשרים את מזרח אסיה למרכז ולמערב, ואף לאירופה, צפון אמריקה ואוסטרליה.<sup>75</sup>

סביבת סטארט-אפי ה-AI הסינגפורית כוללת 650 חברות הזנק, ובו, נכון ל-יולי 2025, 32 "חדי קרן" (המורים במעל מיליארד דולר). שתים מהאוניברסיטאות במדינה מדורגת בעשויות הראשונות

<sup>68</sup> National AI Strategy.

SPEEDTEST, "Israel Median Country Speeds"<sup>69</sup>

Digital Connectivity Blueprint.<sup>70</sup>

Mark Wong, "Singapore's Green Data Centre Roadmap – Representing a Necessary Intersection between Digital Infrastructure and Sustainability."<sup>71</sup>

Katharina Bucholz, "Where Chinese or American Tech Is Used in Cloud Data Storage."<sup>72</sup>

Structure Research, Singapore 2024: Data Centre Colocation, Hyperscale Cloud & Interconnection.<sup>73</sup>

Blake Crosley, "Singapore's \$27B AI Revolution Powers Southeast Asia 2025."<sup>74</sup>

TeleGeography, "Submarine Cable Map | Singapore."<sup>75</sup>

בתחום ה- AI במכון השלישי (Nanyang Technological University) Singapore.

עקב אכilm של סינגפור, כאמור, הוא מנין טאלנטי ה-AI, כאשר 74% מהעסקים מתקשים למצוא מועמדים מתאימים בתחום. אולם המדינה משקיעה משאבים רבים בהכשרות ובותכניות אקדמיות לשיפור נתון זה.<sup>76</sup>

לסיכון, סינגפור היא דוגמה ומודפת לביסוס תשתיות פיזיות, אופרטיביות וקדמיות רחבות לשם הובלה בתחום ה-AI, עם השקעה כספרית רבה אך צנואה ביחס לענקיות התחרות, ועל אף שטחה הקטן ומשאביה הפיזיים הדלים.

איחוד האמירויות

איחוד האמירויות פצחה במסע "להפוך למדינה הטובה ביותר בעולם ביום הקרוב, עד שנת 2071",<sup>78</sup> במסגרת תוכנית המבוססת על מושלה ממוקדת עתיד, חינוך מעולה, כלכלה תחרותית ו מגוונת (תווך הפחתה בהסתמכו על נפט) וחברה שמחה ומלוכדת.<sup>77</sup> בהתאם מוצרכת לתוכנית זו עומדת האסטרטגיה הלאומית לבינה מלאכותית 2031, כמנוע לשיפור החינוך, הכלכלה, הממשלה והאושר. זו מציגה שמונה מטרות אסטרטגיות לביסוס מעמד המדינה כשותפות עולמית בתחום-ה-AI, וכן ארבעה נתיבי הובילה ב-AI: (א) הובילה במשאבים התעשייתיים הנוכחים ובסקטורים מתוערים כגון בריאות וסיביר (תווך הערכה כי השקעה בסקטורים אלו תגדיל את הייצוא הכלול ב-AED335B (כ- \$91.5B)). (ב) הובילה בממשל חכם, כולל תחבורה חכמה, צ'אטבוטים לשירות לקוחות ועוד. (ג) שיתוף בנתונים ומשילות. (ד) דור חדש של טאלנטים אזרחיים.<sup>79</sup>

אחד האמירויות מדורגת, אומנם, רק במקום ה-20 במדד ה-Al של Tortoise<sup>79</sup>, אולם נראה שהעתיד פרוס לפניה. שוק מרכזי הנוכחיים, שהספקו, נכון ל-2024, הוא מעל 350MW<sup>80</sup> צפוי לגדול עד 2030 בכ-750MW, כאשר הספק המרכזי הנוכחיים שהתווסף במדינה ב-2024 מהווים כ-30% מהספק המיועד למרכזי הנוכחיים שהתווסף בכל המזורה הקיימת. אשר לשינוי השוק, עד 2030 הוא צפוי לצמוח בקצב שנתי ממוצע של 17.64%. השוק נשלט במידה רבה על ידי חברות אזריות ובראשם Khazna – זרוע השכורת החומרה של החברה האמירית הנתמכת ממשלה G42, אשר שולחת ב-59%

<sup>76</sup> Blake Crosley, "Singapore's \$27B AI Revolution Powers Southeast Asia 2025."

UAE Centennial 2071.<sup>77</sup>

UAE National Strategy For Artificial Intelligence 2031.<sup>78</sup>

Tortoise, The Global Artificial Intelligence Index 2024.<sup>79</sup>

Research and Markets, UAE Existing & Upcoming Data Center Portfolio Report 2025: Existing Data Center Capacity in UAE Is Over 350 MW, While the Upcoming Capacity in the Region Is Expected to Be Around 500 MW.

מהשוק.<sup>81</sup> לאלו מתווסף הפרויקט השאפתני UAE Stargate – שיתוף פעולה בין G42 והממשל האמירתי לבין חברות ענק אמריקאיות להקמת מחשב על בהספק עצום של 150MW. לשם השוואה, מרכז הנתונים הגדול בעולם כיום, China Telecom Data Center, הספקו 5G. בלבד. UAE Stargate יהו חלק מקמפוס ה-AI המשותף לאיחוד האמירויות ולארה"ב, שיוקם באבו דאבי בהספק של 5G. מחוץ לאמירויות, G42 כבר מפעילה מרכזי נתונים בהספק כולל של מאות מגה-וואטים בארה"ב, וחתומה על הסכמים להעברת עודפי GPUs עם חברות טכנולוגיה אמריקאיות כגון מיקרוסופט.<sup>82</sup> צעדים אלו מבססים את הריבונות החישובית האmirתית, תוך חיזוק ממשוני לשיתוף הפעולה עם ארה"ב – ובחירה צד מובהקת במאבק הבין מעצמותו.<sup>83</sup>

אחדות האמירויות גם עושה שימוש בצד הרגולטורי לשם שמייה על פרטיות וביסוס הראיות. כך למשל, נתונים פיננסיים, רפואיים, ועוד, Internet of Things (IoT) וטלקום חייבים להישאר בתחוםם האיחודי.<sup>84</sup> חוקי פרטיות מחייבים לקבל הסכמה אדם לפני איסוף נתונים אישיים לפחות, למעט במקרים מסוימים של אינטראס ציבורי מתגש, ויש לאפשר לאדם לשנות את הנתונים שנאספו לפחות או להפסיק את השימוש.<sup>85</sup> אחדות האמירויות גם מפעילה אזורי סחר חופשי, ובפרט ככלו הייעודים לא-AI, שבהם ישנן תקנות רגולטוריות שונות העומדות בקנה אחד עם סטנדרטים גלובליים כמו GDPR (תקנות הפרטיות והשימוש במידע אישי של האיחוד האירופי).<sup>86</sup> אזורים אלה גם כוללים פטור ממש חברות ובעליות זהה והטבות נוספות, ולכן מהווים יעד אטרקטיבי להשקעות זרות.<sup>87</sup> למעשה, ישנן סכבות משמעותיות המתמראות ומסייעות לסטארט-אפים ומה'פ, כגון Hub71 – האקויסיטם הגלובלי של ابو דאבי.<sup>88</sup>

בתחום המחקר והפיתוח, (MBZUAI) Mohamed bin Zayed University of Artificial Intelligence שננוסדה ב-2019, היא אוניברסיטת מחקר ה-AI הראשונה בעולם, ומטרתה למשוך וליצור מומחיים עולמיים בתחום <sup>89</sup>. Technology Innovation Institute הוא גוף מחקר טכנולוגי, שבין היתר, פיתח את סדרת מודלי השפה הגדולים *Falcon*: *Falcon-H1*, המציג ביצועים גבוהים במטרה

Arizton Advisory and Intelligence, United Arab Emirates Data Center Market - Investment Analysis & Growth Opportunities 2025-2030.

Dylan Patel et al., "AI Arrives In The Middle East: US Strikes A Deal with UAE and KSA."<sup>82</sup>

G42, "Global Tech Alliance Launches Stargate UAE."<sup>83</sup>

Daljeet Singh, Data Residency in the UAE : The Definitive Guide.<sup>84</sup>

<sup>85</sup> U.A.E, "Data Protection Laws."

Daljeet Singh, Data Residency in the UAE : The Definitive Guide.<sup>86</sup>

<sup>87</sup> "AI Investment and Business Opportunities in the UAE: Growth, Regulations, Key Sectors."

Hub71, "Who We Are | Hub71."<sup>88</sup>

Mohamed Bin Zayed University of Artificial Intelligence, "Mohamed Bin Zayed University of Artificial Intelligence | About."<sup>89</sup>

לאפשר שימוש במכשורי קצה ובסביבה המוגבלת במשאבי חישוב, וכך *Falcon Arabic*, המודל המוביל בעולם בשפה הערבית.<sup>90</sup>

בסק הכלול, לפי הערכות, שוק ה-AI המקומי צפוי לגודל משווי של \$3.47B ב-2023 לכדי \$46-50B ב-2030 – קצב צמיחה שנתי ממוצע מדהים של 43.9%.<sup>91</sup> איחוד האמירויות שקיעה משאבי אדריכים כדי להפוך למובילת עולמית בתחום ה-AI, מתווך שאיפה להשען עליו את כלכלתה ומטען מחשבה שזהו בסיס ממשותי בדרך להפיקתה למדינה הטובה בעולם.

## סעודיה

סעודיה מדורגת במקום ה-14 במדד *Tortoise* לשנת 2024, עם ציונים נמוכים יחסית במרבית הкриיטריונים, אולם מתבלטת בкриיטריון אחד – ההוצאה הממשלתית על AI. בכךון זה היא ניצבת במקום הראשון, הרחק מעבר לאלה<sup>92</sup>, סיוויתר המדינות,<sup>93</sup> עם הוצאה כוללת מתוכננת של מעל \$40B בעשור הקרוב.<sup>94</sup> ואכן, הממשלה הסעודית הוא מנוע החדשנות העיקרי של סעודיה. בשנת 2016 הושקה תוכנית Saudi Vision 2030 – תוכנית העל של סעודיה לשנים הקרובות. יעדיה: גיון הכלכלה מעבר לתלות בנפט וגז, העצמת האזרחים, יצירת סביבה תוססת למשקיעים מקומיים ובינלאומיים וביסוס סעודיה כמובילה עולמית.<sup>95</sup> עולם הבינה המלאכותית ניצב במרכז התוכנית, כשבין 96 מטרותיה, 66 קשורות לנושאים ול-AI,<sup>96</sup> תוך תרומה צפואה של \$235.2B (12.4%) לתחמ"ג.<sup>97</sup> להשגת המטרות השałופתיות הוקמה הרשות הסעודית לנושאים ובינה מלאכותית (SDAIA), שפרסמה ב-2020 את האסטרטגייה הלאומית לנושאים ו-AI. זו הציבה שלוש אבני דרך בתחום בזמן: (א) 2021 – טיפול בצריכים הדחופים של סעודיה. (ב) 2025 – בניית התשתיות ליתרון תחרותי בנושאות ספציפיות – חינוך, ממשל, בריאות, אנרגיה ותחבורה. (ג) 2030 – התרחות בשדה העולמי ככלכלה מובילה בשימוש וביצוא של נושאים ו-AI. בתוכנית הוצבו גם מטרות כמותיות, כגון: דירוג בין 15 המדינות המובילות ב-AI, ועוד מטרות המסמנות את היקפי ההשקעה, מנין התאלנטים והמיקום במדדי ה-AI העולמיים.<sup>98</sup>

---

<sup>90</sup> "Falcon." [Ahmed El Safty, "UAE AI Ambitions: Building the Foundations of the next Economic Growth Era."](#)<sup>91</sup>

<sup>92</sup> *Tortoise, The Global Artificial Intelligence Index 2024.*

<sup>93</sup> Niusha Shafibady, "Saudi Arabia Has Big AI Ambitions. They Could Come at the Cost of Human Rights." [Vision 2030.](#)<sup>94</sup>

<sup>95</sup> SDAIA, "Saudi Data & AI Authority and Vision 2030."<sup>96</sup>

<sup>96</sup> Zuhair Khayyat, "AI Is Powering Saudi Arabia's Vision 2030 Transformation."<sup>97</sup>

<sup>97</sup> SDAIA, "National Strategy for Data & AI."<sup>98</sup>

כיום, נראה שחלקים רבים באסטרטגיה אכן מתקדמים. שוק מרכזי הנזtones הסעודי כולל הספק של 440MW נכון ל-2025 וצפוי לגדול ל-1,190MW ב-2030, עם CAGR של 21.87% (הגבוה בין המדינות שסקרו).<sup>98</sup> שווי שוק מרכזי הנזtones צפוי לגדול מ-\$1.6B ב-2025 ל-\$5.3B ב-2032 (הגובה בין CAGR, 16.3%).<sup>99</sup> אחד הגורמים המשמעותיים שמושכים חברות להקים מרכזי נזtones בסעודיה הוא מחיר החשמל הנמוך יחסית – \$0.05 ל-kWh, לעומת כ-\$0.18 בארה"<sup>100</sup> לצד זאת, סעודיה משקיעה באנרגיה ירואה, ואף מתכונת להפעיל את מרכז הנזtones Oxagon ב-NEOM, מטרופולין העסקי המהווה את פרויקט הדגל של הקדמה הסעודית, על בסיס אנרגיה ירואה בלבד. בהקשרי תשתיות תקשורת, בשנים האחרונות חל שיפור משמעותי בתחום האינטרנט במדינה, עם כ-99% חיבוריות. כך גם בתשתיות הרשת הסולרית, כאשר 70% מהאזורים המושבים כוללים רשתות 5G.<sup>101</sup> זאת, בצד חיבור לעשרות כבליות תת-ימיות העוברות דרך סעודיה ומושרים בין אירופה, אפריקה ואסיה.<sup>102</sup>

הזרוע המבצעת של הממשלה הסעודי להעברת היקפי הכספי העצומים הללו היא קרן ההשקעות הציבורית הסעודית (PIF). בבעלותה, בין השאר, חברת HUMAIN, שמטרתה לספק פתרון לכל שכבות ה-AI, והיא מסתמכנת כאמור ל-G42 האמריתית. HUMAIN כבר חתמה על מספק עסקאות ענק עם חברות טכנולוגיית אמריקאיות להקמת מרכזי נזtones ולהטמעת פלטפורמות AI.<sup>103</sup> יש לציין שתונעה זו לכיוון הסכמים עם חברות אמריקאיות מסוימת שינוי ביחס למודל הסעודי ההיסטורי, שבו, אף בשנת 2023, סין הייתה הדומיננטית מבין המעצמות מרכזי נזtones בסעודיה.<sup>104</sup>

בחינת רגולציה, סעודיה מציגה חוקים מחמירים עם עונשים כבדים בהקשרי פרטויות ושמירה על מידע מקומי. כך, כל מידע על תושבי סעודיה חייב להישמר בתחוםיה; יש לבקש אישור לאיסוף של כל פרט מידע ולשיימוש בו, ולאפשר למשאי המידע גישה למידע שנאסף ובקשה לשינויו, להפסקת השימוש בו ולמחיקתו; יש לאיסוף את המידע המינימלי הנדרש לכל צורך.<sup>105</sup> מצד שני, סעודיה מגישה את מאגרי המידע הפתוחים שלה באופן חינם, שווה לכolumbia וונגש לקריאת מכונה.<sup>106</sup> אולם, יש החוששים כי סעודיה, כמו בעלת מוניטין מפוקפק בהיבטי שמירה על זכויות אדם, תשמש

Mordor Intelligence, Saudi Arabia Data Center Market SIZE & SHARE ANALYSIS - GROWTH TRENDS &<sup>98</sup>  
FORECASTS UP TO 2030.

