– בלמ"ס –



יוני 2026

מו"פ ביטחוני בעולם





מפא"ת
הופכים חזון לביטחון

מו"פ ביטחוני בעולם

ראו רשימת הידיעות בעמוד הבא

גיליון יוני 2026

עורך:
אל"ם (מיל') יעקב צור

עורך משנה:
ד"ר אהרון האופטמן

כתובת המערכת:
המרכז לתיעוד ומידע מפא"ת, משרד הביטחון, הקריה ת"א

בגיליון זה מאמר:

קוד פתוח בעולם מודלי שפה גדולים המסייעים בכתיבת קוד

השתתפו בהכנת הידיעות:
אריה צור, צבי אורבך, אהרון האופטמן, שמואל שמואל, אלעד שפירא, מנקי איתן, חיים שוורץ, יואל אבידור, אילן גוטמן, שאול נגר, מקסי בלום, איתן שרוני, רונן פייטן, יעקב צור.

תוכן העניינים

1. סקירה: קוד פתוח בעולם מודלי שפה גדולים המסייעים בכתיבת קוד 4

כללי וארגון

2. קווי ייצור חדשים לתחמושת בפולין על בסיס תעשייה פרטית 12
3. יפן: הקלה בהגבלות יצוא נשק 12
4. אסטרטגיה צבאית חדשה לצבא הגרמני 13
5. הפנטגון חותם על עסקאות לשילוב בינה מלאכותית במערכות מסווגות, תוך הדרת חברת Anthropic 14
6. האם הבינה המלאכותית יוצרת 'חדר מלחמה' חדש 14
7. צבא ארה"ב פרסם מידע על התקצוב של תוכנית המודרניזציה 15
8. עלייתה של "לוחמה ללא גינונים": כיצד טכנולוגיה זולה מכניעה נשק "מפואר" 16
9. עיקרי בקשת תקציב משרד המלחמה האמריקני לשנת 2027 17

יבשה

10. הטנק הסיני החדש T-100 19
11. ניסויים בצבא ארה"ב ברק"ם AMPV עם תותח 30 מ"מ 19
12. טיל נ"ט שפותח בטורקיה הודגם בהצלחה בירי חי 20
13. רובוטיקה קרקעית באוקראינה: בין הבטחה מבצעית למגבלות טכנולוגיות 21
14. תחמושת Varmint הופכת רובים תקניים לקוטלי רחפנים 22
15. צרפת: רקטה לטווח 150 ק"מ כפתרון אירופי חלופי ל-GMLRS 23
16. אוקראינה: צריח מופעל ע"י בינה מלאכותית מיירט רחפנים 23
17. צבא ארה"ב צופה ל"חבילת יכולות אוטונומיות" מעבר לפלטפורמות רובוטים ורחפנים 24
18. גרמניה: הכרב"ם Ziesel ירה טילי Spike בניסוי נרחב 26
19. רובוט ניתן לזריקה, למשימות בסיכון גבוה 26
20. אוסטרליה: מיגון נגד רחפנים לרכבי שטח קרביים 27
21. חברת Galvion הציגה קסדת לוחם "חכמה" 28
22. מערכת מסתובבת היכולה לפגוע ברחפנים בכל כיוון 28
23. פיתוח של תחמושת 5.56 שתאפשר ירי לטווח כפול מהמקובל 29

אוויר והגנ"א

24. קוריאה הדרומית: השקת ייצור מטוס הקרב KF-21 31
25. מטוס אימון חדש לחיל הים האמריקני 32
26. יפן: כטב"ם צבאי בנוי כולו מקרטון 32
27. שדרוג ל"א למטוס הסיור האסטרטגי U-2 33
28. מערכת הנעה רב־כיוונית מאפשרת רחפנים זריזים במיוחד 34
29. איירבס: כטב"ם יירוט חדש ביצע יירוט כבר בטיסת הבכורה 35
30. המטוס A-10 Warthog נבחן עם גשוש תדלוק אווירי 36
31. כטב"ם סולארי בעל שהייה ממושכת 37
32. כנפיים עגולות-למחצה מעניקות ל-Cyclone VTOL סוג שונה של עילוי 37
33. שת"פ אוקראיני-גרמני בפיתוח וייצור כטב"מי תקיפה מבוססי בינה מלאכותית 38
34. IARPA בוחנת בניית מנועי כטב"ם מחומרים ביולוגיים מתכלים 39
35. צבא ארה"ב שוקל כטב"ם תדלוק עבור MV-75 Cheyenne II 40
36. חא"א: ניסוי מבצעי של כטב"ם שיתופי CCA 41
37. מסוק CH-47F Chinook ביצע נחיתה ראשונה ללא טייס 42
38. צי ארה"ב: ניסויי טיסה של חימוש JDAM LR 43
39. תוכניות של מערכות לייזר ללחימה נגד טילי שיוט וכטב"מים 44

40. חימוש משוטט מפיתוח של חברת ריינמטאל הגרמנית 45
41. Baykar חשפה מערכת נחיל כטב"ם מתאבד מונע AI ותחמושת משוטטת 45
42. מערכת מיקרוגל ניידת ליירוט כטב"מים 46
43. ארכיטקטורת יירוט כטב"מים מודולרית ומבוזרת 47
44. חברה אוקראינית פיתחה בזריזות מיירט של טילים בליסטיים 48
45. מומלץ לעיון 48

ים

46. ניסויים בכלי לא מאויש המהווה שילוב של כלי שיט וטיס 49
47. ב-MIT מפתחים אלגוריתמים לשת"פ אדם-רובוט מתחת למים 50
48. הצי הבריטי יתחיל להצטייד במערכות נשק לייזר 51
49. כצב"ם קנדי: הפלגה לטווח של 1,257 מייל בהנעת מימן 52
50. מדינות נאט"ו: מאמץ גדול לשדרוג הציים 53
51. צי ארה"ב משלים הטמעת חימוש לייזר במשחתות 53

חלל

52. לראשונה - שימוש חוזר במשגר New Glenn 54
53. פיקוד החלל האמריקני חושף קיום נשק רוסי חללי נגד לווייניים 55
54. חיל החלל מטיל משימות לפיתוח יירוט מהחלל, במסגרת "כיפת זהב" 55
55. הושלם טלסקופ החלל החדש של נאס"א 56
56. פיתוח מיירטי חלל עבור תוכנית "כיפת זהב" 57
57. רחפני MoonFall ישמשו לסיור בקוטב הדרומי של הירח 58
58. טיסה בין-כוכבית באמצעות אור בלבד 59
59. הודגם מנוע יונים עוצמתי לשליחת אסטרונאוטים למאדים 60
60. מחקר: לווייניים רוסיים שיבשו ניווט לוויני באירופה 61

תקשוב ובינה מלאכותית

61. מסגרת לביסוס אמון במערכות סייבר-פיזיות וציי רובוטים אוטונומיים 62
62. מערכת ל"א מתקדמת למטוסי F-16 63
63. בינה מלאכותית מכלילה תאפשר לרובוטים ללמוד משימות לא מוכרות 64
64. חברת תאלס מציגה מערכת ניווט לוויינית חסינה 64
65. ארה"ב: בינה מלאכותית בתא הטייס 65
66. אזהרה מאיומי סייבר על קונסטלציות של לווייני LEO 66
67. סגסוגת חדשה לקירור מיחשוב קוונטי כתחליף להליום 3 66
68. כיצד להבטיח תפקוד נכון של רובוטים המופעלים בבינה מלאכותית 68
69. אתגרי אבטחת סייבר של בינה מלאכותית פיזיקלית 68
70. מערכת Cyber-over-RF להתמודדות עם רחפנים 69

טכנולוגיות

71. מבנה סריגי בהשראת כנפי פרפר, לחיזוק כלי טיס ועמידות ברעידות אדמה 71
72. מודלי יסוד של בינה מלאכותית עשויים לחולל מהפכה בתכנון ותפעול נחילי רובוטים 72
73. הבנת מעוף חרקים תסייע לשיפור יציבות של כלי טיס עם נפנוף כנפיים 72
74. עבור רובוטים אוטונומיים, לא כל החוקים שווים 73
75. מחקר חשף את מנגנון הכשל של מתכות מודפסות, בהשפעת אימפקט גבוה 74
76. פיתוח מערכת ניווט תת-קרקעית עבור צוותי חילוץ 75
77. שיטת אימון שמאפשרת לרובוט ליישם בעולם האמיתי מיומנות שנלמדה במעבדה 76
78. חישת RF רובוסטית בסביבה מאתגרת בעזרת אטומי רידברג 77

1. סקירה: קוד פתוח בעולם מודלי שפה גדולים המסייעים בכתיבת קוד

מאת עמי שלזינגר: מומחה בעולמות הקוד הפתוח, יחידת מדע וטכנולוגיה, מפא"ת

תחום הבינה המלאכותית בקוד פתוח (Open Source AI) צומח בקצב מסחרר, ומציע כיום חלופות חזקות מאוד למודלים הקנייניים (כמו GPT-4 או Claude).

