

דאטא סנטר תת-ימי: הזדמנות למדינת ישראל

יובל אילון | 5 בפברואר, 2026 | גיליון 2098

הצמיחה המואצת בעולמות המחשוב עתיר-הביצוע בעיקר ביישומי בינה מלאכותית, הבאה לידי ביטוי בעלייה חדה בצריכת החשמל, בצריכת מים לקירור ובתפיסת קרקע במרחבים עירוניים צפופים, יוצרת לחץ חסר תקדים על תשתיות הדאטא סנטרים הקיימות. על רקע זה מתפתחת בשנים האחרונות גישה חדשנית: הקמת דאטה סנטרים תת-ימיים, המנצלת את המרחב הימי כתשתית אלטרנטיבית – מבחינה סביבתית וגאופוליטית כאחת. מטרת מאמר זה היא להציג את המענה שמציעים דאטא סנטרים תת-ימיים ולנתח את ההזדמנויות, הסיכונים, האתגרים והחסמים הכרוכים ביישומם.

דאטא סנטרים מודרניים, ובפרט מתקנים המיועדים לעולמות הבינה המלאכותית, צורכים הספק של מאות מגה-ואט לאתר בודד, כאשר חלק ניכר מהאנרגיה מופנה לקירור ולא לעיבוד עצמו. בנוסף, מערכות קירור מבוססות מים עושות את התעשייה לשחקן משמעותי בצריכת מים מתוקים, עד כדי צריכה יומית המשתווה לעיר בינונית עבור חוות מחשוב AI גדולה. מגבלות של קרקע זמינה, התנגדות ציבורית להקמת מתקנים עתירי רעש וחום באזורים מאוכלסים וכן החמרת רגולציה סביבתית – כולם מחדדים את הצורך במודלים חלופיים של פריסת תשתיות.

בהקשר זה עולה שאלת הריבונות הדיגיטלית: מדינות וארגונים רב-מדינתיים מבקשים לשלוט פיזית במיקום של תשתיות אלו כדי לצמצם תלות חיצונית ולחזק את חוסנם. שיקול זה מביא את המוטיבציה לחפש פתרונות המשלבים עצמאות תשתיתית עם קיימות סביבתית.

המענה: דאטה סנטרים תת-ימיים כמודל חדש

דאטה סנטר תת-ימי הוא מתקן מחשוב הסגור במודול אטום, המוטמן בקרקעית הים או מעוגן בעומק מוגדר, ומקושר לתשתיות החופיות בכבלי חשמל ותקשורת. הפרויקט הבולט הראשון בתחום הוא Project Natick של מיקרוסופט, שבו הוטמנה קפסולת שרתים בעומק של כ-35 מטר מול חופי סקוטלנד למשך כשנתיים. בשנים האחרונות החלה סין לבצע מעבר ממערכות ניסיוניות לפריסות מסחריות, כולל דאטא סנטר תת-ימי ליד שנחאי, המשלב ייצור אנרגיה על ידי שימוש בטורבינות רוח ימיות המספקות את מרב האנרגיה הדרושה למתקן וכן קירור המבוסס על מי ים בכוונה לחסוך כ-80 אחוזים מהאנרגיה המיועדת לקירור במרכזים כאלו המותקנים על פני היבשה. כן נועד המתקן לבטל את הצורך בשימוש במים מתוקים לקירור והפחתה של 90 אחוזים בקרקע היבשתית הנדרשת למרכז כזה על פני היבשה, כאשר הכוונה לחסוך כ-30 אחוזים מהאנרגיה הכוללת הנצרכת ביבשה ממתקן דומה. אין מדובר בפרויקט מחקרי, דוגמת הפרויקט של מייקרוסופט, אלא בפרויקט דגל סיני המיועד להוות תחליף זול וידידותי לסביבה לדאטא סנטר.

המענה שמציע המודל התת-ימי מתמקד בארבעה ממדים מרכזיים:

1. **קירור יעיל באמצעות מי הים** – שימוש ישיר במאגר חום טבעי וקר יחסית.
 2. **חיסכון במים מתוקים** – ביטול ההסתמכות על מגדלי קירור יבשתיים.
 3. **שילוב עם אנרגיה מתחדשת ימית** – רוח, גלים וגאות.
 4. **צמצום השימוש בקרקע ביבשת עצמה** – מעבר למרחב תשתיות ימי.
- בכך הופכים דאטה סנטרים תת-ימיים לפתרון משולב – סביבתי, תכנוני וגאופוליטי – לאתגר ההתרחבות של תשתיות AI.

יתרונות סביבתיים ותפעוליים

יעילות אנרגטית וחיסכון במים – מהנתונים שסיפק הפרויקט של מייקרוסופט ניתן ללמוד על אודות שיפור של כ-40 אחוזים ביעילות השימוש באנרגיה. השיפור נובע בראש ובראשונה מהפחתה דרמטית בצריכת האנרגיה לקירור ללא צורך בשימוש במים מתוקים.