Saudi Arabia Data Center Market Size Forecast.<sup>99</sup>

World Population Review, "Cost of Electricity by Country 2025."<sup>100</sup>

Saudi Arabia Data Center Market Size Forecast.<sup>101</sup>

TeleGeography, "Submarine Cable Map | Saudi Arabia."<sup>102</sup>

Dylan Patel et al., "AI Arrives In The Middle East: US Strikes A Deal with UAE and KSA"; Jamie Lane,<sup>103</sup>  
"HUMAIN to Launch Arabic-Centric ALLaM 34B Foundation Model by End of August"; Nvidia Newsroom,  
"HUMAIN and NVIDIA Announce Strategic Partnership to Build AI Factories of the Future in Saudi Arabia."

Katharina Bucholz, "Where Chinese or American Tech Is Used in Cloud Data Storage."<sup>104</sup>

InCountry Staff, "Saudi Arabia Data Sovereignty Policies and Requirements."<sup>105</sup>

Gov.Sa, "Open Government Data."<sup>106</sup>

במסגרת איסוף הנתונים הקשicha שלה לשם מעקב אחר תושבים. כך למשל, The Line, העיר החכמה שנקמה במסגרת M0NE, צפואה לאסוף כמעט את כל הנתונים האישיים האפשרים על תושבה, ויש שכינו אותה "עיר מעקב".<sup>107</sup>

לסיכום, סעודיה, כמו איחוד האמירויות, מנסה לנوع לעבר כלכלת הנשענת על מנوعי צמיחה שונים מנפט ונז, ורואה ב-AI את התשובה האולטימטיבית למטרה זו. הממשלה הסעודי מוביל את המהלך, עם השקעה אגרסיבית ומשמעות בכל שכבות מחסנית ה-AI ובעזרת שיתופי פעולה רבים ומגוונים, תוך הסתמכות על היתרונות הקיימים של הכלכלה הסעודית – מיקום אסטרטגי, אנרגיה זולה ועושר כלכלי ממושת.

---

Niusha Shafiabady, "Saudi Arabia Has Big AI Ambitions. They Could Come at the Cost of Human Rights."<sup>107</sup>

# 5 | הערך של מודלי הפריסת ארבעת המגזרים בישראל

כפי שראינו, את המודלים לפירסה של תשתיות AI ניתן לחלק, באופן גס, לחמשה. לכל מודל יתרונות וחסרונות מסוים, ועל כן, אין מודל ייחיד שמתאים לכלול. כמו כן, מודלים שונים עשויים להתאים לשכבות שונות במחסנית ה-AI. כך למשל, ניתן לאחסן מידע רגיש ולأمان את מודלי ה-AI בענן פרטיא לסוגיו (שכבות נתוניים ואמון), כאשר השימוש במודל המאומן (שכבת הפירסה ותהליכי ההסקה) יכול להתבצע על גבי ענן ציבורי, או באופן מבוצר על גבי מכשירי הקצה. באופן כללי, ניתן לומר ששקלול התמורות (trade-off) בבחירה המודלים ניצב על שלוש רגליים:

- **ריבונות** – מידת השליטה בנתונים ובתשתיות, כפי שפורט בפרק הראשון.
  - **חדשנות** – המידה שבה ניתן לבצע התאמות מהירות לאור חידושים וההתקויות טכנולוגיות.
  - **עלויות** – הקמה ותפעול, לרבות צורכי שטח פיזי ואנרגיה, ומנגד – ההחזר על ההשקעה.

פרק זה נבחן את התוצאות והעלויות של כל אחד ממודלי הפרישה מול צורכי הריבונות והחדשנות של כל אחד מרבעת המגזרים בישראל – תעשייה ויזמות; מחקר ופיתוח; לאומי-ازורי; לאומי-비טחוני. כאמור, השאלה העיקרית שמעסיקה אותנו במסמך זה היא אם להשקיע בתשתיות מקומיות או בתשתיות מרוחק. בבחינת שלוש הרגלים – ריבונות, חדשנות ועלויות – הריבונות והעלויות הן הקובעות: ככל שהצריך בריבונות גבר, כך יתעדפו תשתיות מקומיות. לצד זאת, העלות הישרה והעקיפה (אלוצי משק החשמל, מגבלות שטח, רגולציה וכדומה) של תשתיות מקומיות עלולה להיות גבוהה מאוד בישראל. אשר לרגל החדשנות, ישראל כבר מהווה בית למרכז נתונים של כל חברות הטכנולוגיה הגדולות, המספקות גישה לרוב המוחלט של צורכי החדשנות הנחוצים. לכן, ככל עוד גישה מובטחת, שיקול החדשנות הוא משני בבחירה בין תשתיות לאומיות מרוחק.

## א. תעשייה וייזמות

המגזר הפרטני, ותעשיית ההיוטק בפרט, הם מנוע הצמיחה הכלכלית העיקרי של ישראל. המגזר הטכנולוגי הישראלי אחראי ל-20% מהתמ"ג ול-53% מהייצוא.<sup>108</sup> האkosיסטם הישראלי מדורג במקום הראשון בעולם במספר סטארט-אפים לאנוש ובמספר הפטנטים לנפש.<sup>109</sup> עם עמודי התווך של המגזר נמנים חברות חשובות ליופסה, מוכנות גבוהה להtanשות וחסיבה יזמית, שיתופי פעולה

<sup>108</sup> Israel Innovation Authority, "Israeli Innovation. Global Impact."

Israeli Ministry of Innovation, Science & Technology, National Priority Areas in Science and <sup>109</sup>

Technology: Artificial Intelligence, 4.

ואינטרא-דיסציפלינריות, צפיפות גבוהה של סטארט-אפים, מרכזי מחקר ופיתוח של חברות בינלאומיות והשקעות בינלאומיות.<sup>110</sup> כל אלה דורשים להימצא בחזות הטכנולוגיה כל העת, גישה גבוהה לחידשות, סקילבוליות גבוהה ושיתופי פעולה בינלאומיים רציפים. במסגרת זו, לרבות מהחברות יש נתונים רבים היוצאים באופן תדרי ממרכזי הנתונים אל האינטרנט ולמדינות אחרות.

מנגד, ישנו שני שיקולים עיקריים לטובת פתרונות ריבוניים יותר בmgr העסקי – רגולציה וביתחון מידע. כפי שראינו בפרק הקודם, הרגולציה הישראלית מנכילה העברה של מידע מסוים אל מחוץ לגבולות המדינה. לכן, לחברות ישראליות העוסקות במידע שנאגר בישראל עשויה להיות סיבה טובה להשאיר את תשתיותיהן בתחום הארץ. כמו כן, ישן חברות בעלות סודות מסוימים רגיסרים – "היהלום שבכתר" – כגון אלגוריתמים, קוד מקור, טקטיקות, תהליכיים ועוד, שהשוו שישמרו תחת שכבת הסודיות הגבוהה ביותר.<sup>111</sup> במקרים כאלה, יש ערך רב לשמירה על הנכסים בתשתיות ריבוניות ככל שניתן.

לסיכון, ביציר ריבונות-חדשנות, המגר העסקי ניצב ברובו מצד החדשני, ודורש בעיקר גישה לתשתיות מחשוב בינלאומיות הניצבות בחוד החנית של התעשייה. על כן, רוב רובה של התעשייה יכול להתבסס על **ענן ציבורי** ולהפיק מכך ערך רב, ובהליך אין בכלל צורך בכך שענן זה יאוחסן בגבולות מדינת ישראל. עבור חברות שמצריכות עסקון בתחוםים רגיסרים יותר, כגון חברות ביטחוניות, FinTech ו-HealthTech, ניתן להשתמש במודל היברידי – עם **ענן פרטי על גבי תשתיות ציבורית או ענן פרטי בשכירות** (בהתאם לצורך) עבור אחסון ועבוד של נתונים רגיסרים, **וענן ציבורי** עבור יתר ההיבטים כגון פיתוח, ניתוח נתונים ועוד.

## **ב. אקדמיה, מחקר ופיתוח**

בשנים האחרונות, ישראל עומדת בחזית המדע בכל הנוגע לבינה מלאכותית. מאמריה מדורגים במקומות הראשונים במצפה הציוטים, וחוקריה השתתפו, נכון ל-2023, בפיתוח של כ- 4% ממערכות למידת המכונה המשמעותיות (יותר מפי 30 ביחס לשיעור האוכלוסייה של ישראל בעולם).<sup>112</sup> כדי לשמור על מקום מכובד זה, המחקר והפיתוח, בדומה למגר העסקי, נע בין צורך חיוני בחידשות ובגישה למאגרי מידע פתוחים; לבין עסקון בתחוםים מקומיים ובניהם, לעיתים פיזית בהכרח, לתשתיות

Israel Innovation Authority, "The Israeli Tech Ecosystem."<sup>110</sup>

The Investopedia Team, "Trade Secret: Definition, Examples, Laws, Vs. Patent"; Adam Hayes, "Crown Jewels: What It Means, How It Works."<sup>111</sup>

Israeli Ministry of Innovation, Science & Technology, National Priority Areas in Science and Technology: Artificial Intelligence, 4.<sup>112</sup>

מורכבות ומתקדמיות ביוטר, כגון מחשבים קוונטיים ומחשוב עתיר ביצועי (High-performance computing, HPC<sup>113</sup>)

מבחןת הצורך בחדשות ובגישה פטואה לקהילה האקדמית הבינלאומית, ניתן למנות צורך בגיןה למאגרי מידע פתוחים, גישה למודלי-ה-AI המתקדמיים ביוטר, שיתופי פעולה עם אוניברסיטאות בחו"ל ומענקים מארגוני בינלאומיים – כל אלו דרושים גישה למאגרי מידע משותפים ויכולות מחשוב משותפות.

הneed בפיתוחים מופיע, כמו במקרה של המגזר הפרטני, בדמות נתונים רגשיים שעלה בהם נועשים לעיתים מחקרים, ובכלל זה נתונים חיצוניים שנחקרים תוך שיתוף פעולה עם אוניברסיטאות בחו"ל<sup>114</sup>, וכן בתשתיות המאפשרות מ"פ של חוות מתקדמות, כגון מחשבים קוונטיים.

לסיכום, כמו במקרה העסקי, גם במקרה האקדמי חוני להימצא בחזית המדע, ועל כן הנגישות לחדשות חשובה ביוטר. עם זאת, בשל המחקר הענף גם על אודות רכיבי המחשב עצמן, יש לספק תשתיות ריבוניות שעלה בהן ניתן יהיה לבצעו. אם כן, גם כאן יש הכרח להשתמש בענן ציבורי, ובמודול היברידי לצרכים נוספים יותר, וכן בתשתיות ריבוניות ייעודיות לשם מחקר הכלול עיסוק בקידום הטכנולוגיה החומרתית.

## ג. לאומי-אזורני

המגזר הציבורי מהווה, אולי, את האתגר הגדול מכלם מבחינת הטמעת בינה מלאכותית. מצד אחד, זהו המגזר שהרוויח מהטמעת בינה מלאכותית ומדיגיטציה בו יכול להיות הגדול ביוטר – התעשייה, הנגשה, צמצום פערים, ובכלל – שיפור השירותים שהמדינה מספקת לאזורה<sup>115</sup>. מצד שני, זהו המגזר המתקשה ביוטר בהטמעה ובנכונות לחדשות. לפי דוח של ה-OCDE, החדשות הציבורית בישראל מתאפיינת ב"מחסור בשאפטנות מערכית"<sup>116</sup>. כמו כן, מגזר זה מתאפיין בעיסוק בתנאים רגשיים ביוטר על האזורים – ביוםתרים, רפואיים, כלכליים ועוד – תוך צורך אקטואלי ליצור חיבורים מאובטחים בין הנזונים הללו, ולהבטיח פעילות רציפה בכל עת.

לאור כל זאת, מובן שנושא הריבונות הוא החשוב ביותר למגזר זה, וזאת הן בהיבטי בטיחון מידע, שמצריכים את המידה הגבוהה ביותר של אבטחה בכל שכבות מחסנית ה-AI, והן בהיבטי רציפות התפעול (מבחן ניתוק הקבל). יחד עם זאת, חשוב שלא להיכנס ל"סטגנציה חדשה" – התקבעות על טכנולוגיות מסוימות ללא קשב מתמיד להתפתחויות המהירות בשדה הטכנולוגי. דוגמאות אפשריות

<sup>113</sup> אלוחיו וידל פה ג'יימס ספיירו, "הקמת המרכז הקוונטי באוניברסיטה ת"א יכולה להפוך את ישראל למרכז קוונטי".

<sup>114</sup> עוז'ד חיים רביה, מדריך GDPR לחוקרי האוניברסיטה העברית.

<sup>115</sup> משרד לשווון חברתי, התכנית הדיגיטלית הלאומית של ממשלת ישראל.

<sup>116</sup> Adv. Rota Golstein-Galperin, "Innovation Is Essential If the Public Sector Is to Remain Relevant."

הן מערכות מעולמות קבלת החלטות, התחברה האוטונומית או הבריאות, שעשויות לשפר פלאים את רוחתם של האזרחים אך אין מוטמעות במערכת הציבורית בשל אותה סטגנוציה.

לsicום, בשל הצורך ההכרחי ברמת ריבונות גבוהה, למזר הלאמי-אזרחי צריכה להיות גישה **לען פרטיו** לצרכים רבים. מידת הריבונות של ען פרטיה יכולה לנوع בין **ען פרטיו ייעודי** לצרכים רגשיים במיוחד **וუן פרטיו על גבי תשתיות ציבורית** לצרכים רגשיים פחות, אף דורשים גישה ישירה ומהירה לחידשות טכנולוגית.

## ד. לאומי-ביטחוני

המזר הלאומי-ביטחוני אוצר, אולי, את המידע השמור ביותר – סודות מודיעיניים ומבצעים – וכן חייב להיות מסוגל לתפקיד בכל עת, לרבות במקרה קיצון. על כן, מובן שבמזר זה ישנה חשיבות עליונה לביטחון מידע – הן מבחינת התשתיות שעל גיבין נשמר המידע והאנשים המתפעלים אותן, והן מבחינת ההצפנה של המידע. כמו כן, קיימת חשיבות מכרעת לייצור תשתיות המתפקדת בכל עת, עם שכבות גיבוי רבות.

יחד עם זאת, חיינו שמערכת הביטחון מدع לייצר פתרונות חדשים ולהתמודד עם איוםים חדשים. על כן, עליה להיות מעודכנת בטכנולוגיות חדשות באופן מתמיד. כמו כן, נראה שישנם זמינים ומקומות שבהם ניתן להתאפשר, במידה מסוימת, על רמת האבטחה, וליהנות מיכולות טכנולוגיות שיש לשוק להציג ושעדיין לא הגיעו למערכת הביטחון. כך למשל, נעשה שימוש בענן של אמזון (AWS) לשם רישום הען יש יכולות Speech to Text (STT) שלצבא אין ברמה מספקת, ולכן נקל השימוש בהן.<sup>117</sup> דוגמה נוספת לכך היא שימוש גם בענן של מיקרוסופט (Azure) לשימרת שיחות שאספה ייחידה 8200 במלחמת "חרבות ברזל", אולם בספטמבר 2025, מיקרוסופט הצהירה כי חסמה את הגישה לכך<sup>118</sup> וכן זויה גם דוגמה לסכנות הכרוכות בויתור כזה על תשתיות ריבוניות.