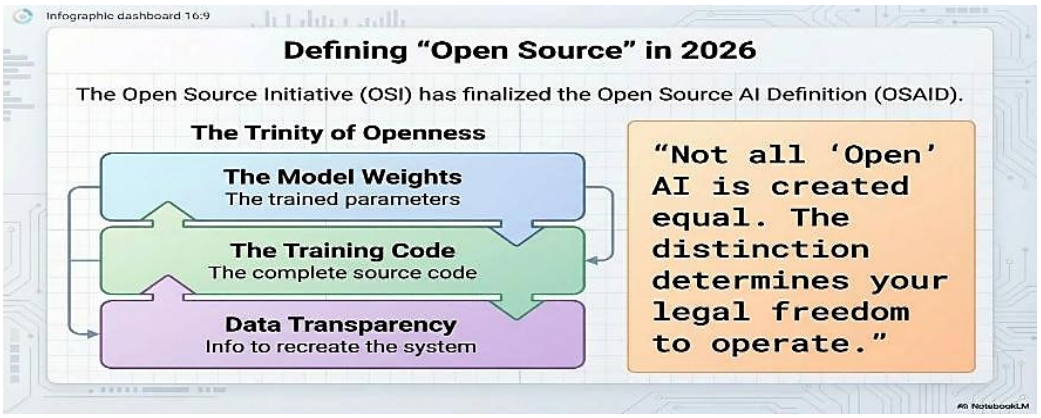
מאמר זה יסביר:

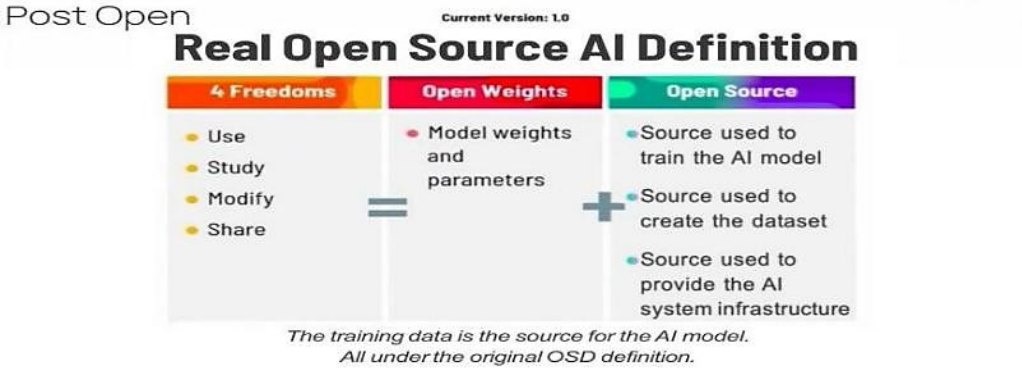
1. מהי הגדרת קוד פתוח בעולם ה- AI
2. איך כל המודלים, כולל הסגורים, נשענים על קוד פתוח
3. איך אין חשיפה לזכויות יוצרים
4. ההבדל בין מודלים פתוחים לפי ההגדרה לבין מודלים פסבדו-פתוחים
5. דוגמאות למודלים פתוחים מערביים
6. המלצה של קרן הון סיכון
7. מודלים פתוחים סיניים
8. מודלים פתוחים סיניים כטכנולוגיה משבשת

הגדרת קוד פתוח בבינה מלאכותית

בינה מלאכותית אינה מורכבת רק מקוד תוכנה אלא גם מנתונים ותהליכים.

הגדרת קוד פתוח בבינה מלאכותית





עם זאת, חשוב להכיר מושג מפתח בתחום: מודלים ברישוי **משקולות פתוחות** (Open Weights) **לעומת קוד פתוח מלא**. רוב המודלים המובילים כיום מוגדרים כ"משקולות פתוחות" – כלומר, המודל המאומן עצמו זמין להורדה ולשימוש (לרוב גם מסחרי), אך נתוני האימון וקוד האימון המקורי אינם מפורסמים במלואם.

תלות המודלים בספריות קוד פתוח

כל המודלים מתאמנים על תוכנות קוד פתוח (רק הן נגישות). איך עושים את זה ללא פגיעה בזכויות יוצרים? האם **המודל עצמו** מבצע מעין "העתק-הדבק" מתוך מאגרי הקוד הפתוח שעליהם הוא אומן כשהוא כותב מענה? התשובה הקצרה היא: **לא, המודלים לא עובדים כמו מאגר נתונים או מנוע חיפוש שעושה "העתק-הדבק"**. הם לא שומרים עותקים של קבצים שעליהם הם התאמנו.
הנה הסבר פשוט על איך זה באמת עובד, ולמה לפעמים זה **נראה** כמו העתקה:

איך המודל "כותב" קוד? (חיזוי סטטיסטי)

מודלי שפה גדולים (LLMs) עובדים על בסיס חיזוי של המילה (או ליתר דיוק, ה"אסימון" - Token) הבאה. בזמן האימון על מיליארדי שורות של קוד פתוח, המודל לא שמר את הקוד עצמו בזיכרון, אלא למד את **הקשרים וההסתברויות** שבין מילים, פקודות ומבני נתונים. כשהוא כותב לך פונקציה, הוא למעשה מייצר אותה טוקן אחרי טוקן (טוקן הוא יחידת מידה בסיסית שבה מודלים של שפה מחשבים טקסט), על ידי חישוב מתמטי של מהו הטוקן הסביר ביותר שיבוא עכשיו, בהתבסס על כל מה שלמד ועל בקשת המשתמש. זה דומה יותר לאדם שקרא אלפי ספרים וכעת כותב חיבור חדש לגמרי שמבוסס על אוצר המילים וכללי התחביר שלמד, ולא לאדם שניגש לארון ושולף משם דף מודפס.

יצירה מחדש (Synthesis): ברוב המוחלט של המקרים, הקוד שהמודל מייצר עבורך הוא קוד "מקורי" שנוצר באותו רגע. הוא לוקח היגיון שהוא ראה בפרויקט א', משלב אותו עם תבנית עיצוב (Design Pattern) שהוא ראה בפרויקט ב', ומתאים את שמות המשתנים לבקשה הספציפית של המשתמש. **כלומר אם נשאל פעמיים אותה שאלה סביר שלא נקבל תשובות זהות!**

סיכום ההבדלים ביניהם

השקת המודלים האלו מסמנת שלב חדש ובוגר יותר בתעשיית ה-AI הפתוחה: הדרישה למודלים שאינם רק חינמיים לשימוש, אלא באמת שקופים, בטוחים וניתנים להסבר (ולא עוד "קופסאות שחורות" מסתוריות). עבור מפתח פשוט שרוצה רק להוסיף צ'אטבוט לאפליקציה שלו, ההבדל אולי לא קריטי. **אבל עבור חוקרים, מפתחי AI מתקדמים וארגונים, ההבדל הוא תהומי. למודלים פתוחים יתרון מובהק – אפשר להתקין אותם ברשתות מנותקות מהאינטרנט. יתרון חשוב למגזר הביטחוני.**

מודלים פתוחים מערביים

Olmo **הוא חלוץ בתחום המודלים הפתוחים באמת.** הוא מייצג סט של מודלים שנבנו על ידי מכון מחקר 2AI שהוקם על ידי פול אלן ז"ל, שותפו של ביל גייטס להקמת מיקרוסופט. המכון, מוסד ללא כוונת רווח, עוסק המחקרים בתחום AI.
להלן התועלת של olmo לחקרי AI. מודל זה תוכנן **לשקיפות מוחלטת**. מכון 2Ai משחרר לא רק את משקלי המודל הסופיים, אלא את כל סביבת הפיתוח והאימון שלו. זה אומר שיש גישה מלאה לנתוני האימון (מאגר Dolma), לקוד האימון, לנקודות ביקורת ביניים (Checkpoints) ולכלי ההערכה. הוא נבנה עבור חוקרים שרוצים ללמוד ולהבין בדיוק כיצד מודל שפה לומד.

איתור שגיאות ותיקון "הזיות" (Debugging)

- **במשקולות פתוחות** (כמו Llama) אם המודל מפיק מידע שגוי, גזעני או "הוזה", אין לך דרך לדעת *למה*. זו עדיין קופסה שחורה. אתה יכול לנסות לחסום את התשובה בדיעבד, אבל לא לפתור את הבעיה מהשורש.
- **בקוד פתוח מלא** (כמו Olmo) חוקרים יכולים לחפש ישירות בנתוני האימון. הם יכולים למצוא את הטקסטים הספציפיים שגרמו למודל ללמוד את הטעות הזו, להבין את מקור ההטיה, ולבנות מסננים טובים יותר לאימונים עתידיים.