צמצום שימוש בקרקע ביבשה – העברת חלק מהתשתיות לים מפחיתה את הצורך בהקצאת שטחי קרקע יקרים סמוך למרכזי אוכלוסייה, מצמצמת השפעות רעש, פליטת חום וחסירת נוף, ומצמצמת קונפליקטים עם שימושי קרקע אחרים (מגורים, חקלאות, שמורות טבע). בכך מסייעת הפריסה התת-ימית להתמודד עם התנגדות ציבורית לתשתיות ענן גדולות.

אמינות ציוד ואורך חיים – סביבה תת-ימית אטומה, עם טמפרטורה יציבה וחוסר בחמצן, מפחיתה קורוזיה ותקלות חשמליות. בפרויקט של מייקרוסופט דווח ששיעור התקלות בשרתים היה נמוך משמעותית (פי שמונה פחות) לעומת דאטה סנטרים יבשתיים מקבילים. ירידה בשיעור התקלות מתורגמת לפחות החלפות חומרה, חסכון כלכלי וגם הפחתת פסולת אלקטרונית.

הזדמנויות גאופוליטיות ותשתיות – המרחב הימי, ובעיקר המדף היבשתי והמים הטריטוריאליים, מהווה זירת תשתית מובהקת כבר כיום – כבלי תקשורת, צינורות גז ונפט ועוד. בהוספת דאטה סנטרים תת-ימיים למארג זה גלומות מספר הזדמנויות:

1. **ריבונות דיגיטלית** – מדינה החולשת על חוף ועל מים טריטוריאליים עשויה להקים "אשכולות AI ימיים", הקרובים למשתמשים אך נמצאים בשליטתה המשפטית והפיזית, וכך לחזק שליטה על תשתיות ענן.
 2. **עצמאות אנרגטית** – שילוב דאטה סנטרים עם חוות רוח ימיות מאפשר ייצור וצריכת אנרגיה במרחב הימי, בתלות מופחתת ברשת החשמל היבשתית.
 3. **חוסן תשתיות** – פריסה בים, מרוחקת ממוקדי אוכלוסייה, עשויה להקטין פגיעות מפני איומים מסוימים (למשל עומס חום עירוני), אם כי היא מעלה סוגים אחרים של סיכונים.
- סין, למשל, ממנפת את הדאטה סנטרים התת-ימיים כחלק מאסטרטגיית תשתית רחבה לשילוב בינה מלאכותית, ענן ואנרגיה ירוקה, ויכולה באמצעותם להשפיע על סטנדרטים גלובליים בתחום.

סיכונים סביבתיים, תפעוליים וביטחוניים

לצד היתרונות, הפריסה התת-ימית מציבה שורת סיכונים:

סיכונים סביבתיים - חוקרים וארגונים סביבתיים מזהירים מפני השלכותיו של חימום מים מקומי, רעש תת-מימי, שדות אלקטרומגנטיים ושינוי זרמים מקומיים. חלק מהפילוסופים דיווחו על עלייה של פחות ממעלה אחת בטמפרטורת המים המקומית, אך השפעה מצטברת של פריסה רחבת היקף במרחבי חופים רגישים עדיין אינה ברורה.

סיכונים תפעוליים - הקמת מתקן בעומק הים מקשה על תחזוקה שוטפת: כל תקלה משמעותית דורשת העלאת המודול לפני השטח או שליחת כלי תת-ימי ייעודי, מה שיעלה עלויות ויארך זמני השבתה. בנוסף, קורוזיה ולחצים הידרוסטטיים מחייבים תכנון הנדסי מורכב והקפדה על חומרי בניה מתקדמים.

סיכוני ביטחון וגאופוליטיקה - תשתיות תת-ימיות – כבלים, צינורות, ומתקני אנרגיה – כבר מוכרות כמטרה לפעילות עוינת, החל מריגול ועד חבלה פיזית. דאטא סנטרים תת-ימיים מוסיפים שכבה חדשה: הם מרכזי נתונים וכוח מחשוב רגישים, אשר פגיעה פיזית בהם עלולה לייצר אפקט מערכתי. אין ספק כי עיסוק בתחום זה יגביר את הצורך לגבש תפיסה להגנה על תשתיות הולכה תת-ימיות ולפתח יכולות מתקדמות לאחזקת השטח גם בתווך התת-ימי ולהתמודדות עם אתגרים ביטחוניים, לצד מתן מענה לשיפור המשילות בתווך הימי מעל ומתחת למים על מנת למנוע פגיעות מכוונות או בלתי מכוונות בתשתיות קריטיות אלו.