לפיכך, ישנים מקרים שבהם אין ספק כי קיים צורך **בען פרטיו ייעודי**, המכול את מידת הריבונות הגבוהה ביותר האפשרית (ברמת המיקום, החומרה, כוח אדם וכו') ורמסוגל לספק הן ביטחון מידע והן רציפות תפעולית. לצד זאת, המזיאות מראה שישנים מקרים שבהם **ען פרטיו על תשתיות ציבורית** עשוי להספיק. כמו כן, יש ערך רב בחשיפה ואף באימוץ של טכנולוגיות באופן מתמיד, דבר שיכל להתאפשר באמצעות **ען פרטיו על תשתיות ציבורית** או ביצירת "ארגוני חול" מאובטחים **בעננים ציבוריים**.

<sup>117</sup> Yuval Abraham, "Order from Amazon': How Tech Giants Are Storing Mass Data for Israel's War."

<sup>118</sup> סוכניות הידיעות, "מיקרוסופט חסמה ל-8200 גישה לחלק משירותיו הען שעלייהם נשמרו שוחות של פלסטינים".

## ארבעת המגזרים – סיכון הניתוח

מניתוח ארבעת המגזרים עולה, כאמור, שהចורך העיקרי בתשתיות מקומיות, ובפרט בתשתיות בעלות ריבונות גבוהה, נתון בהיקפים גדולים למגזרים הלאומיים – האזרחי והביטחוני – ובהיקפים קטנים יותר לצורכי קצה של המגזר האקדמי והמגזר העסקי.

אך על פי כן, במגזרים הלאומיים נעשה שימוש בשירותים של חברות ענק אמריקאיות כגון AWS (amazon) ו-GCP (גугл), במסגרת פרויקט "nimbus" ליצירת ענן ממשלתי, וכן בשיתוף הפעולה עם AWS, Microsoft, וייתכן שגם חברות נוספות, לשםירה על מידע מסויעני.

האפשרות לתשתיות זרות ניתנת בעיקר למגזר האקדמי ולמגזר העסקי, שביהם, עברו רוב השימושים, אין צורך בתשתיות מקומיות, ושליכם יש צורך חיווני דווקא לבנייה לתשתיות זרות. אולם, ההיקפים הדרושים לתשתיות מקומיות במגזרים אלה הם נמוכים משמעותית ביחס למגזרים הלאומיים, אך גם הם חיווניים כדי לאפשר מחקר ופיתוח מקומי בחוד החנית של ה-AI.

לאור כל זאת, על מדינת ישראל להשקיע בפיתוח תשתיות מקומיות – הן ככלו השiocות לענקיות טכנולוגיה, המספקות חדשנות לצד ריבונות, והן תשתיות ריבוניות ברמה המרבית. זאת, לצד הבטחת גישה לתשתיות מרוחקות של AI ונתונים.

## 6 | מחסנית ה-AI של ישראל

ישראל נכנסת לעידן ה-AI כאחת המובילות בטכנולוגיה העולמית, ובפרט ב-AI. במדד Tortoise AI Global, בין 83 מדינות, היא מדורגת במקום התשיעי במדד המשקל והשני ביחס לאוכלוסייה, מיד אחרי סינגפור. בשכבות הפיתוח והפרישה, ישראל מצטיינת במיוחד. המגזר האקדמי מתבלט במודלי ה-AI, וכן גם המגזר העסקי, שחזק גם בפיתוח בממתקי AI. מן הצד השני, חלה ירידה במנין המאמרים האקדמיים בתחום, וצמיחה איטית יחסית במספר מומחי ה-AI. זאת, נוסף על דירוגים נמוכים בשכבות התשתיות, המשילות והנתונים.<sup>119</sup>

תופעות אלו אינן חדשות לעידן ה-AI. מאז ומתמיד בלטה ישראל בפתרונות מהירים ויצירתיים, ופחות בתכנון ארוך טווח ובנהנחת תשתיות חזקות – עובדה שבאה לידי ביטוי בכינוי "אומת הסטארט-אפ". עם הסיבות לכך ניתן למנות מנטליות של מהגרים, שזוהתה במחקר כיצירתית יותר ובעל מוכנות גדולה יותר לניטילת סיוכנים; שוק מקומי קטן, שמאלו חברות, כבר מרגע הקמתן, לכון לשוק הבינלאומי וכן להיבנות על גבי תשתיות של מדינות זרות, ולזמן במידה רבה את אלו המקומיות; ותרבות לא-הייררכית, שמאפשרת גמישות ויצירתיות מצד אחד, אך משמעת וסדר נמוכים מן הצד השני.

### שכבת התשתיות

שכבת התשתיות היא אחת החוליות החלשות במחסנית הישראלית. בהובט זה דורגהישראל ב-2024 במדד ה-26 מתוך 83 מדינות במדד Tortoise Global AI<sup>121</sup>. הדירוג משקלל מדרדים כמו שיעור התושבים המחברים לחשמל ולאינטרנט, מהירות רשת, היקפי יכולות חישוב מקומיות, היקפי יבוא וייצוא של שבבים וכן אזכור של שימוש במאיצים מתקדמים במאמרים אקדמיים.<sup>122</sup> עם זאת, מושגים מסוימים מאמצים לתיקון חולשה היסטורית זו, גם אם אינם מושלים. היקף צריכת החשמל של CAGR הנתוניים צפוי לגדול עד 2030 בקצב צמיחה שנתי ממוצע (CAGR) של 5.62%<sup>123</sup> (ה-AI).

Israeli Ministry of Innovation, Science & Technology, National Priority Areas in Science and Technology.<sup>119</sup>  
Artificial Intelligence.

Eugene Kandel et al., "Israel's Entrepreneurial Ecosystem."<sup>120</sup>  
Israeli Ministry of Innovation, Science & Technology, National Priority Areas in Science and Technology.<sup>121</sup>  
Artificial Intelligence.

Joe White and Serena Cesareo, The Global Artificial Intelligence Index - Methodology Report.<sup>122</sup>  
Mordor Intelligence, Israel Data Center Market SIZE & SHARE ANALYSIS - GROWTH TRENDS &<sup>123</sup>  
FORECASTS UP TO 2030.

הלאומי הוא 14.7%<sup>124</sup>, ואילו היקף הפקון מהשכרה (קולוקצייה) צפוי לגדול ב-CAGR של 10.08%<sup>125</sup> לעומת גידול ב-12.5% (CAGR עולמי של 16% - פער מעט טוב יותר). התפתחויות אלה מוגנות ברובן דרך המגזר הפרטני, באמצעות ענקיות הטכנולוגיה Microsoft ו-Google, Amazon שנכנסו כספקות תשתיות לשוק הישראלי, נוסף על חברות מקומיות כמו MedOne, בזק ועוד.<sup>126</sup>

במקביל, מקודמים שני פרויקטים ממלכתיים משמעותיים:

- nymbos**: עירז מרכז עברו ממשלה ישראל לרכישת שירות ענן ציבורי, בהתאם לצורכי הממשלה. הזכות במכרז, AWS (amazon) ו-GCP (גугл), הקימו ומפעילות אזרחי ענן ציבורי בישראל. ההתקשרות תקפה לשבע שנים מילוי 2021, עם אפשרות להארכה עד 23 שנה.<sup>127</sup>

**הקתת מחשב על**: ב-2025 נבחרה חברת Nebius להקים תשתיית למחשב על (HPC) בהיקף של 16,000 PFLOPS. הוא אמור להיכנס לפעולה בסוף 2025-תחילת 2026 ולעמוד לרשות חברות עסקיות וחוקרים אקדמיים לשם אימון מודלי AI.<sup>128</sup>

mbhinet tshuvot tkhoret, bshanim haachronot matrachbat prisutn shel rishutot 5G hamtakdimot, alom yisrael uodna madorgat rak b'makom h-66 beulom b'mahirot horada ha'mmo'utz druk rishutot soloriot. prisut ha'sibim ha'oputiim lemashki habayit matrachbat af hi, v'canan madorgat yisrael b'makom h-15 b'katzb horada ha'mmo'utz druk rishutot ps rhab kbo'ut.<sup>129</sup> l'zad zat, liyisrael yesh ciyom arvuba cabli tshuvot tat yimiyim ha'mchbarim bina lebin madinot airופה, acpoyim lattoosf uod shlosha b-2026-2027.<sup>130</sup> ciyom, horob ha'gadol shel ha'cablim ha'that yimiyim ha'mchbarim b'zin airופה b'zin asya ueverbim druk mazrim, v'cshilish mah'uvol m'stamuk ul mazrim ubor gisha la'internet. mikoma ha'geiograf'i shel yisrael ma'afshar la'atziv al'utrontivha lmazrim v'lo'zor sicunim.<sup>131</sup>

IEA, Energy and AI, 63.<sup>124</sup>

Mordor Intelligence, Israel Data Center Market SIZE & SHARE ANALYSIS - GROWTH TRENDS &<sup>125</sup>  
FORECASTS UP TO 2030.

# Data Center Colocation Market Size, Share & Trends Analysis Report By Colocation Type (Retail,<sup>126</sup> Wholesale), By Enterprise Size, By Tier Level (Tier 1, Tier 2), By End Use (BFSI, Retail), By Region, And Segment Forecasts, 2025 - 2030.

<sup>127</sup> החשב הכללי - מינהל הרכש הממשלתי, "פרויקט נימבו".

<sup>128</sup> מאיר אורבר, בהשכמה של חי' מיליארד שקל: קבוצת נביוס תקים את מחשב העל של ישראל; Israel Innovation Authority, Nebius Selected to Establish Israel's National Supercomputer.

SPEEDTEST, "Israel Median Country Speeds"; Mordor Intelligence, Israel Telecom Industry Size & Share<sup>129</sup>  
Analysis - Growth Trends & Forecasts (2025 - 2030).

<sup>130</sup> TeleGeography, "Submarine Cable Map | Israel." [\[link\]](#)



لتשתיות אלו ניתן לצרף את המומחיות הישראלית בתכנון שבבים. מומחיות זו, אומנם, אינה תשתיות ישראלית שעלה גביה פעולות המערבות בישראל, אולם היא מהוות נדבך חשוב ביכולות התשתיות הישראליות. הדוגמה המשמעותית ביותר לכך היא מרכז הפיתוח של Nvidia בישראל, אשר מובילים את הפיתוח של שלושה מארבעת קווי הייצור המשמעותיים של החברה – ובפרט של שבבי התקשרות. במסגרת זו, Nvidia גם הקימה את 1-*Israel*, מחשב העל החזק ביותר בישראל והמודרג 34 בעולם (נכון למועד כתיבת שורות אלו), שנוסף על שימושו בתוך החברה, נועד גם לשמש ארגוני תעשייה וקדמי בישראל לשם מחקר ופיתוח.<sup>132</sup>

## שכבת הנטונים

גם בשכבה הנטונית ניצבת ישראל במקום נמוך יחסית למדינות מובילות ב-AI. מدد המוכנות הממשלתית ל-AI של Oxford Insights דירג את ישראל במקום ה-25 מבינות נגישות נטוניות ובמקום ה-23 מבינות ייצוגיות הנטוניות (עד כמה הם מייצגים את האוכלוסייה).<sup>133</sup> כמו כן, דוח מ-2021 הראה שמידת הrogrammatic של מגاري הנטוניות בישראל גבוהה, כאשר 55% מהמשרדים הממשלה דיווחו ש"רק מספר מצומצם של מערכות ומגاري מודיע מסונכרנים עם משלדים אחרים במרקם שבהם הדבר רצוי", וגם כאשר בוצע סנכרון, הוא לא נעשה בזמן אמיתי.<sup>134</sup> בהקשר זה, יש לציין לטובה

Omer Kabir, "Why Nvidia's AI Strategy Runs through Israel."<sup>132</sup>

Israeli Ministry of Innovation, Science & Technology, National Priority Areas in Science and Technology:<sup>133</sup>  
Artificial Intelligence.

<sup>134</sup> מערך הדיגיטל הלאומי, דוח בגורות המידע הממשלה.

את מערכת הבריאות הישראלית מאגר לשיתוף מידע רפואי מתקדם ברמה עולמית, אשר מציב את מאגר הנתונים הישראלי כיחודי בהיקפו ובהיסטוריה הרפואית הכלולה בו.<sup>135</sup>

נוסף על כך, ביולי 2025 יצאה רשות החדשנות, יחד עם משרדיהם ממשלתיים נוספים, בקהל קורא להקמת מאגרי נתונים למו"פ לבינה מלאכותית בהיקף של עד 44 מיליון ש"ח, כמנוסח בקריאה – "لتובת פיתוח, פיתחה והנשאה של מאגרי נתונים אינטימיים לשימוש חוקרים, חברות טכנולוגיה ו nonprofits תעשייתיים הפעילים בישראל". מאגרים אלו יספקו תשתיות נתונים לתעשייה מדעי החיים והבריאות, הייצור המתקדם, דזרטק (DeserTech) ואקלים, אగרוטק ופודטק וכן ביטחון והייטק.<sup>136</sup>

היבט נוסף וחשוב בשכבת הנתונים הישראלית הוא השדה הרגולטורי, שנמצא עדין בעיצוב והסדרה. בעוד שמדינות רבות, ובמיוחד מדינות אירופה, מגבילות את השימוש מיידע המוגן בזכויות יוצרים לאימון מודלי AI, חוות דעת של משרד המשפטים משנת 2022 הציגה עמדה אפשרת ולפיה, למעט במקרים חריגים, "שימוש בתכנים מוגנים בזכויות יוצרים לצורכי אימון מכונה חוסה תחת הסדרי השימוש המותרים בדיין זכויות היוצרים ולכך אין מהויה הפרעה של זכויות יוצרים".<sup>137</sup> חוות דעת זו מנישה למעשה נתונים רבים לאימון המערכות, שעשוים להיות חסמים כספיים ורגולטוריים במדינות אחרות. יחד עם זאת, הרשות להגנת הפרטיות פועלת וublisherה תקנות בנושא, לרבות הגבלות על כריית מידע מהאינטרנט (Scraping) לשם אימון מודלי AI – דבר שעלול להציג חסמים בפניו גופים המאמנים ומפתחים את המודלים.<sup>138</sup>

## שכבת אימון ופיתוח המודל

כאמור, מאז ומעולם בלטו החזקות הישראלית בפתרונות מהירים וגישים, וכך גם במחסנית ה-AI. חurf ההתחלה המדשנת בשכבות הנמוכות, הרי שהשכבות הגבוהות יותר – דהיינו, שכבת אימון ופיתוח המודל ושכבת פריסת המודל – מתבלטות באיכות העולמית. בכך, ישראל מדורגת במקומות השלישי בפיתוח והשביעי במחקר בתחום ה-AI, ובמקום הראשון במספר היציאתיים הממוצע למאמר ובמספר מומחי ה-AI לנפש.<sup>139</sup>

<sup>135</sup> Amir Gilboa, The Implementation of a National Health Information Exchange Platform in Israel.