אימון המשך (Continual Pre-training) לעומת כיוונון (Fine-tuning)

- **במשקולות פתוחות**: מפתחים מוגבלים לרוב לכיוונון עדין (Fine-tuning, כמו שימוש ב-LoRA). זה מעולה כדי ללמד את המודל סגנון דיבור מסוים או להזין לו ידע נקודתי, אבל זה קורה על גבי בסיס שאי אפשר לשנות.
- **בקוד פתוח מלא**: מכיוון שקוד האימון המקורי זמין, מפתחים יכולים לקחת את המודל ולהמשיך את האימון הבסיסי שלו בדיוק מהנקודה שבה החברה המקורית עצרה. זה מאפשר לשנות את הארכיטקטורה שלו ולהטמיע בו ידע עמוק הרבה יותר מאשר בכוונון רגיל.

חוקיות, רגולציה וזכויות יוצרים (Compliance)

- **במשקולות פתוחות:** ארגונים גדולים ובנקים לרוב חוששים להשתמש במודלים כאלו, כי הם לא יודעים אם המודל אומן על קוד סודי של חברה אחרת, או על ספרים המוגנים בזכויות יוצרים. זה יוצר חשיפה משפטית.
- **בקוד פתוח מלא:** שקיפות מוחלטת מאפשרת לצוותים משפטיים לעשות ביקורת (Audit) מלאה לנתונים. אפשר לוודא שהמודל לא אומן על מידע אישי רגיש (PII) ושהוא עומד בתקנים מחמירים כמו חוק ה-AI האירופי.

קידום המחקר המדעי

- **בקוד פתוח מלא:** פרויקטים כמו Olmo משחררים את "יומני האימון" (Training Logs). חוקר יכול לראות בדיוק באיזה שלב של אימון המודל הצליח פתאום להבין פונקציות מתמטיות, אילו שגיאות קוד קרו במהלך האימון, ואיך שינוי של הגדרות מסוימות השפיע על צריכת החשמל של השרתים. המידע הזה חיוני כדי לקדם את מדע הבינה המלאכותית קדימה, ולא רק כדי לייצר מוצרים.

מודלים חדשים Nemotron ו–Apertus

שני המודלים האלו הם תוספות מרתקות וחדשות יחסית לנוף ה-AI הפתוח. שניהם מייצגים מגמה חשובה ומשמעותית בתעשייה: מעבר ממודל של סתם "משקולות פתוחות" (Open Weights) ל**שקיפות מלאה** – הכוללת חשיפה של נתוני האימון, סביבות אימון ותהליכי העבודה מאחורי הקלעים. הנה סקירה ממוקדת של שניהם:

Nemotron

סדרת מודלים (כמו Nemotron3 ו-Nemotron4) שפותחה על ידי ענקית השבבים אנבידיה. המטרה של אנבידיה כאן היא להוכיח שהיא לא רק ספקית חומרה, אלא גם מובילה ביצירת תשתית תוכנה ויישומי בינה מלאכותית.

- **הייחוד המרכזי**: המודלים ממוקדים מאוד ביצירת **סוכני בינה מלאכותית אוטונומיים** (Agentic AI). הם מצטיינים במשימות של חשיבה מרובת-שלבים (Reasoning), כתיבת קוד, פתרון בעיות מתמטיות, ושימוש בכלים חיצוניים.

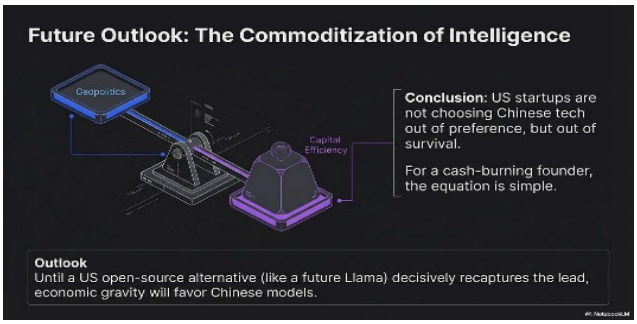
- **רמת הפתיחות:** גבוהה מאוד. בניגוד לחברות אחרות, אנבידיה בחרה לשחרר יחד עם המודלים גם את **נתוני האימון** (Datasets), **סביבות הלימוד** (RL Gyms), ו**"מתכוני" האימון (Training Recipes)** המלאים שלהם.
- **אופטימיזציה לחומרה:** כצפוי מ-NVIDIA, המודלים האלו מותאמים באופן מושלם לריצה ויעילות מקסימלית על המעבדים הגרפיים (GPUs) של החברה, תוך ניצול ספריות ההאצה שלה (כמו TensorRT-LLM).
- **גדלים:** הסדרה כוללת גרסאות שונות לצרכים שונים, מגרסאות "Nano" קטנות ויעילות (סביב 30 מיליארד פרמטרים) המיועדות למהירות גבוהה, ועד מודלי ענק ("Super" ו-"Ultra") ליישומים מורכבים.

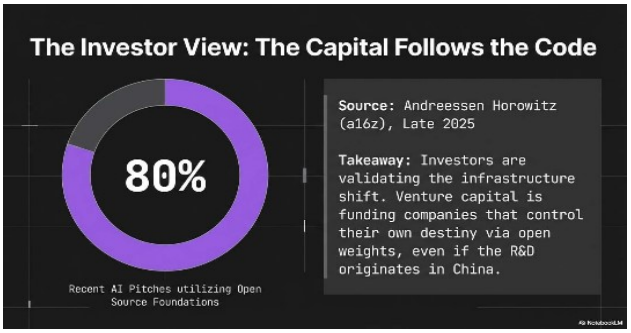
Apertus

Apertus (בלטינית: "פתוח") הוא מודל שפה אירופי פורץ דרך שהושק בסוף 2025 על ידי מכוני המחקר המובילים בשווייץ (ETH Zurich ו-EPFL) בשיתוף המרכז הלאומי למחשוב שוויצרי (CSCS) בשיתוף חברת Swisscom.

- **הייחוד המרכזי:** רב-לשוניות קיצונית ועמידה ברגולציה. המודל אומן לתמוך ב**למעלה מ-1,000 שפות שונות**, במטרה לתת ייצוג הולם לתרבויות ושפות שמקופחות במודלים האמריקניים. בנוסף, זהו המודל הגדול הראשון שתוכנן לעמוד במלוא הדרישות הנוקשות של **חוק הבינה המלאכותית של האיחוד האירופי** (EU AI Act)
- **פרטיות וזכויות יוצרים:** היוצרים השתמשו בטכניקת אימון ייחודית שנקראת "Goldfish Objective". המטרה שלה היא למנוע מהמודל "לשנן" טקסטים מילה במילה, ובכך למנוע הפרות של זכויות יוצרים ופגיעה בפרטיות. הוא אומן רק על מידע פומבי שאושר לשימוש (והתחשב בבקשות חסימה - Opt-out של בעלי אתרים).
- **רמת הפתיחות ורישיון:** קוד פתוח אמיתי וטהור תחת רישיון Apache 2.0. הכל פתוח לחלוטין לשימוש מסחרי ומחקרי: המשקולות, הארכיטקטורה, והכי חשוב – שקיפות מלאה של הדאטה שעליו הוא אומן.
- **גדלים:** שוחרר בגרסאות של B8 (מעולה להרצה מקומית על מחשב אישי) ו-B70 פרמטרים.

המלצת קרן הון סיכון גדולה לסטארטאפים: שלוט בעתיד שלך





מודלים פתוחים סיניים

סין היא המובילה העולמית בשחרור מודלים פתוחים. הסיכון בהתקנת מודלים סיניים ברשת מנותקת מהאינטרנט הוא נמוך.

הנושא של חברות אמריקניות המשתמשות במודלי AI סיניים הפך לאחד המעניינים והמדוברים ביותר בתעשיית הטכנולוגיה, במיוחד בשנים האחרונות (ועם הפריצה הגדולה של מודלים כמו DeepSeek ו-Qwen). בעוד שישנה מתיחות גיאופוליטית בין ארה"ב לסין בכל הנוגע לשבבים וטכנולוגיה, המציאות בשטח היא שחברות אמריקניות רבות משלבות מודלים סיניים במוצרים בפלטפורמות שלהן. הסיבות העיקריות לכך הן **ביצועים תחרותיים מאוד, עלויות נמוכות, והעובדה שכל מהמודלים הללו מוצעים בקוד פתוח**. הנה פירוט של האופן שבו חברות אמריקניות משתמשות במודלים אלו:

אינטגרציה בפלטפורמות ענן ענקיות (Cloud Providers)

חברות הענן הגדולות בארה"ב לא יכולות להתעלם מהדרישה של מפתחים למודלים סיניים מובילים, ולכן הן מציעות אותם כחלק מסביבות הפיתוח שלהן:

- Amazon Web Services (AWS) מציעה גישה למודלים כמו Qwen (של עליבאבא) ו-DeepSeek דרך פלטפורמות כמו Amazon Bedrock או SageMaker, כדי לאפשר למפתחים להריץ אותם על שרתי אמזון.
- Microsoft Azure: למרות השותפות העמוקה עם OpenAI, מיקרוסופט מציעה בקטלוג המודלים שלה (Azure AI Studio) מודלים סיניים בקוד פתוח, כדי לספק גמישות ללקוחותיה.
- Google Cloud: פלטפורמת Vertex AI של גוגל מאפשרת גם היא פריסה של מודלים חיצוניים ופתוחים, כולל אלו שפותחו בסין.