אתגרים וחסמים רגולטוריים

רגולציית סביבה ימית - דאטא סנטר תת-ימי, בדומה לתשתיות ימיות אחרות, ידרוש הערכת השפעה סביבתית – הכוללת בחינת השפעה על בתי גידול ימיים, על טמפרטורת המים, על דיג ותחבורה ימית. הערכה זו תייצר מסלול היתרים מורכב וממושך.

דיני הים וריבונות - אמנת האו"ם ביני הים (UNCLOS) מספקת מסגרת כללית לתשתיות תת-ימיות, בעיקר כבלים וצינורות, אך אינה מטפלת ספציפית במתקני IT מורכבים. כתוצאה מכך נוצרים אזורים אפורים לגבי סוגיות וביניהן מיקום מותר במים הכלכליים, אחריות לנזקים סביבתיים, סמכות אכיפה ומעמד ביטחוני של המתקן – נושא שהגופים הבינלאומיים והלאומיים ידרשו לו בקרוב.

סינרגיה עם תשתיות קיימות - נמלים, חוות רוח ימיות וכבלי תקשורת קיימים יכולים לשמש בסיס לשילוב דאטא סנטרים תת-ימיים, תוך ניצול תשתיות חיבור לחשמל, גישה לים פתוח ותוואי כבלים. שילוב זה עשוי להוזיל עלויות ולהקל על קבלת היתרים, אם יעשה במסגרת תכנון מרחבי ימי אינטגרטיבי.

הניסיון המצטבר מ-Project Natick של מייקרוסופט, מהניסיונות הסיניים וממחקרים אזוריים (למשל בים הבלטי) מצביע על כי הפתרון אפשרי טכנית, ובממדים מסוימים אף יעיל יותר מפתרונות יבשתיים: נראה כי כדי לממשו בהיקף משמעותי יהיה צורך בחיבור גורמים רבים לעיסוק בנושא זה.

סיכום

דאטא סנטרים תת-ימיים מציגים הצעה חדשנית להתמודדות עם משבר האנרגיה, המים והקרקע בתשתיות המחשוב של עידן ה-AI. היתרונות – יעילות אנרגטית, חסכון במים מתוקים, הפחתת שימוש בקרקע יבשתית ושילוב עם אנרגיה מתחדשת – משמעותיים ורלוונטיים במיוחד למדינות חוף השואפות לריבונות דיגיטלית ולתשתית ירוקה.

מול יתרונות אלה ניצבים סיכונים סביבתיים, תפעוליים וביטחוניים, וכן חסמים רגולטוריים מהותיים בתחום דיני הים והסביבה. האיזון בין חדשנות לבין אחריות מחייב פיתוח מסגרות רגולטוריות ייעודיות, מחקר אקולוגי מעמיק, ותכנון מרחבי ימי אינטגרטיבי.

עם זאת, גם אם דאטא סנטרים תת-ימיים לא יחליפו באופן מלא את הדאטא סנטרים היבשתיים, הם עשויים להפוך לרכיב חשוב במארג התשתיות הדיגיטליות של מדינות חוף, ולתרום לעיצוב מחדש של יחסי הגומלין בין המרחב הימי לבין הכלכלה הדיגיטלית הגלובלית.

על מדינת ישראל, כמדינת חוף בעלת תשתיות מחשוב מתקדמות, לבחון את התהליכים המתרחשים בתחום זה בעולם בין היתר על שום יכולתה להוות צומת תקשורת בינלאומי עקב מיקומה על הציר המחבר בין מזרח למערב ולאור תהליכים התרחשים בתחום בה עצמה ובעולם. קו החוף של מדינת ישראל ואזור המים הריבוניים שלה משרת כבר כיום תשתיות הולכה מגוונות (בין היתר, כבלי תקשורת, צנרת גז המחברת את אזור קידוחי הגז וההפקה לצנרת ההולכה היבשתית). תשתיות אלו דורשות כיום פיתוח תפיסת הגנה מעודכנת ומאתגרות ברמה התכנונית, הרגולטורית והביטחונית. העולם כולו הופך להיות תלוי לא רק ב"שרשראות אספקה" פיזיות המעבירות מטענים על גבי ספינות, אלא גם ב"שרשראות אספקת המידע" ואחסונו, שהמרחב הימי יתפוס בו מקום משמעותי. מומלץ לכן לבחון את ההתפתחויות בתחום זה ולאפשר למדינת ישראל ולשותפותיה במזרח התיכון, כמו גם ל"שחקנים" ישראלים, לקחת חלק בתהליך, תוך הסתמכות על הניסיון והלקחים שנלמדו מהקמת תשתיות ההולכה הימיות המחברות את מדינת ישראל למקורות אנרגיה ולתקשורת העולמית.

עורכי הסדרה: ענת קורץ ואלדד שביט