<sup>136</sup> רשות החדשנות, "השקעה ממשלתית של 44 מיליון ש"ח בהקמת מאגרי נתונים למו"פ לבינה מלאכותית: קול קורא חדש שצפוי להניע קפיצת דרך טכנולוגית בתעשייה ההייטק הישראלית".

<sup>137</sup> חוות דעת: שימושים בתכנים מוגנים בזכויות יוצרים לצורך למידת מכונה.

<sup>138</sup> הרשות להגנת הפרטיות, הנchia – תחולת חוק הגנת הפרטיות על מערכות בינה מלאכותית.

<sup>139</sup> Israeli Ministry of Innovation, Science & Technology, National Priority Areas in Science and Technology: Artificial Intelligence.

השחקנית הבולטת ביותר בתחום פיתוח המודלים בישראל היא AI21 Labs. החברה זו מוערכת בשווי של \$1.4B<sup>140</sup>, ולפי סקר של PitchBook העדכני ליוני 2024, היא אחת מ-18 חברות בלבד המפתחות מודלי יסוד (Foundation Models) – מודלי AI שמתאים למגוון רחב של שימושים – לצד ענקיות בתחום כגון OpenAI, Google ו-Anthropic. בנוסף על כן, לפי אותו סקר, ישנן 73 חברות בישראל המפתחות מודלי AI לתחומיים ספציפיים (Vertical AI) – נתון שמסמן את ישראל שלישית בעולם במספר החברות מסוג זה.<sup>141</sup>

נוסף על החברות המקומיות, ישנים בישראל מרכזי פיתוח, ובهم מחלקות פיתוח מודלים, של ענקיות גלובליות כגון Microsoft, Google, Amazon, Nvidia, IBM, ו-IBM, וכן מחקר ענף בתחום אלגוריתמי הלמידה, המחשב הקוונטי ועיבוד שפה טבעית באוניברסיטאות השונות.<sup>142</sup> ואולם, על אף הסביבה האקדמית התומכת, בשנים האחרונות חלה ירידה במספר המאמרים המדעיים בתחום ה-AI בישראל (בשיעור של 28%, לעומת ממוצע של 7% ירידה במדינות-OECD). כמו כן, ישראל מדורגת רק במקום התשיעי בשיעור הצמיחה במספר טאלנטוי ה-AI על פני שנות השנים האחרונות,<sup>143</sup> והוא שיינית ההגירה השלילית של טאלנטוי AI, לפי מחקר של סטנפורד.<sup>144</sup> נתונים אלו מצבים אותה במסלול שועל להוביל לאובדן מעמדה כהאב מרכזי למומחים בתחום.

במקביל, דוח של רשות החדשנות משנת 2023 קובע כי תעשיית הרויטק הישראלית נסמכת כמעט לחילוטין על השקעה פרטיטית, כאשר 91% מהמו"פ מתבצע במגזר הפרטיטי – השיעור הגבוה ביותר בקרב מדינות-OECD – ורק 9% מהמו"פ כולל, לרבות במוסדות האקדמיים, מתבצע במימון המדינה – השיעור הנמוך ביותר בקרב מדינות-OECD. עוד מראה הדוח ש-75%-80% מההשקעה של קרנות ההון-סיכון בחברות ישראליות מתבצעים על ידי קרנות זרות.<sup>145</sup>

אין להקל ראש ביכולות פיתוח המודלים הגבוהות של ישראל. אלו תורמות לRibonot היישראליות וمبתייחות גישה למודלים מתקדמים, גם במקרים שבהם הגישה עלולה להימנע מסיבות אלו ואחרות. הן גם תורמות למצוות של ישראל כמובילה עולמית במערכות AI ובמגרר אנשי מפתח בתחום (דוגמת איליה סוצ'בר וدنيאל גروس, העומדים בשורה הראשונה של מוביילי מודלי ה-AI העולמיים).

Tracxn, "AI21 Labs - Company Profile."<sup>140</sup>

Israel Innovation Authority, Study on Gen-AI Companies in Israel 2024.<sup>141</sup>

Gil Press, "In 2024, Israel Became A Global Leader In Applied AI Innovation."<sup>142</sup>

Israeli Ministry of Innovation, Science & Technology, National Priority Areas in Science and Technology:<sup>143</sup>  
Artificial Intelligence.

Yolanda Gil and Raymond Perrault, Artificial Intelligence Index Report 2025.<sup>144</sup>

Israel Innovation Authority, A Global Comparison: High-Tech in Israel Relies Almost Entirely on the Private Sector, and Primarily on Foreign Investors.<sup>145</sup>

## | ביטחון ובטיחות AI

בעוד המודלים השוניים הולכים ומתقدמים, יחד עם המרוץ לבינה המלאכותית הכלכלית Artificial General Intelligence (AGI), המסוגלת לבצע ספקטרום רחב של שימושים ברמה אונשיות ולמעלה מכך – מוגלה עולם האבטחה של המודלים במלוא נחיצותו. אבטחת המודלים כוללת הן הגנה עליהם מפני גורמים שעולים להשתמש בהם לרעה, והן גידור של האינטיליגנציה בתהיליך המכונה "וישור" (Alignment), כדי למנוע ממנה לנצל את כוחה הרוב (והחולך וגדל) למטרות שמסכנתות את האנושות שני היבטים אלוណו באריכות באחד המאמרים המכוננים בעולם ה-AI לשנת 2024, *Situational Awareness*, שנכתב ליואפולד אשנברגר, חוקר בחברת OpenAI שפוטר ממנה לאחר שדבריה הדליפ מסמכים, ולדבריו הצבע על ליקוי בטיחות. במאמר משווה אשנברגר את המרוץ ל-AGI, ובפרט בין ארה"ב לסין, למרוץ להשתגט נשק גרעיני במלחמות העולם השנייה, ואת הסיכון במקורה שישיג AGI ראשונה לסייע שגרמניה הנאצית הייתה הראשונה לייצר את הפצצה. עוד טוען אשנברגר כי גם ב"ידיהם הנכונות", ללא הגדרים המתאיםים לאינטיליגנציה כזאת, היא עלולה לצאת מכל שליטה אנושית ולהגיע לאותם תרחישים אופקיליפטיים של השטלות המכוננות<sup>146</sup> דוקא כאן, בזכות מומחיותה הן במאבק במודיעיןZR וטוטליריה והן באבטחה בסיבר בגורם העסקי והביטחון, ישראל יכולה להוביל בשירותי אבטחה ווישור של מודלי AI – שירותים שנדושים כבר כיום, ובטעות ידרשו עוד יותר בשנים הקרובות.

## שכבת פרייסת המודל

זויה השכבה החזקה ביותר במחסנית ה-AI של ישראל. ישראל מדורגת במקום השלישי בעולם במדד AI Tortoise Global במספר אפליקציות ה-AI המ██חריות, והיסטוריות, רוב גדול של חברות הטכנולוגיה הישראלית הגדלות ביותר ביותר מספקות שירותים או אפליקציות, וממעטות לעסוק בשכבות הנמוכות יותר במחסנית. כך למשל, Wiz מספקת שירות של זיהוי פ्रצות אפשריות לתקיפה על גבי התשתיות的关键ית של הל��ות, Waze מספקת אפליקציה לניות, Monday.com מספקת שירות לניהול צוותים ופרויקטים, ו-Lemonade שירותי ביתוח מקוונים. כל אלו ועוד משתמשות ביכולות קיימות (בין אם יכולות AI ובין אם לאו), ועל גיביהם בונות מערכת וממשק נוחים לשימוש ללקוח.

בדוח של Remagine Ventures, העדכני למאי 2025, נכתב כי ישנן 342 חברות סטארט-אפ ישראליות שמקוריהן מתבססים "שירותים" (ולא כשימוש משנה) על AI גנרטיבי, ושגייסו מעל מיליון דולר. 198 מהן התווספו מאז מאי 2024, בעיקר בתחום ההגנה בסיבר, הבריאות, LLMOps (טהיליכים

<sup>146</sup> Leopold Aschenbrenner, "Situational Awareness."

לניהול ותפעול של מודלי שפה גדולים, שבהם משתמשים רוב מודלי AI (הגנרטיבי) וטכנולוגיות שיווק. סך הכל, סטארט-אפים ישראליים של AI גנרטיבי גייסו עד כה מעל \$20B.

באוטדו דוח נכתב כי הסטארט-אפים שהצליחו לגייס את התמיכת הגדולה ביותר חלקו לרוב את אותם מאפיינים: גישה למידע שנמצא בעלות החברה או צזה שקשה לשכפל אותו; מומחיות בתחוםים בעלי חיקוך גבוה, כולל: תחומיים שיש בהם מגבלות ומכשלות רבות, למשל מגבלות רגולטוריות, מערכות ישנות ועוד; אסטרטגיה ברורה לחדרה לשוק (Go-to-Market); ותוכנית שמביטה את יתרון החברה על פני פתרונות אחרים, המבצעים שינוי מינוריים ב מוצר מדף.<sup>147</sup> מאפיינים אלו מציגים את ההזדמנות העצומה הטמונה בהשקעה בשכבות הנמוכות יותר: גישה לנושאים ייחודיים, למודלים יעודיים ולתשתיות חדשות תקל על הפיתוח של לפחות שניים מרבעת המאפיינים, ולהתחזקות נוספת של תעשיית השירותים מבוססי AI בישראל.

## שכבת המשילות

שכבת המשילות, הכוללת מבט רחב את אסטרטגיית AI הלאומית, המדיניות, הרגולציות ואמון הציבור, היא חלשה במיוחד בישראל. האסטרטגיה הממשלהית הישראלית מדורגת במקום ה-32 (מתוך 62) במדד AI Tortoise Global, והסבירה התפעולית, הכוללת רגולציה וחקיקה, דעת קהל ובריחת מוחות, מדורגת במקום ה-65 (מתוך 83) במדד.<sup>148</sup>

על פניו, לישראל יש אסטרטגיה לאומית – התוכנית הלאומית לבינה מלאכותית שהושקה בשנת 2021. מטרותיה המוצהרות הן חיזוק תשתיות ומחקר לבינה מלאכותית, יצירת קפיצות מדרגה באימוץ לבינה מלאכותית בתעשייה, הטעמאת לבינה מלאכותית בשירות הציבור, ביסוס מעמדה הגיאו-טכנולוגי הגלובלי של ישראל בתחום הבינה המלאכותית וקידום לבינה מלאכותית ברמה הלאומית.<sup>149</sup> אולם, בדוח נגלה האצת לבינה מלאכותית בישראל (אוגוסט 2025) נכתב כי "מדינת ישראל לא נמצאת בנקודות המתחילה והרציפה להאצה בתחום הבינה המלאכותית". לישראל נכסים ממשמעותיים בתחום, אך היתרונות הללו אינם מנוצלים למלא הפוטנציאל. הבעיה המרכזית נובעת מהיעדר אסטרטגיה לאומיית ברורה ומסונכנת. הפעולות מפוזلات בין משרדים שונים ורבים מדי, ללא תיאום מספק ובהשקעה תקציבית נמוכה ולא רלוונטית להיקף האתגר. הדוח קובל בምפורש כי החולשות של ישראל כוללות "היעדר אסטרטגיה לאומית ומעוגנת בחוק" וכן "עיכובים באימוץ רגולציה תומכת, מאפשרת ואחריאות".<sup>150</sup>

---

Eze Vidra and Kevin Baxpehler, Mapping Israel's \$20B GenAI Boom: 342 Startups and Counting.<sup>147</sup>

Israeli Ministry of Innovation, Science & Technology, National Priority Areas in Science and Technology:<sup>148</sup>  
Artificial Intelligence.

רשות החדשנות, התוכנית הלאומית לבינה מלאכותית | תמנון מצב - אפריל 2025.<sup>149</sup>

150 פורפ' ונקב נגלה et al., דין וחשבון של הוועדה הלאומית להאצת תחום הבינה המלאכותית – אוגוסט 2025.

בדוח מיוחד של מבקר המדינה מנובמבר 2024, בדבר היערכות הלאומית בתחום הבינה המלאכותית, נכתב כי "לא קיימת בישראל אסטרטגיה לאומית ארכטטורית טווח בתחום הבינה המלאכותית. כמו כן הממשלה לא אישרה תוכנית אב כוללת פורטנית לישום. תחת זאת אישרה הממשלה תוכניות בתחום לאוורן השנהם בפועל, מימושו איטי, חסר, ואיינו עומד בلوוחות הזמן שנקבעו". עוד נכתב כי התקציב שאושר לתוכנית הוא מיליארד ש"ח, כאשר מרביתו טרם מומש, וכי "התקציב המאושר הוא כחמיישת מהתקציב שהומלץ בועדת חל"ס בדצמבר 2020 וכעשרהית מההמלצה של 'הميزם הלאומי מספטמבר 2020'. המבקר ממשיך ופרט כי ההסכנות לבני רגולציה טרם אושרו על ידי הממשלה תשתיות המחשב עתיר הביצועים (HPC) עדין מוגבלות ואינן מספקות לקידום המחקר וה תעשייה בישראל, אף שצורך זה זוהה כבר בשנת 2020; התקציבים שהוקצו לקליטת אנשי סגל באקדמיה לא יושמו; ועוד שלל ליקויים ביישום התוכנית. בתוך כל אלו, המבקר מזכיר (כפי שכבר ציינו) שהדרוג של ישראל במדד המוכנות ל-AI ירד. ככלומר, יש פער ניכר בין התוכניות המאושרות לבין מימושם בפועל.<sup>151</sup>

מבחינת רגולציה, כבר סקרונו לעיל מספר תקנות פרטיות הנוגעות לשימושי בינה מלאכותית. נוסף עליהן, בשנת 2023 פרסמה הממשלה מסמך עקרונות, מדיניות, רגולציה ואתיקה, המהווה את הפילוסופיה הממשלתית הרשמית בנושא. המסמן ממליץ, בין השאר, לפעול בהתאם לרגולציה במדיניות מפותחות וארגוני בינלאומיים, לקיים הליך של ניהול סיכוןים ביחס לפיתוח ולשימוש בטכנולוגיה, לשמר על זכויות יסוד ו互動רים ציבוריים בפיתוח הבינה המלאכותית ולפעול בשקיפות והסבירות ביחס להחלטות מערכות הבינה המלאכותית.<sup>152</sup> עם זאת, דוח ועדת נג' קובע במפורש כי "רגולציה הפורטנית בישראל אינה מותאמת, בשلون המעטה, לעידן ה-AI וה-Big Data" ומפרט כי עיכובים באימוץ רגולציה תומכת, מאפשרת ואחריות מהווים אחת החולשות של מדינת ישראל. הדוח מפרט כי טרם עוגנו בישראל עקרונות יסוד לרגולציה אתית של AI שתאפשר את הקדמה בתחום, וכי הפער בין יכולות הפיתוח ובין מגנוני הפיקוח הולך וגדל.<sup>153</sup>

השילוב בין הרגולציה המדדשת לבני הליקויים במימוש התוכנית הלאומית גרמו לכך שאומנם, "על הניר", ישראל מצטיינת במוכנותה לעידן ה-AI וזוכה לצינויים מלאים ברוב מודי ההכנה, אולם במדד הביצוע, היא מקבלת ציוניים גרועים במיוחד. את הפער הזה ניתן לראות היטב במדד AGILE, שבו ישראל מקבלת ציוניים מלאים בקריטריונים של בניית אסטרטגיה לאומית, תוכנית יישום של האסטרטגייה, הכנסה של שיקולים אתיים לתוך האסטרטגייה ועוד; אך צוון אפסי בקריטריונים דוגמת: האם הוקמו גופי משילות על AI; האם הוצגו מגדדים לבחינת ההשפעה של AI; והאם הממשלה חוקקה או נמצאת בתחום חקיקה של חוק AI מסוים.<sup>154</sup> ככלומר, אף שישנם בישראל חוקי פורטיות, זכויות אדם

<sup>151</sup> מבקר המדינה, היערכות הלאומית בתחום הבינה המלאכותית.