חברות אירוח, חיפוש AI וסטארטאפים

הפריצה של DeepSeek (ובעיקר מודל DeepSeek-V3 ו-DeepSeek-R1) הובילה לאימוץ מהיר מאוד על ידי חברות AI אמריקניות:

- Perplexity AI: מנוע החיפוש מבוסס AI האמריקני שילב את מודל האימון של DeepSeek כחלק מהאפשרויות שהוא מציע למשתמשי הפרו שלו, בשל יכולות ההסקה (Reasoning) המעולות שלו.
- Poe (**מבית** Quora): פלטפורמת הצ'אטבוטים האמריקנית מארחת מגוון עצום של מודלים סיניים (Qwen, DeepSeek, Yi של AI.01) ומאפשרת למשתמשים במערב גישה נוחה אליהם.
- **ספקיות תשתית** API (כמו Groq, Together AI, Fireworks): חברות אלו, המספקות כוח עיבוד מהיר למפתחים בארה"ב, מיהרו להציע API למודלים של DeepSeek ו-Qwen מכיוון שהם מספקים ביצועים ברמה של 4-GPT בעלות שרתים נמוכה משמעותית.

מפתחים עצמאיים וחברות תוכנה (דרך Hugging Face)

אלפי חברות בארה"ב משתמשות במודלים סיניים "מאחורי הקלעים" למשימות ספציפיות:

- **קידוד ופיתוח תוכנה**: מודלים כמו *DeepSeek-Coder* הפכו לפופולריים מאוד בקרב מתכנתים אמריקנים בשל היכולת שלהם להתחרות ב-Copilot של גיטהאב, כשהם רצים מקומית או בענן פרטי.
- Fine-tuning **(כיוונון עדין)**: סטארטאפים אמריקנים לוקחים את מודלי הבסיס של עליבאבא (Qwen) או DeepSeek, **ומאמנים אותם מחדש על מידע מקומי כדי ליצור מוצרים ייעודיים לתעשיית הבריאות, הפיננסים או שירות הלקוחות.**

שימוש מקומי בסין (משיקולי רגולציה)

ישנו גם שימוש מסוג אחר: חברות אמריקניות שנאלצות להשתמש ב-AI סיני כדי לפעול בשוק הסיני. Apple: כדי לספק שירותי "Apple Intelligence" למשתמשי אייפון בסין, אפל לא יכולה להשתמש בשרתים של OpenAI או גוגל (שחסומים או מוגבלים בסין). לכן, היא מנהלת מגעים ושיתופי פעולה עם חברות כמו Baidu (המודל Ernie) או Alibaba כדי לספק את השירותים הללו ללקוחות הסינים שלה.

נקודה חשובה על אבטחת מידע: רוב החברות האמריקניות הגדולות אינן שולחות נתונים דרך API ישירות לשרתים בסין בשל חששות פרטיות וריגול תעשייתי. במקום זאת, הן מורידות את המשקולות הפתוחות (Open Weights) של המודלים הסיניים ומריצות אותם **מקומית על שרתים בארה"ב** (On-Premise או בענן אמריקני). כך הן מרוויחות מהאלגוריתמיקה הסינית מבלי להסתכן בזליגת מידע.

מספר מודלים סיניים פופולריים:

בכולם התוכנה היא ברישוי קוד פתוח מלא (MIT או Apache). לא בכולם נתוני האימון מפורסמים

- Reasoning: DeepSeek-V3.2-Speciale
- Coding assistants: GLM-5, MiniMax-M2.5
- Agentic workflows: MiMo-V2-Flash, Kimi-K2.5
- General chat: Qwen3.5-397B-A17B, DeepSeek-V3.2
- Story writing & creative tasks: Qwen3.5-397B-A17B

מודלי קוד פתוח – טכנולוגיה משבשת

המונח "טכנולוגיה משבשת" (Disruptive Technology), או בשמו המדויק יותר "חדשנות משבשת" (Disruptive Innovation), נטבע על ידי פרופ' קלייטון כריסטנסן המנוח מאוניברסיטת הרווארד. לעיתים קרובות משתמשים במונח הזה בטעות כדי לתאר כל טכנולוגיה חדשה או מתקדמת, אך בפועל מדובר בתהליך כלכלי ועסקי מאוד ספציפי.

הנה העקרונות המרכזיים המגדירים טכנולוגיה משבשת באמת:

התמקדות בשווקים "מתחת לרדאר" (שולי השוק)

טכנולוגיה משבשת לא מנסה להתחרות מהיום הראשון על הלקוחות המרכזיים והתובעניים ביותר של השוק. במקום זאת, היא תופסת דריסת רגל באחד משני מקומות:

- **שוק הקצה התחתון** (Low-End) לקוחות שלא צריכים את כל התכונות המתקדמות והיקרות של המוצרים הקיימים, ומחפשים פתרון "מספיק טוב" וזול.
- **שווקים חדשים** (New Markets) אנשים שעד היום לא יכלו להרשות לעצמם להשתמש במוצר, או שהמוצר היה מורכב מדי עבורם (הופכים "לא-צרכנים" לצרכנים).

פשוט יותר, זול יותר ונגיש יותר

בתחילת דרכה, טכנולוגיה משבשת כמעט תמיד **נחותה בביצועיה** בהשוואה למוצרים המובילים בשוק. היתרון שלה לא נובע מביצועי-על, אלא מכך שהיא הרבה יותר זולה, קלה לשימוש ונגישה.

העיוורון של החברות השולטות ("דילמת החדשן")

זוהי המלכודת הפסיכולוגית והפיננסית של השיבוש. חברות ענק מבוססות ומצליחות בדרך כלל מתעלמות מהטכנולוגיה המשבשת. למה? כי הן עסוקות ב"חדשנות משמרת" (Sustaining Innovation) – שיפור המוצרים היקרים שלהן עבור הלקוחות הכי רווחיים ותובעניים שלהן. מבחינה כלכלית, לא משתלם להן להסיט משאבים כדי להילחם בסטארט-אפ קטן על הלקוחות הכי פחות רווחיים בתחתית השוק. לכן, הן פשוט מוותרות על נתח השוק הזה.

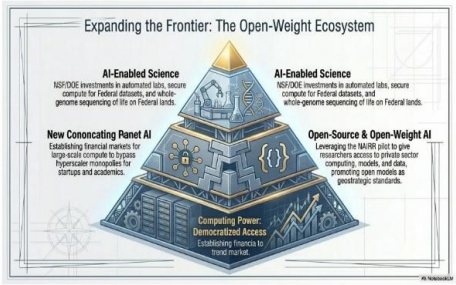
טיפוס מהיר במעלה השוק

כאן המלכודת נסגרת. הטכנולוגיה המשבשת לא נשארת בסיסית וזולה לנצח. מכיוון שטכנולוגיה משתפרת בקצב מהיר (אקספוננציאלי), איכות המוצר של הסטארט-אפ עולה במהירות. בשלב מסוים, האיכות חוצה את הרף של מה שהלקוחות בשוק הראשי (Mainstream) מחשיבים כ"מספיק טוב". בנקודה הזו, הלקוחות נוטשים את החברות הוותיקות ועוברים בהמוניהם לחלופה הנוחה והזולה יותר, והחברה הוותיקה קורסת או מאבדת את ההובלה שלה.

דוגמה: בינה מלאכותית (OpenAI מול מודלים זולים/פתוחים)

- **התמקדות בשולי השוק מעולה**. מכיוון שדיברנו קודם על מודלי AI סיניים מול ענקיות אמריקניות, זהו למעשה מקרה המבחן המושלם שמתרחש ממש עכשיו מול העיניים שלנו. בואו ננתח איך "אפקט DeepSeek" ומודלי הקוד הפתוח מיישמים את התיאוריה של כריסטנסן שלב אחר שלב נגד חברות כמו OpenAI וגוגל:
- **התמקדות בשולי השוק** – OpenAI וגוגל כיוונו הכי גבוה שאפשר – מודלים עצומים וסגורים (כמו GPT4) לארגוני ענק שמוכנים לשלם מיליונים על מנויים ו-API. ה"משבשים" (כמו Meta עם Llama בתחילת הדרך, או DeepSeek) פנו למפתחים העצמאיים, לסטודנטים ולסטארט-אפים קטנים שלא יכלו להרשות לעצמם את העלויות של OpenAI, וחיפשו מודל חינמי שיהיה פשוט "מספיק טוב" לפרויקטים שלהם.
- **פשוט, זול ונגיש** (אך נחות בהתחלה): כשהמודלים הפתוחים יצאו לראשונה, הם היו נחותים משמעותית מ-GPT4. הם טעו יותר (הזיות/Hallucinations) והתקשו בלוגיקה. אבל היה להם יתרון מוחץ: הם היו בחינם, וכל מתכנת יכול היה להוריד אותם למחשב האישי שלו ולשחק איתם בלי לבקש רשות מאף אחד.
- **העיוורון (דילמת החדשן)**: איך OpenAI הגיבה בהתחלה? בדיוק לפי הספר. היא המשיכה להשקיע מיליארדים ב"חדשנות משמרת" – פיתוח מודלים גדולים ויקרים יותר (כמו סדרת 1o או Sora), כדי לרצות את לקוחות הפרימיום שלה. היא לא ראתה במודלים החינמיים איום קיומי, כי "לקוחות אנטרפרייז תמיד ירצו את הכי טוב והכי בטוח".
- **הטיפוס במעלה השוק (השיבוש בפועל)**: המודלים הזולים והפתוחים השתפרו בקצב אקספוננציאלי. פתאום, שוחרר DeepSeek-V3 (ו-R1), או Llama 3, שהציגו ביצועים שמשתווים למודלים היקרים ביותר. הרף של "מספיק טוב" נחצה. עכשיו, אפילו חברות ענק שואלות את עצמן: "למה שנשלם ל-OpenAI מאות אלפי דולרים בחודש, אם אנחנו יכולים לעשות את אותה עבודה כמעט בחינם עם מודל קוד פתוח?". התוצאה: OpenAI נאלצת לחתוך מחירים באגרסיביות, והמודל העסקי שלה נמצא תחת מתקפה.

סימוכין מתוך מסמך מדיניות של הבית הלבן



Encourage Open-Source and Open-Weight AI





מקורות

https://opensource.org/ai/open-source-ai-definition
https://allenai.org/olmo
https://www.nvidia.com/en-us/ai-data-science/foundation-models/nemotron/
https://www.swiss-ai.org/apertus
https://www.bentoml.com/blog/navigating-the-world-of-open-source-large-language-models#what%20are%20open-source%20llms%3F
https://www.cnbc.com/video/2026/03/19/nvidias-open-source-power-play.html

תוכן העניינים

כללי וארגון

2. קווי ייצור חדשים לתחמושת בפולין על בסיס תעשייה פרטית

8 באפריל 2026

Polish firm teams with Northrop, ST Engineering to tap Poland's massive ammo spending

קבוצת התעשייה הביטחונית הפולנית הפרטית Niewiadów חוברת לנורת'רופ גרומן האמריקנית ול- ST מסינגפור להקמת קווי ייצור בפולין לתחמושת בקוטר 155 מ"מ ו-40 מ"מ. אסטרטגיית הייצור מתמקדת בהקמת מפעל רובוטי לייצור פגזי 155 מ"מ עם יעד תפוקה של 180,000 פגזים בשנה. במקביל, קו הייצור לתחמושת 40 מ"מ המפותח עם ST Engineering אמור לייצר עד 480,000 פגזים בשנה.

לדברי מנכ"ל החברה, השותפויות נועדו לאזרח את הייצור, להבטיח עצמאות באספקה עבור בנות הברית בנאט"ו ולקצר את זמן ההגעה של התחמושת לשוק. הכרזה זו מקדימה את כניסתה המתוכננת של Niewiadów לרשימה הראשית של בורסת ורשה בסוף אפריל 2026.

פולין מרחיבה במהירות את תשתית הייצור המקומית שלה כדי לתמוך בצי עתידי של כ-1,000 תומ"תים. היוזמה הפרטית של Niewiadów משלימה את פעילותה של החברה הממשלתית PGZ, שבחרה אשתקד ב-BAE Systems הבריטית להקמת קו ייצור אוטומטי ל-155 מ"מ.

מהלכים אלו משקפים שינוי תעשייתי רחב יותר לאורך האגף המזרחי של נאט"ו. בין השאר, חברת Rheinmetall מקימה מיזמים משותפים בבולגריה, לטביה, ליטא ורומניה, בעוד אסטוניה נמצאת בשלבים סופיים של הסכם להקמת מפעל תחמושת בשווי 351 מיליון דולר עם חברה ביטחונית שוודית.

כללי וארגון

3. יפן: הקלה בהגבלות יצוא נשק

21 באפריל 2026

Japan loosens arms exports rules in major shift

יפן מקלה את ההגבלות על יצוא נשק כדי לאפשר העברת מערכות נשק למספר מדינות. המשמעות היא שיפן תוכל כעת לייצא נשק ל-17 מדינות שחתמה איתן על הסכמי העברת ציוד ביטחוני וטכנולוגיה, כולל ארה"ב, בריטניה, אוסטרליה והודו. ההסבר שניתן להחלטה הינו שאף מדינה לא יכולה כעת להגן על ביטחונה לבדה, ומדינות שותפות התומכות זו בזו מבחינת ציוד הגנה הן הכרחיות. כמו כן הדבר יתרום למניעת התפרצות סכסוכים ושמירה על יציבות מרחב הודו-פסיפיק, ובכך יסייע לביטחון יפן.

בעבר, יפן התירה ייצוא של ציוד ביטחוני בחמש קטגוריות בלבד: מערכות נגד מוקשים, ציוד מעקב, ניטור, תובלה והצלה.

למרות ההקלות בהגבלות הללו, העברת נשק למדינות המעורבות בסכסוכים מתמשכים עדיין אסורה למעט ב"נסיבות יוצאות דופן", למשל, אם המדינה המבקשת נתונה לתוקפנות מזוינת. כל העברה כזו עדיין תדרוש את אישורם של ארבעת שרי המועצה לביטחון לאומי של יפן - ראש הממשלה, מזכיר הקבינט הראשי, שר החוץ ושר ההגנה.

ההקלה בחוקי ייצוא הנשק מגיעה לאחר הודעה באפריל כי המדינה חתמה על חוזים עם אוסטרליה למכירת 11 אוניות מלחמה, פריגטות משודרגות מסוג מוגאמי. כמו כן, הודיע תאגיד NEC היפני כי ייצא תשעה סוגי ציוד, כולל מערכות סונאר, ניווט ותקשורת, לאוסטרליה, עבור הפריגטות העתידיות שלה, כולל תורן התקשורת המשולב הייחודי UNICORN מסוג מוגאמי.



רק"ם מסוג TYPE-16 של צבא היבשה היפני. מקור: משרד ההגנה היפני

כללי וארגון

4. אסטרטגיה צבאית חדשה לצבא הגרמני

22 באפריל 2026

Germany unveils strategy for becoming Europe's strongest military by 2039

גרמניה חשפה את הרפורמה המקיפה ביותר בארגון הבונדסוור מזה עשרות שנים. החבילה כוללת אסטרטגיה צבאית עצמאית ראשונה, פרופיל יכולות חדש, תוכנית להגדלת כוח האדם ואסטרטגיית מילואים מעודכנת.

האסטרטגיה, שזכתה לשם "אחריות לאירופה", מגדירה את רוסיה כאיום המרכזי. היא נוקטת בגישת "זירה אחת", אשר מתייחסת לשטחי נאט"ו, המזרח התיכון והאוקיינוס השקט כמרחבי ביטחון מחוברים ולא כזירות נפרדות. פרופיל היכולות החדש נוטש את מכסות הציוד הקשיחות לטובת מודל תכנון גמיש ומבוסס תוצאים (אפקטים). כלומר, התוכנית מגדירה תפוקות ולא תשומות. העדיפויות כוללות תקיפה מדויקת לעומק, הגנה מפני טילים שגא קוליים ויכולות כטב"מים. שר ההגנה ציין כי בתחום התקיפה לטווח ארוך, גרמניה מתחילה למעשה מאפס.

יעדי כוח האדם שאפתניים מאוד ושואפים ל-460,000 חיילים כשירים ללחימה עד אמצע שנות ה-30: 260,000 חיילים בסדיר ובקבע, ו-200,000 אנשי מילואים. גיוס חובה כבר הוגדר בחוק כגיבוי למקרה שיעדי הגיוס לא יושגו, אף שכרגע נרשמת עלייה של 20% בבקשות הגיוס לעומת השנה שעברה.