<sup>152</sup> עקרונות מדיניות, רגולציה ואתיקה בתחום הבינה המלאכותית.

<sup>153</sup> פרופ' יעקב נג' et al., דין וחשבון של הוועדה הלאומית להאצת תחום הבינה המלאכותית - אוגוסט 2025.

<sup>154</sup> Global AI Governance Observatory, AI Governance Capability Analysis.

ואבטחת מידע הchlים גם על מערכות AI, אין מסגרת ייעודית אוחודה להסדרת הפיתוח של מערכות אלו ושל השימוש בהן.

מדד AGILE גם מראה את האמון הנמוך שיש לציבור בישראל ביישומי בינה מלאכותית – בסקולול השאלות הנוגעות להחזקת בעמדות חיוביות או ניטרליות כלפי שימוש ב-AI ופיתוחו ואמון ביישומי AI, הניקוד הממוצע היה 33 מתוך 100. זאת, לצד שיח עיר לגבי AI ומודעות גבוהה וחסית להשפעתו (65 מתוך 100).

אם כן, הסביבה הרגולטורית העוממת אומנם מאפשרת פיתוחים מהירים ויצירתיים, אך מכילה בתוכה גם סיכון לאסונות, כגון: דליפה נרחבת של מידע אישי, תאונות קטלניות של כלי רכב אוטונומיים ועוד. זאת, במצב עניינים שבו אין רשות ביטחון של אמון ציבורי "ליפול עלייה". שני הגורמים הללו יחד יוצרים סביבה תפעולית שלשה, אשר מעכבת את קידום ה-AI בישראל.

## סיכום והשווואה

 איוםים       חולשות       הדמדנויות       חזקות

### שכבות התשתיות

<ul style="list-style-type: none"> <li>- התחללה נמוכה יחסית.</li> <li>- הסתמכות רבה על שירותי ענן ביןלאומיים.</li> <li>- תשתיות פס רחב ותשתיות סולריות פנימית מדרג שני.</li> <li>- מרחב גיאוגרפי מוגבל.</li> <li>- עיכוב נוכחי ביכולות מחשב עתיר ביצועים (HPC).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- מומחיות עולמית בפיתוח שבבים.</li> <li>- השקעה ממשלתית ופרטית במחשבים על.</li> <li>- ספקיות מרכזי נתוניות מקומיות מבוססות.</li> <li>- פעילות שוטפת של ענקיות טכנולוגיה, הן במ"פ והן במרכזי נתונים, כולל אזור ישראלי של כל ענקיות הטכנולוגיה.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- ההסתמכות הנמלה מוחלטת על חברות בינלאומיות עלולה להתגלות כבעייתית במקרים של לחץ מצד דעת הקהל העולמית או מצד מדיניות שבנה החברות רשומות, נוספת על סכנות ביוחנות שלועלות להיווצר מכך.</li> <li>- ייתכן שרשת החשמל הנוכחית לא תוכל לעמוד בעומס הנדרשים.</li> <li>- תשתיות ממשמעותיות עלולות להיות יעד להתקפות.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- גישה ל-HPC יכולה לאפשר קפיצה דרך במחקר ובפיתוח.</li> <li>- הטמעה מלאה של פרויקט "nimbus" תאפשר יוועל משמעותי של השירותים הציבוריים.</li> <li>- הצבת אלטרנטיביה חיבורית למצרים, יחד עם תשתיות של מרכזי נתונים ומחשבים על, יבססו את מעמדה של ישראל כ"האב" מזרח תיכוני.</li> </ul>

איומים

חולשות

הזרמוויות

חווזקות

## שכבת הנתונים

<ul style="list-style-type: none"> <li>- נתונים קשים לגישה ולא מאד מייצגים.</li> <li>- פרוגרמנטיצה גבוהה של נתונים וחוסר סנסנון.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- מאגר מידע אחד ייחודי של נתונים רפואיים.</li> <li>- חופש יחסיב בשימוש נתונים לאימון מודלי AI.</li> <li>- תוכניות לפיתוח והנגשה מאגרי מידע.</li> <li>- גישה ייחודית לשפה העברית.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- סביבה וגולוטורית מעורפלת שעלולה ליזור חסמים ואתגרים.</li> <li>- מאגרי נתונים מאוחדים עלולים להיות יעד לתקיפות ולהדלות.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- גישה למאגרי נתונים ממשמעותיים יכולה להיות מקפזה ממשמעותית לכל הסקוטרים.</li> <li>- מיצבוישראל כמובילה עולמית בתחום טכנולוגיות הבריאות בעזרת הגישה למאגר הנתונים הרפואיים.</li> <li>- פיתוח מודלי העברית.</li> </ul>

## שכנת פיתוח המודל

<ul style="list-style-type: none"> <li>- איטית במומחים ביחס לדרישה.</li> <li>- ירידה במספר המאמרים המדעיים.</li> <li>- בריחת מוחות.</li> <li>- הסתמכות כמעט מוחלטת על השקעה פרטית זרה.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- מקום ראשון במומחי AI ובמספר ציטוטים של מאמרים.</li> <li>- סביבה אקדמית ממשמעתית.</li> <li>- סביבה תומכת של סטארט-אפים ומרכזי פיתוח של תאגידים רב לאומיים.</li> <li>- חברה מקומית לפיתוח מודל יסודי הנמנית עם 18 חברות בלבד בעולם.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- העלייה המשמעותית בתשתיות החישוביות הנדרשות לאימון מודלים עלולה לדחוק את גורמי המחקר והפיתוח המקומיים למיקום לא רלוונטי, אם לא יהיו נגישים לתשתיות אלו.</li> <li>- בריחת מוחות וצמיחה איטית במספר המומחים החדשניים עלולות לדחוק את ישראל אל מחוץ לשורת המומחים הראשונה.</li> <li>- לחצים בינלאומיים עלולים לגרום לצמצום ההשקעה הישראלית.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- השימוש של ריכוז גבוה של מומחים וסביבת סטארט-אפים תומכת, יחד עם גישה לנוטים גדולים וייחודיים ולכוח מחשב, יכולת להוות קר פורה לפתרונות AI חדשניים ומוצלחים.</li> <li>- הובלה עולמית בפיתוח AI ורטיקלי (מחומי).</li> <li>- המומחיות הביטחונית הישראלית יכולה לספק הזרמוויות להובלה באבטחה ובישור (alignment) של מודלי AI.</li> </ul>

## שכבת פרישת המודל

<ul style="list-style-type: none"> <li>- שוק מקומי קטן, כולל מספר קטן (במספרים מוחלטים) של טאלנטים.</li> <li>- בריחת מוחות.</li> <li>- הסתמכות כמעט מוחלטת על השקעה פרטית וזרה.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- היסטוריה משמעותית של חברות מתן שירותים ואפליקציות.</li> <li>- סביבה מובילה בעולם של סטארט-אפי פרישת מודלי AI.</li> <li>- הובלה עולמית בנישות ספציפיות, למשל סייבר רפואי.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- בריחת מוחות וצמיחה איטית במספר המומחים החדשניים עלולות לדחוק את ישראל אל מחוץ לשורת המומחים הראשונה.</li> <li>- לחיצים בינלאומיים עלולים לגרום לצמצום ההשקעה בישראל.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- מיצבו של ישראל כמובילה עולמית ביישומי AI, במיוחד בתחום ספציפיות כגון סייבר רפואי.</li> </ul>

## שכבת המשילות

<ul style="list-style-type: none"> <li>- פערים משמעותיים ביחסו התוכנית הלאומית.</li> <li>- מחסור בגופי משילות בתחום ה-AI.</li> <li>- אמון ציבורי נמוך.</li> <li>- סביבת פעולה ציבורית המדורה נמוך מאוד.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- תוכנית לאומית סדרה ורחבת לעידן ה-AI.</li> <li>- השתתפות בפורומים בינלאומיים.</li> <li>- רגולציה רכה שמאפשרת סביבה יצירתיות וגמישה, והתחממות מתקנות קשיוחות במחוזות אחרים.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- הרגולציה החסירה, יחד עם האמון הציבורי הנמוך, עלולים לגרום לתגובה נגד במקרה של אסון, כולל רגולציה קשה מדוי ומשתקת.</li> <li>- חוסר בהירות רגולטורי עלול לגרום לירידה בהשקעות חברות ה-AI.</li> <li>- חוסר תאימות בין הרגולציה הישראלית לבין זו הבינלאומית עלול להוות מכשול בפעולתן של חברות ישראליות מחוץ לתחומי המדינה.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- שימוש ברגולציה הרכה למידה של הסביבה המתפתחת וליצירת רגולציה יצירתיות ומובילה בעולם.</li> <li>- יישום מלא של התוכנית הלאומית יקפיצץ את ה-AI הישראלי קדימה.</li> </ul>

# 7 | משק האנרגיה הישראלי כמחולל שינוי הקריטי

ה祖ית הלאומית - משק החשמל הישראלי

אין ספק שמדיניותו החקעה הלאומית בתשתיות בינה מלאכותית מחייבת היערכות מקדימה של משק האנרגיה, בהבטחת ביקושי החשמל הנדרשים. ישראל היא "אי ארגטי", ופיתוח משק האנרגיה בה, על תשתיות הייצור והולכה הנדרשות, הינו תהליך ארוך וסבוך בהיבטי תכנון, רגולציה, הקמה והפעלה. פרק זה נעמיק באופן מיוחד המשך החשמל הישראלי ונמליץ על עקרונות להאצת פיתוח התשתיות בהסתכליות כוללת.

משק החשמל בישראל מואופיין בגידול קבוע בביקוש על רקע צמיחה כלכלית, גידול האוכלוסייה ושיפורים ברמת החיים. תחזית הביקוש לחשמל לטווח ארוך של חברת מנהל המערכת (נגה) עומדת על גידול שנתי ממוצע של 2.8%.<sup>155</sup> שיעור גידול זה אינו כולל, נכון למועד כתיבת מסמך זה, התייחסות לביקוש הנובע מחוות שירותים חדשים. בהשוואה עולמית, כפי שראינו, חברות פרטיות וمدنיות נדרשות לעדכן את מדיניותן בעניין הקמת תחנות כוח כדי לחתם מענה לביקוש של סקטור ספציפי זה. בישראל אין נטיה לצמצום אנרגטי, ורק לאחרונה (31.10.2024) אושרה החלטת ממשלה 2282 שהציבעה על צורכי החשמל עד 2040 – לרבות הקמה של 13 תחנות כוח נוספות, בהסקה כולל של כ-8,000MW, עד אותה שנה, ומתוכן חמיש עד 2035.<sup>156</sup>

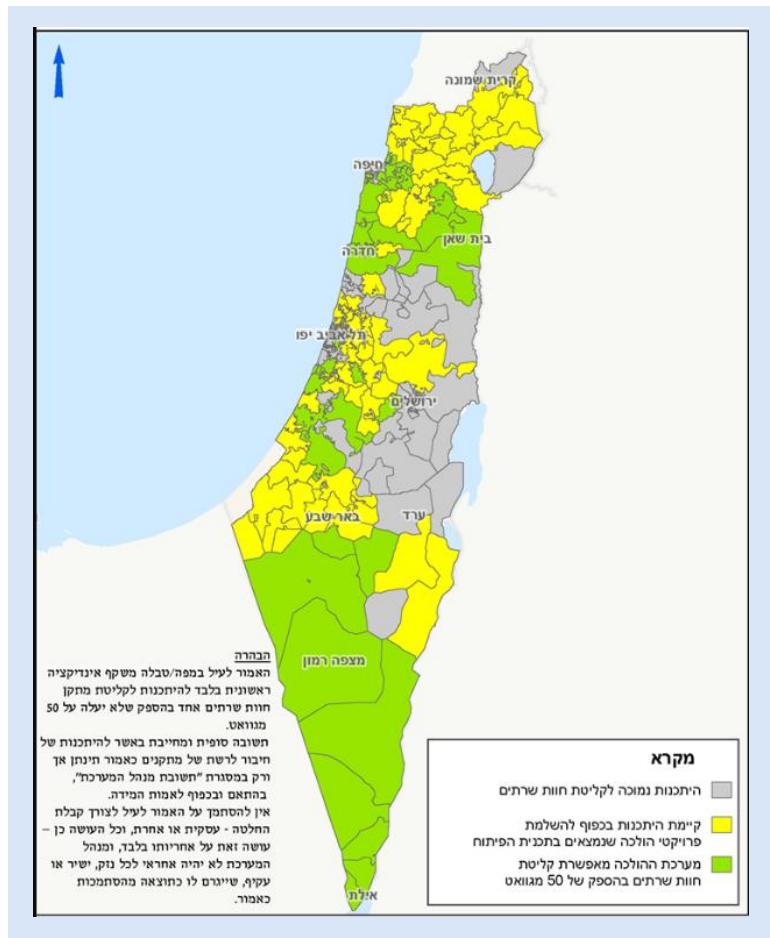
במסגרת המדיניות הממשלהית לעודד ולאפשר את הקמתן של תחנות כוח נוספות, בהחלטת הממשלה האמורה גם ניתנה התייחסות להפחחת רגולציה עבור תחנות המוקמות לשם צריכה עצמית של צרכן בשטח התחנה או בצדידות לו. עבור תחנות אלו, הוגדר כי הספקן לא יעלה על 125% מצריכת השיא של הצרכן. כמו כן, אושרה תוכנית מתאר ארציית מפורטת המסדירה את אופן הקמתם של מתקני אגירה, לרבות מתקנים במתה עליון ומתן היתרים למתקנים במתה גבוהה. כך שהתשתיות הרגולטורית וה坦וננטית הנדרשת עבור הקמת תחנות כוח ומתקני אגירה אושרה זה מכבר, והוא תומכת גם בצריכים לחוות השירותים.

עם זאת, לפיתוח מתקנים אלו קיימים אתגרים הנובעים מפריסת תשתיות רשת החשמל. תשתיותו ייצור החשמל בישראל ממוקמות ברובן בצפון המדינה ובדромה, בעוד שרוב הביקוש במרכז הארץ. פריסת התשתיות מייצרת אתגר גדול להקמת תשתיות הולנה, כדי להעביר את החשמל ממוקורות

<sup>155</sup> עובודת רשות החשמל בעניין קרווטריו האמינוות המשקי לצרכי תכנון מערכת הייצור

<sup>156</sup> החלטת ממשלה 2282, קידום הביטחון האנרגטי של משק החשמל הישראלי, תיקו וbijוט החלטות ממשלה מיום

יצור קונבנציונליים ואנרגיה מתחדשת לעבר מרכזי הביקוש. ממחישה את האתגר, מפת היכנסות לקליטת חוות שרתים (עד 50 מ"ג) בהיבטי הולכה, שפורסמה ע"י חברת נגה, בדצמבר 2024:

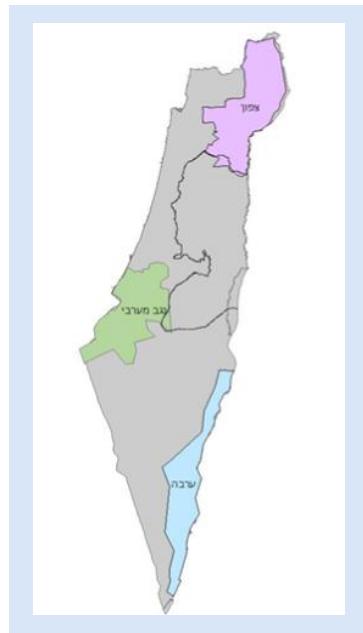


אתגר פרויבט הרשות, מtbody בא מדיניות הממשלתית לעניין מתקני ייצור חשמל, ובهم מתקני אנרגיה  
מחדשת, מתקני אגירה ומתקנים קוגניציונליים:

- מתקני אנרגיה מתחדשת** – נוכח יעדו ליצור האנרגיה המתחדשת והפחחת פליטות גזי החממה, השאייפה היא להקמת מתקנים מסוג זה בפריסה ארצית, בהתאם לזמןיניות פיזית של רשות ומקומן לקלוט את החשמל המיוצר. תוכניות החשמל הארציות הסטוטוריות (תמ"א 10), כאמור��ות במשורה להקים מתקני ייצור אנרגיה מתחדשת שימושתיים במרכז, כמו גם הקמתם בדרום או צפון – נתקלות במוגבלות רשות החשמל ומחייבות תוספת תשתיות להעברת האנרגיה המיוצרת. בכך, הן מצמצמות ומקשות על הזרמת החשמל לרשות הארץ ולאזרוי הביקוש. ההגבלה נובעת ברובה מחוסר יכולת של תשתיות החלוקה והולכה לשאת אנרגיה נוספת. ניתן למתרנה בהקמת מתקני אגירה צמודים או בהגדלת הביקוש בצדדים למתקנים ייצור.

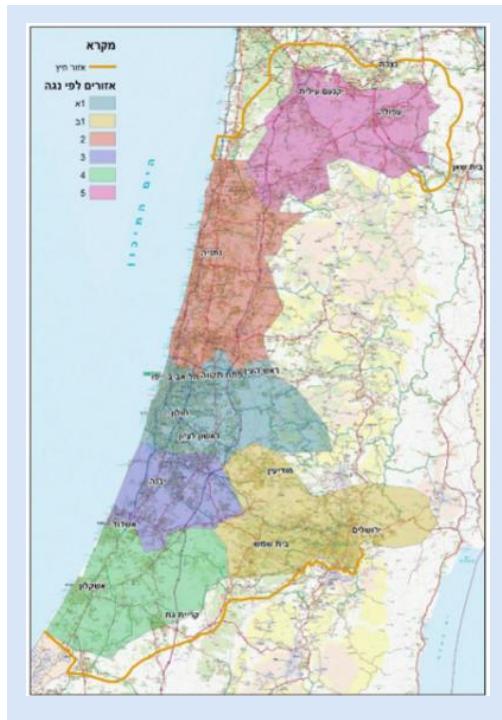
- מתכונים אגירה** – אלו, בדgesch על מתקנים גדולים מתחת לעlion, עשויים לתמוך במשק החשמל על ידי קליטת עודפי הייצור בצפון ובדרום ופרקתו לרשות בשעות שיא הביקוש. מנגד, הקמת

מתקנים אלו שלא בסמוך למקורות עוזפי הייצור, יוצרת אתגר גדול לרשות החשמל, שכן מדובר בהעמסת ביישן נוספת ללא מקורות ייצור נוספים. כדי להתמודד עם אתגר זה, מגבילה נגעה את מיקומי המתקנים, כפי שבא לידי ביטוי, בין היתר, בהליך התחרותי שקיים רשות החשמל למתקני אגירה מתחת לעליון. להלן המפה שפורסמה כחלק מממצאי ההליך, ובו מודגשים האזורים שבהם **ניתן** להקים מתקנים שישתתפו בו:



גם בהחלטת רשות החשמל להוספת מכסת מתקני אגירה מתחת לעליון שלא במסגרת הליך תחרותי, הובהר כי מיקומם "ווגבל לכך שהם לא יכולים לעמוד באזור המרכזי", שבו המשק לא נדרש בשלב זה למתKEN אגירה עצמאיים". אם כן, מתKEN אגירה עשויים לתמוך בשוק החשמל כל עוד הם אינם מוקמים במרכז הביישן, בדגש על גוש דן ואזור ירושלים.

- **מתקנים קונבנציונליים** – בהמשך לאתגר קליטת האנרגיה בראשת בצפון ובדרום והעברתה למרכז הארץ, הנבע ברובו ממתKEN אנרגיה מתחדשת, הרי שהקמת מתKENים קונבנציונליים בהספקים גדולים צפופה להחמיר את האתגר, ככל שיוקמו תחנות כוח נוספות במקביל לאנרגיה המתחדשת. למעשה, מדובר ב"תמונות מראה" לצורכי המשקי במתKEN האגירה. לא בכך, כחלק מהחלטת ממשלה 2282, פורסמה מפת האזורים לפי רמת עדיפות להקמת תחנות כוח קונבנציונליות חדשות:



לפי המפה, ככל שמיוקם תחנת הכוח מתרחק מגוש דן, כך רמת העדיפות לגבי נמוכה יותר, עד כדי התנגדות של חברת נגה לקידום התחנה ככל שהיא מחוץ לאזורי החץ המסומנים – לפחות במסגרת התכנון המשקי עד 2040.

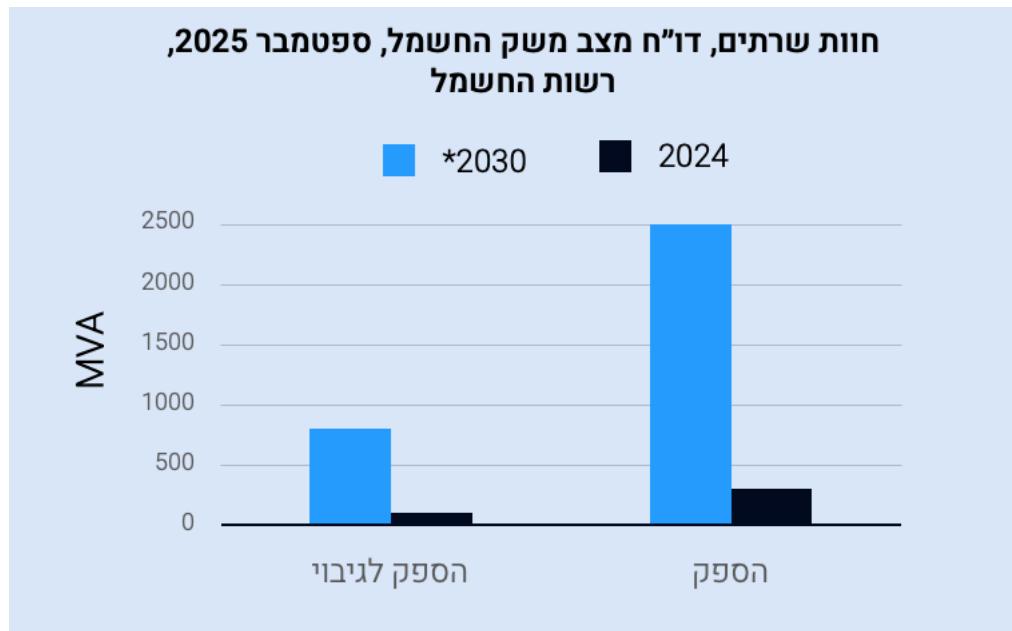
לצד ההיבטים הקשורים לפיתוח תשתיות החשמל, تعريف החשמל בישראל הוא תחרותי בהשוואה עולמית. למורת מגמה של עלייה בשנים הקרובות הנובעת בעיקר מצרכי פיתוח משק החשמל ומהתמודדות עם אטגרים בייטחוניים, התעريف עודו זול יחסית, בדגש על שעות השפל. על רקע ייעדי האנרגיה המתחדשת המתוכננים בישראל, הנשענים על אנרגיה סולרית נמוכה כמעט בלבד, הצפי הוא שמתקנים סולריים ימשיכו לkom וירובילו לייצור אנרגיה זולה בשעות הצהרים, לצד מחיר גבוה יותר בשעות אחר הצהרים והערב.

בסיכון בחינת המוכנות של משק החשמל הישראלי, ניכר כי יכולת הייצור החשמל בישראל תמשיך לצמוח (במנוחיו הספק), כאשר מדיניות הממשלה והגורמים הכספיים לה היא להמשיך ולפתח את יכולת הייצור הקונבנציונלית, במקביל לקידום ייעדי האנרגיה המתחדשת. עם זאת, לאור הפיזור הלא-שוויוני של הספק הייצור ברחבי הארץ, נזאים אתגרי הולכת חשמל, ואלו צפויים ללווות את משק החשמל הישראלי גם בעתיד.

## הזרות המקומית - צורכי האנרגיה של חוות שרתים

דו"ח מצב משק החשמל 2025, שפורסם רשות החשמל, מצביע על כך שבשנת 2024 צריכת החשמל של חוות שרתים מוערכת בכ- 0.5% מהצריכה המשקית. בהתאם להערכת ראשונית בדו"ח, צריכת האנרגיה של חוות שרתים עשויה להגיע לכ- 5-7% מסך הצריכה המשקית בשנת 2030. ביום בישראל מכון מזואיק למדיניות בינה מלאכותית

לא מחוברות חוות שרתים מתח עלין, אם כי, מספר חוות נמצאות בשלבי חיבור שונים. ואילו במתוך הגבולה, כ-60% מהספק ההזמנות הקיימות הוא במרכז הארץ (משולש נתניה-מודיעין-ראשון לציון).



כאמור, מרכזי נתונים הם מתקנים עם ביקושים גבוהים לאנרגיה. בעוד שניתן להקים חוות שרתים קטנות, בהיקפים של מגה-וואטס בלבד, החזון שאנו מציעים מתמקד בהפיקתה של ישראל למוקד בינלאומי של בינה מלאכותית, שתידרש למרכזי נתונים גדולים. לכן, הנחת היסוד היא שאלה יידרשנו לאספקת חשמל בהיקפים של עשרות מגה-וואטס כל אחד. לצד זאת, מדובר במתקנים הדורשים אמינות אספקה וגיבוי בכל רמות מערכת החשמל: גיבוי של מערכ האספקה (הייצור), גיבוי הרשת המוליכה והמחברת, וגיבוי למקה של הפסקת ייצור או הולכה באמצעות גנרטור או מתקן ייצור נפרד ואחר. לאור צורכי האנרגיה וההכרח בעבודה רציפה, לא סביר שמרכזי נתונים יקום ללא אמצעי כלשהו להבטחת רציפות אנרגטית. אמצעים אלו יכולים להיות בסיסיים, דוגמת סוללה קטנה הנontaנת מענה מיידי לביעות חולפות באספקת החשמל, או נרחבים יותר, עד כדי הקמת תחנות כוח צמודות לטובת הזנת מרכזי הנתונים. ההחלטה על בחירת מרכיבי הגיבוי, כולל או חלקם, תלויות בהיקפי ההשקעה הנדרשים, בעלות התפעול השוטפות ובחולפות העומדות מול מקים המתקן.

בישראל, המאופיינת בחשמל זול באופן ייחודי במשך היום ובאמינות חשמל סבירה, קיים יתרון בבסיסו הקמת המתקנים על היקף מסוים של צריכה מהרשת. עם זאת, בשל העליות הגבוהות של צריכת חשמל רציפה בשעות אחר הצהרים והערב, בדגש על שיאי הצריכה במצב מג אויר קיצוני בעונות החורף והESIS, היישנות בלעדית על רשת החשמל יכולה להוביל לעליות גבוהות יותר, ביחס להקמת יכולת גנטציה מקומית כלשהי. בשל הסבירות כי מרכזי נתונים יוקם תוך היישנות מסוימת על יכולת ייצור עצמאית של חשמל, לצורכי רציפות תפוקודות ולהפחיתת עלויות, להן האפשרויות העומדות בפני מקים המתקן:

• **אנרגיה מתחדשת** – הקמת מתקן אנרגיה מתחדשת, בדגש על קורוי סולרי, יספק אנרגיה במהלך שעות השימוש. עם זאת, מדובר באנרגיה שאינה יציבה, והחשמל מיוצר בה במקביל לשעות יום, שבהם רכישת חשמל מהרשת היא בלוא הכי זולה. כך שהתועלת היחסית מהקמת מתקן שכזה לצורכי האנרגיה של חוות השירותים איננה גבוהה.

• **מתקן אגירה** – מתקן אגירה יוביל להגדלת צריכת האנרגיה של מרכזי נתונים במהלך שעות היום (מתוחדשות)/הלילה (كونבנציונלי בעלות נמוכה), לטובות שימוש בחשמל הנAGER להזנת החווה באופן מלא או חלקי בשעות אחר הצהרים והערב, כשהחשמל יקר. כמו כן, מתקן אגירה חדשניים יכולים לתת מענה מיידי לביעות רציפות אספקה הנובעת מתקלות זמניות בראשת החשמל. עם זאת, מתקן אגירה הוא מוגבל מטבעו בהיקף החשמל הזמין לשימוש, ונדרש לתכנן את זמני הפעינה והפריקה לצד שימור כמות חשמל מספקת כדי להגביל לאיורי רשת.

• **מתקן קונבנציונלי** – מתקן קונבנציונלי ואפשר צריכה חשמל רציפה על בסיס מתקן הייצור, עם תלות מועטה או ללא תלות כל בראשת החשמל. ייצור עצמו מאפשר רציפות וביצוחן אנרגטי ברמה גבוהה, אך מחיב השקעה הונית ראשונית גבוהה, כמו גם אתגרים תכנוניים הנוגעים לחשיבות לשתיות ולהשגת האישורים הנדרשים. כאמור, לאור הרגולציה הקבועה ביום, מתקנים אלו יכולים לקום בהספק של עד 125% מהביקוש של הרכנן, וכך חוות השירותים תקבל שירות מלא מהיצרך הצמוד לה.

בסיום, סביר כי מרכז נתונים בישראל יקיים עם מתקן אגירה או ב策מידות לתחנת כוח קונבנציונלית קיימת. אתגרי התכנון, האישורים ולוחות הזמנים להקמת מתקנים קונבנציונליים צפויים להרטיע את רוב היזמים בתחום מלפועל בכיוון זה, ובפרט כאשר האופציה להקמת מתקן אגירה היא מhireה ויכולת לתמם מענה לרוב סוג התקנות. עם זאת, ככל שנדרשת רמת ביצוחן אנרגטי גבוהה עבור חוות שירותים המשמשות כתשתיית קרייטית, מתקן אגירה לא יוכל לספק מענה מלא, וידרש אותו הליך תכנוני ארוך כדי להקים מתקן קונבנציונלי בהיקף מספק.