בתוך כך, מערך המילואים עובר שינוי תפיסתי משמעותי ומושווה כעת במעמדו לכוח הסדיר, במקום לשמש ככוח משני למקרי חירום. המילואים יתמקדו בהגנת המולדת ובהבטחת תפקודה של גרמניה כמרכז לוגיסטי עבור כוחות בעלות הברית הנעים מזרחה בעת משבר. כדי לתמוך בהתרחבות זו, התוכנית מציגה 153 צעדים קונקרטיים לצמצום הביורוקרטיה. בין השאר התוכנית כוללת דיגיטציה של תהליכי עבודה, שילוב בינה מלאכותית במשימות מנהלה, ורפורמה חדשנית לפיה לכל התקנות הפנימיות יוצמד מעתה תאריך תפוגה אוטומטי.

המטרה הסופית היא שגרמניה תעמיד את הכוח הקונבנציונלי החזק ביותר באירופה עד שנת 2039.

כללי וארגון

5. הפנטגון חותם על עסקאות לשילוב בינה מלאכותית במערכות מסווגות, תוך הדרת חברת Anthropic

1 במאי 2026

Pentagon signs classified AI deals with tech giants, snubs Anthropic

הפנטגון הודיע על הסכמים אסטרטגיים עם שבע חברות טכנולוגיה מובילות – SpaceX, OpenAI Google, Nvidia, Reflection, Microsoft ו-Amazon Web Services (AWS) – במטרה להטמיע את כלי הבינה המלאכותית שלהן בתוך המערכות המסווגות הרגישות ביותר של משרד ההגנה. המהלך נועד לתמוך בתכנון משימות, בחירת מטרות ושימושים מבצעיים נוספים כחלק מחזון ממשל טראמפ לבניית "כוח לוחם מבוסס בראש וראשונה על AI" (AI-first fighting force), תוך ייעול סינתזת נתונים, שיפור הבנה מצבית ותגבור תהליכי קבלת החלטות של הלוחמים בשטח.

ההכרזה בולטת בהדרתה המכוונת של חברת Anthropic, שנמצאת בעימות חריף עם משרד ההגנה על רקע מגבלות הבטיחות (guardrails) שהציבה החברה. למרות שהמודל שלה, Claude, היה היחיד שאושר בעבר לשימוש בפעילות צבאית מסווגת ונותר בשימוש זמני, הפנטגון פועל להפסקת ההסתמכות עליו לאחר שהחברה התנגדה לשימוש בטכנולוגיה שלה למעקב המוני פנים-ארצי או לשליטה ישירה בנשק אוטונומי קטלני. בעקבות זאת, הגדיר הפנטגון את החברה כ"סיכון לשרשרת האספקה" ואסר על קבלני ביטחון להשתמש בה, צעד שהתחזק בהוראת הנשיא טראמפ מחודש פברואר להפסיק לאלתר את השימוש בטכנולוגיה של Anthropic – סיווג המיוחס בדרך כלל לישויות ממדינות עוינות.

המבנה הטכנולוגי של העסקאות החדשות כולל שילוב של מודלים קנייניים (סגורים) ומודלים בקוד פתוח (Open-source), כאשר האחרונים יסופקו על ידי Nvidia וחברת Reflection. שימוש במודלים בקוד פתוח מאפשר לפנטגון להפעיל מערכות ללא דמי רישיון שוטפים או גישת ספק, מה שמעניק גמישות מבצעית ומפחית את התלות המסוכנת בשותף מסחרי יחיד. במקביל, הפנטגון חשף נתונים כמותיים על פלטפורמת GenAI.mil הרשמית שלו, ששימשה בתוך חמישה חודשים למעלה מ-1.3 מיליון אנשי סגל, הניבה עשרות מיליוני שאילתות (prompts) והפעילה מאות אלפי סוכני AI.

למרות מחאתם של למעלה מ-600 עובדי גוגל נגד ההסכם, החברה ממשיכה בשינוי האסטרטגי לעבר חוזים ביטחוניים, שנים לאחר שנטשה את פרויקט Maven. פרויקט זה, המנוהל כיום על ידי חברת Palantir, הפך למערכת ניהול שדה קרב מתקדמת שהאיצה משמעותית את "שרשרת ההרג" - "Kill Chain" (התהליך מגילוי ועד השמדה); במהלך מבצע "Epic Fury" נגד איראן, המערכת איפשרה עיבוד של יותר מ-1,000 מטרות תוך 24 השעות הראשונות. בעוד Anthropic נאבקת בצעדי הענישה בבית המשפט, חברות כמו AWS הצהירו על מחויבותן למודרניזציה של הצבא באמצעות הטכנולוגיות החדשות.

כללי וארגון

6. האם הבינה המלאכותית יוצרת 'חדר מלחמה' חדש

21 באפריל 2026

The new war room

אלגוריתמים הסורקים שעות של צילומי מעקב ומזהים, למשל, משאיות עם מקלעים מותקנים עליהן, קיימים עוד מהמלחמה באפגניסטן. אוקראינה בנתה כטב"מים המשתמשים בבינה מלאכותית לצורך ניווט אוטונומי, וישראל השתמשה במערכות בינה מלאכותית כדי לזהות מטרות אפשריות מתוך נתוני מודיעין.

אחרי השימוש בבינה מלאכותית כדי לזהות את מה שבני אדם עלולים לפספס, כעת מפקדי צבא לא מסתפקים בכך, ורוצים גם "מנוע ייעוץ" שבו יוכלו להיוועץ במהלך קרב.

השימוש הצבאי בבינה מלאכותית עבר אבולוציה משמעותית מזיהוי אובייקטים פשוט לשימוש במנועי ייעוץ המבוססים על מודלי שפה גדולים. בעוד שבעבר אלגוריתמים שימשו בעיקר לסריקת חומרי מעקב ואיתור

מטרות פיזיות כמו רכבים חמושים, המערכות החדשות מציעות למפקדים ייעוץ אופרטיבי ואינטראקטיבי. טכנולוגיות מוקדמות כמו מערכת Maven של צבא ארה"ב התמקדו באוטומציה של עבודת אנליסטים וסינון רעשים מנתוני לוויין ורשתות חברתיות, אך המערכות העכשוויות מאפשרות למפקדים לנהל שיח עם צ'אטבוטים כדי לתעדף תקיפות ולגבש אסטרטגיה. השפעתן של חברות כמו אנתרופיק הפכה כה עמוקה, עד שצבא ארה"ב מתקשה להוציא את כלי הבינה המלאכותית שלה מהפעילות המבצעית גם כאשר מזוהים בהם סיכוני אבטחה.

לפי אחד מנציגי מערכת הביטחון האמריקנית שהתראיינו לכתבה, במציאות שכבר קיימת כיום מפקדים עשויים לתת לצ'טבוט רשימה של מטרות פוטנציאליות כדי שיסייע להחליט איזו מהן לתקוף קודם. מגמה זו אינה מוגבלת למערב. גם סין פועלת להטמעת כלים דומים במערכות הפיקוד שלה.

המעבר לייעוץ המבוסס על בינה מלאכותית גנרטיבית מציב אתגרים מהותיים הנוגעים לאמינות הפלט ולבטיחות קבלת ההחלטות. מודלים אלו נוטים להפיק תשובות משתנות לאותן הנחיות ותפוקתם אינה תמיד מדויקת או עקבית, מה שמעורר חשש כבד כי תחת לחץ זמן בשדה הקרב, מפקדים יסתמכו על המלצות המערכת ללא בדיקה מעמיקה.

מומחים מזהירים מפני אמון יתר בשיח עם כלי בינה מלאכותית ה"דוחס את העולם" למעין "דשבורד" קרבי פשוט ונקי, וגם מפני כוחן הגובר של חברות הטכנולוגיה הפרטיות בהשפעתן על המידע המגיע למפקדים. נוסף על כך, קיימת בעיה של היעדר פיקוח ציבורי על טכנולוגיה זו, ומסמכים מהפנטגון אף מטילים ספק בהיתכנותה של "בינה מלאכותית אחראית".

השותפות המתהדקת בין מערכת הביטחון לעמק הסיליקון כוללת תוכניות לאימון מודלים על נתונים צבאיים מסווגים, דבר המעלה סיכוני אבטחת מידע חסרי תקדים, וגם עשוי להביא את חברות הטכנולוגיה מעמק הסיליקון קרוב יותר לפנטגון מכפי שהיו אי פעם.