### החיבור בין הצורך הלאומי לצורך המקומי

החיבור בין השאיפה היזמית לבין המצב המשקי מייצר אתגר בפיתוח מרכז נתונים, מבחינת התאמת המרחב הגיאוגרפי לאמצעי ייצור החשמל המשולב בו. מרכזי נתונים שיוקמו בצפון הארץ ובדרום יתאפשרו לקבל אישורים להקמת מתקנים קונבנציונליים, לאור עמדת הממשלה וגורמי המקצוע בתחום החשמל המתנגדת להוספת תחנות כוח במרחבים אלו. מנגד, מרכזיים שיוקמו במרכז הארץ יתאפשרו לקבל אישורים להקים מתקני אגירה, לאור עומס הולכת הקיום כבר היום, והעובדה שהן מרכזי נתונים והן מתקני האגירה מגדיים את העומס על הרשת העמוסה ממלא. לצורך הקמתם, יידרשו פרויקטים עתירי משאבים וזמן לשיפור קיבולת הולכה.

לפיכך, בחיבור בין הצורך הלאומי לבין זה המקומי, ניתן ליצור מדיניות משלימה, אשר מתמודדת עם האתגרים והופכת את חווות השירותים למונען עבור מענה לצורכי לאומי האנרגטי. אך, נכון ה苍רים שפורטו והשלכותיהם, יש לפעול לעודד או לחיבר מרכזי נתוניים למקום עם אמצעי ייצור המותאם גיאוגרפיה: חוות בצפון ובדרום יידרשו למקום עם מתקני אגירה. אך, הן יגדילו את צרכית החשמל באזורי המאופיינים בהיקפים גדולים של ייצור קונבנציונלי ומתחדש, ויפחיתו את העומס על מערכת ההולכה לעבר המרכז. השילוב של מרכז נתוניים ומתקן אגירה יאפשר למתקני ייצור באנרגיה מתחדשת למקום במרחב, שכן מרכזי נתונים הם מרכזי חשמל קבועים וגדולים. על מרכזיים שיוקמו באזוריים אלו ייאסר להקים תחנות כוח קונבנציונליות.

מנגד, מרכזיים במרכז יידרשו למקום עם מתקן ייצור קונבנציוני. בכך, הם לא יובילו לעומס על רשות החשמל, ואף יסייעו על ידי מתן מענה של יכולת ייצור יציבה ורצויה באזורי המרכז. כיוון שבאזור זה עוברות תשתיות האנרגיה הנדרשות להקמת תחנות כוח, בದגש על קווי גז וסולר, הליכי החיבור לתשתיות אלו לא יהוו אתגר תכנוני ממשוני, יחסית לפriorityה. כמו כן, הקמה בצד מרכז נתוניהם צפואה לשיער בהליך האישוריים, לאור האינטראס הלאומי ההפוך. מומלץ כי עברו מתקני ייצור שיוקמו במרכז בצד מרכז נתוניהם, תבטול מגבלת ה-125%. זאת, כדי לעודד יזמים להקים תחנות כוח חדשות בהספק גדול יותר, ולאחר מכן למכור חשמל לספקים נוספים ובכך לשפר את הכלכליות של תחנות הכוח. על מרכזיים שיוקמו באזורי המרכז ייאסר להקים מתקני אגירה.

כפי שיפורטה רשות החשמל בעבודתה לעניין קритריון האמינות המשקי,<sup>157</sup> הגדלת ההספק המותקן – לרבות הקונבנציונלי – מובילה להפחחת פליטות של מזוהמים וגזי חממה. זאת, משום שמתוקני ייצור חדשניים מאופיינים ביעילות גבוהה יותר ובטכנולוגיה עדכנית, ובכך הם דוחקים הצדעה מתוקני ייצור ישנים. כך, הקמת מרכזי נתונים במתווה שתואר לעיל, לא רק שלא תפגע במדיניות להפחחת פליטת גזי חממה, אלא תתמוך אותה: הקמת מרכזי בשילוב אגירה בצפון ובדרום תסייע בהפחחת עומסי ההולכה, ובכך תאפשר הקמת מתקנים נוספים באנרגיה מתחדשת; ואילו הקמה במרכז הארץ בשילוב הייצור הקונבנציונלי תפחית את היקף הייצור בתחנות כוח ישנות ומזהמות בשיאי הביקוש.

לסיכום, במודל המוצע, מרכזיות נתוניות יהפכו לגורם התומך את המדיניות ואת האתגרים של משק החשמל. מדיניות אפקטיבית בהיבט זה יכולה לשמש כמחוללת השינוי הكريיטית למיצובה של ישראל כמובילה עולמית בבינה המלאכותית – מבחינות רגולציה ארגנטית תומכת ומאפשרת, בסביבה המאפשרת באמנותו של גבואה ובמחיריהם נמוכים, לצד נגישות גבוהה לתשתיות.

<sup>157</sup> קритריון האמינות המשקי לצרכי מערכ היצור

## 8 | המלצות מדיניות

מסופר שכשנילס בורה, מאבות פצצת האטום, הגיע לראות את המפעל שהוקם לפיתוחה בלבד אלmons, הוא אמר לעמינו אדווארד טלר: "אמותה לך שלא ניתן לעשות זאת בלי להפוך את כל המדינה – למפעל, זהה בדיק מה שעשית". וכך כן עכשו, מדיניות ששוואות למקום הראשון במרוץ החימום – הופכות למפעלי מרכזי נתוניים. המלצות המדיניות מתבססות על ההנחה שלישראל אין משאים כלכליים וגיאוגרפיים כדי לנצל זהה ולהפוך למרכז תשתיות AI, כפי שמתכננות סעודיה ואיחוד האמירויות. ואולם, באמצעות שימוש בחזקוות הייחודייה לה פיתוח וניצול הקשרים האזוריים והעולםיים, ביכולתה לשמור את מעמדה כמובילה בתחום, גם אם לא בשכבה התשתיתית.

לישראל מספר נקודות חזק ממשמעותיו: (א) משאב כוח אדם מהטובים בעולם, ואף הטוב בעולם לפי חלק מה碼דים. (ב) אкосיסטם טכנולוגי, הנו מבחינת השקעות והן מבחינת מספר חברות ושיתופי פעולה, שאף הוא מהחזקים בעולם. (ג) מיקום גיאוגרפי ייחודי המאפשר לשמש גשר בין מזרח ומערב, והסמן למדינות שמצוות להיות מעוצמות של מרכזי נתונים ל-AI. (ד) מאגרי נתונים ייחודיים שנייתנים לשימוש. (ה) תעשיות בייטחונות, ובפרט הביטחון בסיביר, מהחזקות בעולם, היכולות להיות גורם מפתח במרוץ החימום ל-AI ובשימוש על שימוש ראוי ב-AI. לאור כל אלה, נמלץ על הצדדים הבאים, המתבססים על החזקוות של ישראל לצדי פיתוח התשתיות לרמה הנדרשת, במטרה לקדם את השימוש ב-AI בה באופן רוחבי ובר מימוש:

1. **גיבוש אסטרטגייה לאומיות** העתיד של ישראל עדין ה-AI אינו טמון בהפיקתה למרכזת תשתיות, כי אם במצובה כמדינה קטנה ועתירת ידע המחברת בין יתרוניות האנושיים והטכנולוגיים לבין תשתיות מקומיות, אזוריות ובינלאומיות. שילוב זה, יחד עם אסדרות אנרגטיות חכמות והסכם סחר טכנולוגיים במסגרת אזורית וגלובלית, יבטיח מעמד מוביל בעידן המذبور.

2. **הגדרת צורכי תשתיות ריבוניים On-Premise**. יש לעורך תחזיות ביקושים למרכזי נתונים המיועדים לאחסון של כמות המידע הרגיש והמסוג, שעליו להישמר בתחום מדינת ישראל בלבד. תחזיות אלה יאפשרו: (א) לגזר את היקפי תשתיות אחסון הנתונים הנדרשות, (ב) לגזר את היקפי המחשב הנדרשים לאיומון מודלי AI על המידע הזה - (ג) לגזר את היקפי התשתיות התומכות הנדרשות (אנרגניה, שטח בנייה, קישוריות וכו'). בהתאם לביקושים הצפויים, יש להבטיח שמירות קרקע, הליכי תכנון מזומנים ואת תשתיות החשמל הנדרשת. חשוב להציגify כי תחזיות הביקושים צפויות לשנתנות באופן תכוף, ויש לייצר מנגנוןיע עדכון גמישים הן לתחזיות עצמן והן מהיבטי תכנון.

3. **הבטחת גישה לתשתיות ענן On-Demand.** רוב השימושים אינם מצריכים תשתיות ריבונית בישראל, אך מחייבים גישה מובטחת למשאבי חישוב ואחסון רבים. כדי למלא דרישות אלו המדינה יכולה להבטיח, באמצעות הסכמים מסחריים בתוכנות G2G (מדינה מול מדינה) ו- G2B (מדינה מול חברות טכנולוגיה), כמהות מסויימת של משאבי חישוב במדינות זרות. משאביים השמורים לחברות ולגופים ישראליים, והGBTechים לישראל הקצאה מועדףת בזמןנות ובעלויות אפקטיביות. ניתן להישען על "הסכם אברהם" כבסיס לשיתופי פעולה אסטרטגיים עם איחוד האמירויות, סעודיה ומדינות האזור. שילוב זה יכול להציב את ישראל כשותקנית מפתח אזורית, המספקת מומחיות וכוח אדם ומקלט גישה מועדף למרכזי נתונים.

4. **האצת פיתוח משק האנרגיה.** כדי להבטיח אספקת חשמל מתאימה למרכזי הנתונים המקומיים, יש להבטיח שמרקצי הנתונים לא יהוו נטול על משק האנרגיה אלא מנוף למדיניות ארגנטית לאומית, באמצעות תכנון תשתיות משולב. כן, מתקני אגירה יקומו סמוך למרכזי נתונים בצפון ובדרום, ומתקני ייצור קונבנציונליים יקומו סמוך למרכזי נתונים במרכז, ועם ביטול מגבלת ה-125%, יוכל גם לספק חשמל לאזוריים שסביב מרכז הנתונים. בכלל, יש להאיץ את פיתוח משק האנרגיה בישראל, כדי להבטיח עמידה בייעדי ביקוש עתידיים הנובעים מהבינה המלאכותית ומהטכנולוגיות העתידיות לבוא בעקבותיה.

5. **תשתיות נתונים.** יש להמשיך ולקדם את האחדות והגשthem של מאגרי המידע הציבוריים, ובפרט אלו הייחודיים לישראל, כגון: מאגר נתונים הבריאות ומאגרי השפה עברית. כמו כן, יש לאחד חלקים גדולים מערכות המידע הממשלתיות ולאפשר חיבוריות ביניהן, כדי להתחיל בהטמעה של מערכות AI במסגרתן. לצד זאת, יש להמשיך ולפעול למען הסדרת השדה הרגולטורי בנוגע לשימוש נתוניםמערכות AI ולשימוש נתונים שייצרו מערכות AI. זאת, תוך מחשבה על תאימות רגולטורית עם שותפותה העיקריים של ישראל, ובכללם אירופה וארה"ב, ועל שיקולי חדשנות מול שמירה על ביטחון מידע.

נספחים | 9

1 נספח

מזהה אריה"ב					מדד
ציריך	אירלנד	(צפון וירג'יניה)	ישראל		
0.09\$	0.09\$	0.09\$	0.11\$	מחיר	העברה נתונים אל האינטרנט מחיר ל-Gb
-22%	-22%	-22%		הפרש במחיר bihis לישראל (מעוגל)	
0.02\$	0.02\$	0.02\$	0.08\$	מחיר	העברה נתונים אל אזור אחר של AWS מחיר ל-Gb
-400%	-400%	-400%		הפרש במחיר bihis לישראל (מעוגל)	
0.02695\$	0.023\$	0.023\$	0.025\$	מחיר	אחסון סטנדרטי (3S) מחיר ל-Gb
7%	-9%	-9%		הפרש במחיר bihis לישראל (מעוגל)	
0.107\$	0.096\$	0.085\$	0.101\$	מחיר	חישוב סטנדרטי EC2 (c5.large) מחיר לשעה
6%	-5%	-19%		הפרש במחיר bihis לישראל (מעוגל)	
0.107\$	0.096\$	0.085\$	0.101\$	מחיר	אחסון מתוך (3EBS GP) מחיר לשעה
8%	-20%	-32%		הפרש במחיר bihis לישראל (מעוגל)	

<sup>158</sup> (נכון לספטמבר 2023 בענין AWS)

<sup>158</sup> Avi Keinan, AWS Region in Tel Aviv, Israel – Price Comparison versus Other Regions.

## 10 | ביבליוגרפיה

Adam Hayes. "[Crown Jewels: What It Means, How It Works](#)." In Investopedia. April 25, 2023.

Adv. Rota Golstein-Galperin. "[Innovation Is Essential If the Public Sector Is to Remain Relevant](#)." The Israel Democracy Institute, June 22, 2023.

Ahmed El Safty. "[UAE AI Ambitions: Building the Foundations of the next Economic Growth Era](#)." Gulf News, August 17, 2025.

"[AI Investment and Business Opportunities in the UAE: Growth, Regulations, Key Sectors](#)." BRICS+ New Economy & Legal Infrastructure Center, March 27, 2025.

AI21labs. "[What Is AI Infrastructure?](#)" AI21labs, June 5, 2025.

Amazon EC2 On-Demand Pricing. "[Data Transfer](#)." Accessed August 3, 2025.

Amir Gilboa. "[The Implementation of a National Health Information Exchange Platform in Israel](#)." Inter-American Development Bank, 2022.

Amit Dat and Omri Rachum-Twaig. [Israel - Data Transfers](#). 2025.

Andrew Charlesworth, Kit Fotheringham, Colin Gavaghan, Albert Sanchez-Graelis, and Clare Torrible. "[What Are the Main Shortcomings of the 'pro-Innovation Approach to AI Regulation' White Paper Published by the UK Government in March 2023?](#)" University of Bristol Law School Blog, July 5, 2023.

Anna Fleck. [Which Regions Have the Biggest Data Centers?](#) Statista, 2025.

Arizton Advisory and Intelligence. "[United Arab Emirates Data Center Market - Investment Analysis & Growth Opportunities 2025-2030](#)." Arizton Advisory and Intelligence, 2025.

Assaf Gilead. "[Oracle Shelves Plans to Build Data Center in Israel](#)." Globes, October 10, 2024.

Avi Keinan. "[AWS Region in Tel Aviv, Israel – Price Comparison versus Other Regions](#)." September 10, 2023.

Blake Crosley. "[Singapore's \\$27B AI Revolution Powers Southeast Asia 2025.](#)" Introl, August 7, 2025.

Cole Stryker. "[What Is an AI Stack?](#)" IBM, n.d.

Daljeet Singh. [Data Residency in the UAE : The Definitive Guide](#). June 23, 2025.

Dan Swinhoe. [Israel Government Says AWS and Google Can't Boycott Nimbus Project](#). May 25, 2021.

[Data Center Average Annual Power Usage Effectiveness \(PUE\) Worldwide from 2007 to 2024](#). Statista, 2024.