[כללי וארגון]

7. צבא ארה"ב פרסם מידע על התקצוב של תוכנית המודרניזציה

22 באפריל 2026

[Army unveils sweeping XM30 push, $4B bet on NAC2 in newly realized budget materials]

הצבא האמריקני פרסם פרטים על התקצוב של הפרויקטים הגדולים במסגרת תהליך המודרניזציה. הממונה על בתקציבים בפנטגון ציינה שזו התוכנית החשובה ביותר שהותוותה להתחדשות בצבא מזה 40 שנה. הנתח העיקרי של התקצוב מיועד לפעילות בנושא "פיקוד ובקרה" בצבא המודרני Next Generation 2NGC Command & Control – כ-4 מיליארד דולר. כמו כן יש כאן פירוט על תוכניות ההצטיידות ברק"ם חדש כדלקמן:

1. XM-30 – מדובר בתוכנית השביעית להצטיידות ברק"ם שיחליף את נגמ"שי בראדלי המתיישנים. תקצבו בתוכנית הנוכחית 547 מיליון דולר לרכישה של 19 כלים בשנת 2027. התוכנית הכוללת היא 108 כלים עד 2031. פיתוח הרק"ם מבוצע ע"י שתי תעשיות אמריקניות GDLS, American Rheinmetall, שיספקו דגמים לניסויים בחודשים הקרובים.
2. תוכנית MTC (Mobile Tactical Cannon) למודרניזציה של ארטילריה מתנייעת. הצבא ביטל את תוכנית התומ"ת Paladin, תוך צמצום התקציב שתוכנן השנה מ-715 מיליון דולר ל-84 מיליון בשנת 2027. הדרישה החדשה לתקציב מו"פ בשנת 2027 היא ל-697 מיליון דולר.
   הערה: מדובר בניסויים של תומ"תים קיימים במדינות ידידותיות לבחירת התומ"ת העתידי שייוצר בארה"ב. צוין שהצבא מעוניין בתומ"תים קלים יותר ומהירים יותר בהשוואה ל-Paladin.
3. הטנק העתידי M1E3 – לפיתוח הטנק החדש תוקצבו 474 מיליון דולר. כמו כן מופיע בתקציב סכום של 655 מיליון דולר לרכש – לא ברורה הכוונה.

הנתח התקציבי הגדול לשנת 2027 (כפי שצוין לעיל) מיועד לפיתוח של מערכת מודרנית של הפיקוד והבקרה NGC2 – 3.78 מיליארד דולר:
488 מיליון לפיתוח יישומים; 300.1 מיליון לפיתוח ורכש של נתונים C2 data; 1.36 מיליארד דולר לפיתוח ורכש של תשתית C2 ו-1.36 מיליארד לרכש והעברה של C2.
נאמר שבשנת 2026 הנושא תוקצב ב-2.95 מיליארד דולר. כמו כן שהסכום 3.78 מיליארד דולר, כולל "C2 – החלפת הציוד של התוכנית הקודמת WIN-T Warfighter Information (Network Tactical) אשר ביחידות.

כללי וארגון

8. עלייתה של "לוחמה ללא גינונים": כיצד טכנולוגיה זולה מכניעה נשק "מפואר"

8 במאי 2026

The rise of 'no-frills warfare': how cheap tech is defeating "exquisite" weapons
התפוצה הרחבה של מערכות בלתי מאוישות בשדה הקרב המודרני מאלצת את הצבאות לבחון מחדש את יסודות כלכלת הביטחון. כלי הנשק עוברים "קפיצות קוונטיות" המשנות את פני העימות ללא הכר. ההיסטוריה ידעה שינויים כאלה עם כניסת כלי נשק מפלדה, עליית המטוסים והופעת הנשק הגרעיני. כיום, מתחולל שינוי המוגדר על ידי ציוד זול ומתכלה כמו כטב"מים וחימוש משוטט (Loitering Munition).

רוויה מול דיוק: (Saturation over Precision)
בעימותים האחרונים באוקראינה ובמזרח התיכון, המכנה המשותף הוא שימוש בנחילי כטב"מים כדי להציף ולהכריע מערכות הגנה. טילים וחימוש מדויק הם יעילים ביותר אך יקרים וקשים להחלפה. לעומת זאת, מאות כטב"מים זולים מקטגוריית Low Slow Small (LSS) משיגים יעדים דומים בשבריר מהמחיר וניתנים לייצור המוני. שימוש בחימוש זול מאלץ את המגן לבזבז מיירטים יקרים. אם נדרש מיירט שעלותו 4 מיליון דולר כדי להשמיד כטב"ם תוקף חד-כיווני שעלותו 35,000 דולר, כלכלת ההגנה קורסת.

נשק זול כמשווה רמה (The Great Leveller)
הטכנולוגיה הזולה מורידה את חסמי הכניסה ומאפשרת לכוחות קטנים לאתגר מעצמות.

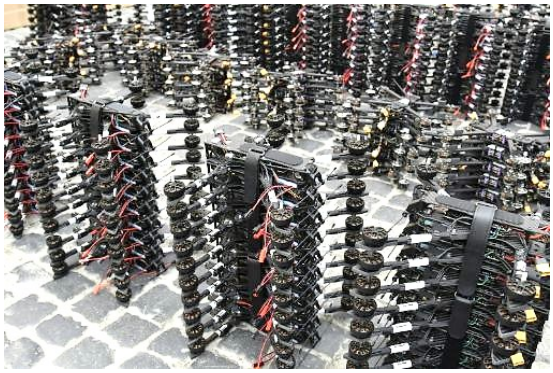
- **גמישות ומהירות**: שימוש ברכיבי מדף אזרחיים (COTS) וטכנולוגיה דו-שימושית מאפשר לכוחות קטנים לבצע התאמות מהירות בשטח, בניגוד למנגנוני הרכש הצבאיים האיטיים והמסורתיים.
- **שיבוש אסימטרי**: מערכות אלו מאפשרות לבצע תקיפות מדויקות, איסוף מודיעין ושיבוש לוגיסטי ללא צורך בחיל אוויר או צי גדול. הן משמשות כבונוס במערכות גרילה או לצורך "קניית זמן".
- **סוף עידן הצלפים המסורתיים**: כטב"מי FPV זולים עם הדמיה תרמית יכולים לאתר צלפים ממרחק של מייל ולחסלם באמצעות הטלת רימון או הכוונת ארטילריה.

תגובת הממסד הצבאי וטכנולוגיות נגד
צבאות מאמצים את דוקטרינת "Cheap and Mass" (זול והמוני) לצד פיתוח פתרונות נגד:

- **פרויקט** Low Altitude Stalking and Strike Ordnance (LASSO): צבא ארה"ב מפתח את Hellhound S3, כטב"ם קל משקל המיוצר בהדפסת תלת-ממד, מונע בטורבו-ג'ט וניתן לתיקון או שינוי בשטח.
- **נשק אנרגיה**: מערכות לייזר ומיקרוגל שעלות כל ירייה בהן נמדדת בסנטים בודדים, ומצטיינות במהירות האור ובדיוק גבוה.
- **שדרוג מערכות ותיקות**: שימוש בתותחי נ"מ (כמו בופורס L/70 או ZSU-23-4) ששודרגו עם מערכות מכ"ם, בקרת אש אלקטרו-אופטית ותת-אדום. אלו יורים תחמושת רסס (Air burst) ליירוט יעיל וכלכלי.

- **פלטפורמות מוטסות**: מטוסי A-10 Thunderbolts ומסוקי AH-64 Apache משתמשים בשילוב של רקטות ותותחים. היתרון שלהם הוא גילוי מוקדם של נחילי LSS.
- **אתגר הגילוי**: שח"ם של כטב"מים נע בין 0.01 ל-0.1 מ"ר (בין אדם לציפור), מה שמקשה מאוד על זיהוי וסיווג.

לסיכום: השינוי הנוכחי אינו מסמן את קץ המערכות היקרות, אלא יצירת איזון חדש שבו מערכות יקרות "מושלמות" (Exquisite) יפעלו לצד פלטפורמות זולות ומתכלות. הניצחון בלוחמה המודרנית יהיה שייך לכוח שיצליח לחדש מהר יותר, להסתגל בקלות רבה יותר ולייצר בקנה מידה המוני (Scale).