[Data Center Colocation Market Size, Share & Trends Analysis Report](#) By Colocation Type (Retail, Wholesale), By Enterprise Size, By Tier Level (Tier 1, Tier 2), By End Use (BFSI, Retail), By Region, And Segment Forecasts, 2025 - 2030. Grand View Research, n.d.

Department for Science, Innovation and Technology. "[AI Growth Zones: Open for Applications.](#)" June 13, 2025.

Department for Science, Innovation and Technology. [UK Compute Roadmap](#). 2025.

Department for Science, Innovation and Technology and UK Research and Innovation. "[AI Research Resource.](#)" Gov.UK, July 17, 2025.

[Digital Connectivity Blueprint](#). Infocomm Media Development Authority Singapore, 2023.

Dylan Patel, Jeremie Eliahou Ontiveros, AJ Kourabi, Ivan Chiam, and Wega Chu. "[AI Arrives In The Middle East: US Strikes A Deal with UAE and KSA.](#)" Semianalysis, May 16, 2025.

Emmanuel Pernot-Leplay, Ph.D. [The AI Dilemma: AI Regulation in China, EU & the U.S.](#) 2025.

Epoch AI. "[Data on AI Models.](#)" Epoch AI, September 9, 2025.

Epoch AI. [Leading ML Hardware Becomes 40% More Energy-Efficient Each Year.](#) Epoch AI, 2024.

Epoch AI. [The US Hosts the Majority of AI Supercomputers, Followed by China.](#) Epoch AI, 2025.

[Estimate of Data Centre Capacity: Great Britain 2024](#). Gov.UK, 2025.

Eugene Kandel, Rona Segev, Adam Fisher, David Berkowitz, and Shai Bernstein. “Israel’s Entrepreneurial Ecosystem.” Harvard Business School, n.d.

Eze Vidra and Kevin Baxpehler. [Mapping Israel’s \\$20B GenAI Boom: 342 Startups and Counting](#). Remagine Ventures, n.d.

“[Falcon](#).” The Technology Innovation Institute

[Fortune Business Insights](#). Data Center Market Size, Share & Industry Analysis, By Component (Hardware, DCIM (Data Center Infrastructure Management) Software, and Services), By Data Center Type (Colocation, Hyperscale, Edge, and Others), By Tier Level (Tier 1 and Tier 2, Tier 3, and Tier 4), By Data Center Size (Small, Medium, and Large), By Industry (BFSI, IT & Telecom, Healthcare, Government, Manufacturing, Retail & E-Commerce, and Others), and Regional Forecast, 2025-2032. Fortune Business Insights, 2025.

G42. “[Global Tech Alliance Launches Stargate UAE](#).” G42, May 22, 2025.

Gil Press. “[In 2024, Israel Became A Global Leader In Applied AI Innovation](#).” Forbes, December 22, 2024.

Giorgio Sbriglia. “[Data Center Design Requirements for AI Workloads. A Comprehensive Guide](#).” Terakraft, November 21, 2024.

Global AI Governance Observatory. [AI Governance Capability Analysis](#). Center for Long-term Artificial Intelligence (CLAI), 2025.

GlobalPetrolPrices.Co. “[Israel Electricity Prices](#).” December 2024.

Google Cloud. “[Sovereign Cloud](#).” Google Cloud.

Google Cloud. [State of AI Infrastructure](#). 2025.

Google Cloud. “[What Is a Private Cloud?](#)” Google Cloud, n.d.

Google Data Centers. “[Growing the Internet While Reducing Energy Consumption](#).” Accessed September 1, 2025.

Gov.Sa. “[Open Government Data](#).” Accessed August 20, 2025.

Hawkins, Zoe, Vili Lehdonvirta, and Boxi Wu. "[AI Compute Sovereignty: Infrastructure Control Across Territories, Cloud Providers, and Accelerators.](#)" Preprint, SSRN, 2025.

Hub71. "[Who We Are | Hub71.](#)"

IEA. [Energy and AI](#). IEA, 2025.

InCountry Staff. "[Saudi Arabia Data Sovereignty Policies and Requirements.](#)" InCountry, June 17, 2024.

INTUVA. "[An Overview of Data Center Costs.](#)" INTUVA, n.d.

Israel Innovation Authority. [A Global Comparison: High-Tech in Israel Relies Almost Entirely on the Private Sector, and Primarily on Foreign Investors.](#) Israel Innovation Authority, 2023.

Israel Innovation Authority. "[Israeli Innovation. Global Impact.](#)"

Israel Innovation Authority. [Nebius Selected to Establish Israel's National Supercomputer.](#) May 14, 2025.

Israel Innovation Authority. [Study on Gen-AI Companies in Israel 2024.](#) Israel Innovation Authority, 2024.

Israel Innovation Authority. "[The Israeli Tech Ecosystem.](#)"

Israeli Ministry of Innovation, Science & Technology. [National Priority Areas in Science and Technology: Artificial Intelligence.](#) 2025.

Jamie Lane. "[HUMAIN to Launch Arabic-Centric ALLaM 34B Foundation Model by End of August.](#)" FWDstart, August 14, 2025.

Joe White and Serena Cesareo. The Global Artificial Intelligence Index - Methodology Report. Tortoise, 2024.

Katharina Bucholz. "[Where Chinese or American Tech Is Used in Cloud Data Storage.](#)" Statista, May 5, 2025.

Kevin Bogusch. "[Cloud Data Egress Costs: What They Are & How to Reduce Them.](#)" OCI, January 24, 2024.

Lauren Morley. "[When to Choose Private Cloud Over Public Cloud for Big Data.](#)" Openmetal, July 11, 2025.

Lenovo. [On-Premise vs Cloud: Generative AI Total Cost of Ownership](#). Lenovo Press, 2025.

Leopold Aschenbrenner. "[Situational Awareness](#)." 2024.

Mairéad Pratschke. "[The Global Pursuit of Sovereign AI Is Becoming the 21st Century's Arms Race](#)." LSE Business Review, January 27, 2025.

Mark Wong. "[Singapore's Green Data Centre Roadmap – Representing a Necessary Intersection between Digital Infrastructure and Sustainability](#)."

Mayer|Brown, August 22, 2024.

Matt Davies. "[A Lost Decade? The UK's Industrial Approach to AI](#)." AINow, March 12, 2024.

Megan Kirkwood. "[The UK's AI Strategy Risks Entrenching the Power of Big Tech](#)." Tech Policy Press, May 29, 2025.

Mell, Peter M., and Timothy Grance. SP 800-145. The NIST Definition of Cloud Computing. National Institute of Standards & Technology, 2011.

Mohamed Bin Zayed University of Artificial Intelligence. "[Mohamed Bin Zayed University of Artificial Intelligence | About](#)."

Mordor Intelligence. [Data Center Market SIZE & SHARE ANALYSIS - GROWTH TRENDS & FORECASTS UP TO 2030](#). Mordor Intelligence, 2024.

Mordor Intelligence. [Israel Data Center Market SIZE & SHARE ANALYSIS - GROWTH TRENDS & FORECASTS UP TO 2030](#). Mordor Intelligence, 2024.

Mordor Intelligence. [Israel Telecom Industry Size & Share Analysis - Growth Trends & Forecasts \(2025 - 2030\)](#). Mordor Intelligence, 2024.

Mordor Intelligence. [Saudi Arabia Data Center Market SIZE & SHARE ANALYSIS - GROWTH TRENDS & FORECASTS UP TO 2030](#). Mordor Intelligence, 2024.

[National AI Strategy](#), Secretary of State for Digital, Culture, Media and Sport (2021).

National AI Strategy. [Smart Nation Singapore](#), 2023.

Netris. "[Cloud Strategies for the Best Cost and Results: Public vs Private vs Hybrid Cloud](#)." Netris, April 16, 2024.

Niusha Shafiabady. "[Saudi Arabia Has Big AI Ambitions. They Could Come at the Cost of Human Rights.](#)" The Conversation, May 16, 2025.

Nvidia Newsroom. "[HUMAIN and NVIDIA Announce Strategic Partnership to Build AI Factories of the Future in Saudi Arabia.](#)" May 13, 2025.

Omer Kabir. "[Why Nvidia's AI Strategy Runs through Israel.](#)" CTECH, March 23, 2025.

Oxford Insights. [Government AI Readiness Index 2024](#). 2024.

Paul Kirvan and Brien Posey. "[Colocation \(Colo\).](#)" In TechTarget.

Pieter-Jan Nefkens. "[Digital Sovereignty/Sovereign Cloud Explained.](#)" Pieter-Jan Nefkens, January 25, 2025.

Research and Markets. [UAE Existing & Upcoming Data Center Portfolio Report 2025](#). Yahoo! finance, 2025.

Research and Markets. [United Kingdom Data Center Market - Investment Analysis & Growth Opportunities 2025-2030](#). Research and Markets, 2025.

[Saudi Arabia Data Center Market Size Forecast.](#) Prescient & Strategic Intelligence, 2025.

SAUR News Desk. "[Why Data Center Capacity Is Measured in Megawatts: SaurEnergy Explains.](#)" SAUR Energy, June 5, 2024.

SDAIA. "[National Strategy for Data & AI.](#)"

SDAIA. "[Saudi Data & AI Authority and Vision 2030.](#)"

Sebastian Moss. "[Google Plans \\$400m Blue-Raman Cable Connecting India, Israel, and Italy.](#)" Data Center Dynamics, April 15, 2020.

semianalysis. [AI Datacenter Energy Dilemma – Race for AI Datacenter Space.](#) March 13, 2024.

Shahar Bracha and Meirav Hickry. [The Economic Impact of Cloud Computing in Israel 2024](#). Deloitte, 2024.

SPEEDTEST. "[Israel Median Country Speeds.](#)" May 2025.

Structure Research. [Singapore 2024: Data Centre Colocation, Hyperscale Cloud & Interconnection.](#) Structure Research, 2024.

Syed, Naeem, Adnan Anwar, Zubair Baig, and Sheralli Zeadally. "[Artificial Intelligence as a Service \(AlaaS\) for Cloud, Fog and the Edge: State-of-the-Art Practices](#)." ACM Computing Surveys 57, no. 8 (2025): 1–36.

techUK. "[The UK's AI Moment: An Ambitious New Plan for Innovation and Growth](#)." techUK, January 13, 2025.

TeleGeography. "[Submarine Cable Map | Israel](#)."

TeleGeography. "[Submarine Cable Map | Saudi Arabia](#)."

TeleGeography. "[Submarine Cable Map | Singapore](#)."

The Investopedia Team. "[Trade Secret: Definition, Examples, Laws, Vs. Patent](#)." In Investopedia. May 13, 2025.

Thunder Said Energy. [Data-Centers: The Economics?](#) Thunder Said Energy, n.d.

Tim Day and Nam D. Pham. [Data Centers - Jobs and Opportunities in Communities Nationwide](#). C\_TEC (U.S. Chamber Technology Engagement Center), 2017.

Tortoise. [The Global Artificial Intelligence Index 2024](#). 2024.

Tracxn. "[AI21 Labs - Company Profile](#)." Tracxn, August 12, 2025.

TRG Datacenters. "[NVIDIA H100 Power Consumption and Its Impact on High-Performance Computing](#)." TRG Datacenters, n.d. Accessed September 1, 2025.

TRG Datacenters. "[NVIDIA H100 Price – Is It Worth the Investment?](#)" TRG Datacenters, n.d.

[UAE Centennial 2071](#).

[UAE National Strategy For Artificial Intelligence 2031](#).

Vishnu Jayan. "[How Many Terabytes Are In A Data Center? Exploring Storage Capacities in Modern Enterprises](#)." SOLIX, n.d.

[Vision 2030](#). Kingdom of Saudi-Arabia

World Economic Forum. "[What Is Digital Sovereignty and How Are Countries Approaching It?](#)" World Economic Forum, January 10, 2025.

World Population Review. "[Cost of Electricity by Country 2025](#)." 2025.

Yolanda Gil and Raymond Perrault. [Artificial Intelligence Index Report 2025](#).  
Stanford University Human-Centered Artificial Intelligence, 2025.

Yuval Abraham. “[Order from Amazon’: How Tech Giants Are Storing Mass Data for Israel’s War](#).” August 4, 2024.

Zuhair Khayyat. “[AI Is Powering Saudi Arabia’s Vision 2030 Transformation](#).”  
Arab News, February 27, 2025.

אליחי וידל and ג’ויס ספיירו. “[הקמת המרכז הקוגניטי באוניברסיטת ת"א יכולה להפוך את ישראל למדינה קוגנטית](#)” January 14, 2025.

הועדה המיעצת לבחינת היבטי ביטחון לאומי בהשעות זרות. מדינת ישראל, 2024.

[החלטת ממשלה 2282, קידום הביטחון האנרגטי של משק החשמל הישראלי, תיקון וביתו](#)  
[החלטות ממשלה מיום 31.10.2024](#)

[החלטת רשות החשמל 65702 בעניין חובת הייעוצות בנושא תוכנות פיתוח מערכת הולכה](#)  
[וההשנה לשנים 2023-2030](#)

החשב הכללי - מינהל הרכש הממשלה. “[פרויקט נימבוס](#)”

המשרד לשוויון חברתי. [התכנית הדיגיטלית הלאומית של ממשלת ישראל](#). 2017.

הרשות להגנת הפרטויות. [הנחייה – תחולת חוק הגנת הפרטויות על מערכות בינה מלאכותית](#).  
[2025](#).

חסמלינק. “[דפוסי צוריכת משק החשמל בישראל](#)”. September 1, 2025.

מאיר אורבן. [ב השקעה של חצי מיליארד שקל: קבוצת נביוס תקים את מחשב העל של ישראל](#). May 14, 2025.

מברק המדינה. [המערכות הלאומית בתחום הבינה המלאכותית](#). מברק המדינה, 2024.

מערך הדיגיטל הלאומי. [דו"ח בಗנות המדע הממשלה](#). מערך הדיגיטל הלאומי, 2021.

משרד המשפטים. [תקנות הגנת הפרטויות \(העברת מידע אל מאגרי מידע שמחוץ לגבולות המדינה\)](#). תשס"א-2001 (2023).

משרד המשפטים. [עקרונות מדיניות רגולציה ואתיקה בתחום הבינה המלאכותית, משרד החדשנות, המדע והטכנולוגיה](#). 2023

משרד המשפטים. [חוות דעת: שימושים בתכנים מוגנים בזכויות יוצרים לצורך למידת מכונה](#). 2022

פרופ' יעקב נגל, אתי בן זאב, ראין גיטי, עמר דגן, פרופ' שמואל פלג, and פרופ' שרית קראום. [דין וחשבון של הוועדה הלאומית להאצת תחום הבינה המלאכותית - אוגוסט 2025](#).  
2025.

רשות החדשנות. [השקעה ממשלתית של 44 מיליון ש"ח בהקמת מאגרי נתונים לМО"פ בביונה מלאכותית: קול קורא חדש שצפוי להניע קפיצת דרך טכנולוגית בתעשייה הישראלית הקיימת](#). July 13, 2025. רשות החדשנות.

רשות החדשנות. [התוכנית הלאומית לבינה מלאכותית | תמונה מצב - אפריל 2025](#). רשות החדשנות, 2025.

רשות החשמל. [עובדות רשות החשמל בעניין קритריון האמינות המשקי לצרכי תכנון מערכת הייצור](#). 2023.

רשות החשמל. [דו"ח מצב משק החשמל 2024](#)