FPV drones of the Ukrainian Army

[כללי וארגון]

9. עיקרי בקשת תקציב משרד המלחמה האמריקני לשנת 2027

3 באפריל 2026

[Golden Dome, out-years and lots of missiles: Details of Trump's $1.5T defense budget request]

תקציב הפנטגון **בסך** $1.5T שמבקש ממשל טראמפ ל-2027 גבוה מאוד! [לעומת $840B שאושרו בקונגרס לשנת 2026. המתרגם] אך כנראה לא משקף מגמה עתידית. צפויה ירידה בשנים הבאות (כנראה $1.28T ב-2028 ועד $1.35T ב-2031). $1.15T הם תקציב הבסיס שידון בקונגרס לאישור ועוד $350B בתקצוב עתידי, שספק אם יתממש לאור בחירות האמצע המתקרבות. תקציב הבסיס, למרות שטרם אושר, משקף את [אסטרטגית הביטחון הלאומי] המציבה את ביטחון המולדת והתרכזות בחצי הכדור המערבי בראש סדר העדיפויות. כמה מסעיפי התקציב המבוקש מפורטים בטבלה שלהלן:

נושא	תקציב בסיס מבוקש ל2027 [$B]	תוספת תקציב עתידית מבוקשת ל2027 [$B]	ס"ה תקציב מבוקש [$B]	הערות
צי ס"ה (+נחתים)	126	24	150	-
רכש כלי שיט	60.2	5.6	65.8	גידול של 242% מ-2026
ס"ה רכש מטוסים	27	7.4	34.4	-
[מטוס F/A-XX]	0.0685	0.072	0.14	מתוך תקציב המטוסים
רכש מע' נשק	11.8	10.9	22.6	-
רכש תחמושת	-	-	2	-
כ"א	-	-	65	

נושא	תקציב בסיס מבוקש ל2027 [$B]	תוספת תקציב עתידית מבוקשת ל2027 [$B]	ס"ה תקציב מבוקש [$B]	הערות
ח"א (+חיל החלל)	83.4	17.6	101.2	לא כולל משמר לאומי ומילואים
ס"ה מו"פ	73.2	1	74.2	-
F-47	-	-	5	מתוך תקציב המו"פ
Sentinel ICBM	-	-	4.5	מתוך תקציב המו"פ
ס"ה רכש	-	-	62	-
טילים	-	-	11.4	גידול מ-B$6.3 (מתוך תקציב הרכש)
מטוס מלווה CCA	1	-	1	מתוך תקציב הרכש
טיל שיוט היפרסוני	-	-	0.403	מתוך תקציב הרכש
תפעול ותחזוקה	74	5.8	79.8	-
כ"א	-	-	41.4	-
חיל החלל	-	-	71.2	גידול של 77% מ2026
מו"פ וניסויים	38.4	2.3	40.7	-
תוכנית AMTI	-	-	1	חישה לווינית למטרות נעות (מתוך תקציב המו"פ)
רכש	9.6	9.4	19	-
AMTI	-	-	7.1	מתוך תקציב הרכש
שרותי חלל	-	-	1.6	קונסטלציות לווינים במסלול נמוך LEO (מתוך תקציב הרכש)
	-	-		-
תפעול ותחזוקה	9.3	0.414	9.714	-
כ"א	-	-	1.8	היקף כ"א מבוקש - 13200
יבשה	36	24	60.5	-
ס"ה רכש	35.9	18.8	54.7	-
מסוק אפאצ'י	-	-	0.0015	ירידה מ-B$0.3617
מסוק בלקהוק	-	-	0.0393	ירידה מ-B$0.913
מסוק Chinooks	-	-	0.21	ירידה מ-B$629
תוכנית HADES	-	-	+0.1	
AMPV	-	-	1.15	הגדלת הרכש ל196 כלים
XM30 OMFV	-	-	0.5469	19 כלים
טילים	-	-	37	עליה מ-B$7 (רב"תי PRSM, הגנה אווירית, HIMARS, ו-Typhoon לטווח בינוני)
ס"ה מו"פ	13.76	5	18.76	-
תפעול ותחזוקה	64.13	9.47	73.6	-
כ"א	-	-	56.6	-
פיקוד הסייבר	2.1	-	2.1	-
רכש (מבצעי סייבר)	0.103	-	0.103	-
תפעול ותחזוקה	0.3037	-	0.3037	-
מו"פ	1.7	-	1.7	-
ס"ה משרד ההגנה	1150	350	1500	-
כ"א	-	-	-	גידול של כמעט 21,000 משרתים ל-1,342,900
תוכנית Golden Dome missile shield	17.1	0.4	17.5	
מו"פ			1	כנראה תקצוב DARPA
תפעול ותחזוקה			430	
רכש			224	

[לא כל הסכומים מסתדרים בתוך הזרועות השונות וביניהן אבל את רוב המספרים המופיעים בכתבה ריכזתי בטבלה. בין שאר הסיבות, תקציבי תפעול ותחזוקה (Operation & Maintenance) וכ"א של הזרועות השונות מוגדרים בתוך בקשת הזרועות אך כנראה מתוקצבים בנפרד. המתרגם].

נראות מגמות של גידול בכלים לא מאוישים והאצה ברכש טילים, וכן ירידה דרמטית בהשקעה בצי המסוקים הקיים ביבשה.

יבשה

יבשה

10. הטנק הסיני החדש T-100

5 במאי 2026

China officially deploys new type 100 tank as race with US over future warfare accelerates

מדובר בטנק חדש, שנצפה לראשונה במצעד ב-2025, ומצטיין בתכנון מודרני מבחינת התפישה המבצעית, המערכות והתכונות. הכתבה מפורטת למדי וננסה לתמצת את הדברים העיקריים:

1. המשקל מוערך ב-45-35 טון; הצוות – 3 לוחמים ממוקמים בקדמת התובה; צריח בלתי מאויש עם תותח חלק קנה בקליבר 105 מ"מ. מטען אוטומטי, בטן תחמושת, 40-30 מקלע מקביל 7.62 ומקלע עליון 12.7 עם כוונת תרמית נגד מטרות באוויר. הנעה היברידית (1,500 כ"ס), הגנה אקטיבית, מרובה חיישנים.
2. חיישנים – גלאי מכ"ם בפינות הצריח, מחוברים למצלמות יום וחיישנים תרמיים, התרעות נגד לייזר, נגד טילים מתקרבים ונגד רחפנים (1-5 ק"מ). כל הנתונים מרוכזים בממשק המוצג לצוות. לצוות יש קסדות עם מערכות מציאות רבודה. כאן מוצגים כל הנתונים מהחיישנים – גם של מטרות, ניווט, מצב הרק"ם עצמו ואפשרות לכינון למטרה לפי קו הראייה. אפשרות להעסקת מטרות, כולל מעבר לקו הראייה, ע"י קבלת נתונים ממקור אחר.
3. בסה"כ מדובר בטנק מודרני – דור רביעי לטענתם – המבוסס על טכנולוגיות מתקדמות ביותר בדומה ל-ARMATA-T-14 הרוסי או לאבטיפוס Abrams X . מחיר מוערך כ-7.5-4.5 מיליון דולר. בקצב ייצור גבוה יגיעו ל-6.0-3.5 מיליון $.



יבשה

11. ניסויים בצבא ארה"ב ברק"ם AMPV עם תותח 30 מ"מ

2 במאי 2026

US army tests AMPV armored vehicle with 30mm Cannon to boost infantry fire power

רק"ם AMPV, הכלי החדש עבור חיל הרגלים של צבא ארה"ב, אשר מחליף את צי M113 המיושן, מיוצר סדרתית ע"י חברת BAE. לאחרונה נבנה דגם של הרק"ם הנ"ל עם תותח 30 מ"מ. בכך מתכוונים להגביר את כוח האש של חיל הרגלים.

הרק"ם הבסיסי משמש במגוון תפקידים: הובלת לוחמים, פיקוד ושליטה, פינוי רפואי, נשיאת מרגמה. הכנסת תותח 30 מ"מ מסבה אותו ל"רק"ם לחימה" ומאפשרת העסקת מטרות כמו רק"ם עם שריון קל, ביצורים וכו'. תותח 30 מ"מ מעניק לכלי ירי בקצב גבוה עם מספר סוגי תחמושת, כולל רסיק אוויר, לטווחים עד 2,000 מטר.

דגמים של הרק"ם שולבו בחטיבת חי"ר לאינטגרציה מבצעית – הדרכה והערכה של היתרון המבצעי על ידי כוח האש המוקנה לכלים לוגיסטיים, זאת לקראת ההצטיידות של חי"ר ברק"ם העתידי XM30.



יבשה

12. טיל נ"ט שפותח בטורקיה הודגם בהצלחה בירי חי

16 באפריל 2026

Turkey's KARAOK ATGM validated across close combat and top-attack scenarios with direct hits up to 2 km

חברת Roketsan הטורקית הדגימה בניסויי ירי חיים טילי נ"ט חדש KARAOK. מדובר בטיל בעל התכונות הבאות: נורה מהכתף, שגר ושכח, בעל קוטר 12.5 ס"מ, רש"ק טנדם, אפשרות לתקיפה עילית, טווח עד 2,500 מ'. ללחימה נגד שריון ורכב ונגד ביצורים.

הדגמת הירי בוצעה בתרחישים שונים:

- מטווח 76 מ"מ להוכחת תגובה מהירה במקרה של היתקלות
- בטווח של 400 מ' – העסקת מטרת שריון ביצורים
- בטווחים 1,400 ו-2,050 מטר – תקיפה עילית

הכתבה מדגישה את הכושר הטכנולוגי של התעשייה והערך המבצעי שניתן לצבא הטורקי ולצבאות נאט"ו. אין פרטים על המשך הפעילות בעקבות ההדגמה המוצלחת.



Roketsan demonstrated its KARAOK short-range anti-tank missile by achieving four direct hits across combat-relevant distances from 76 to 2,050 meters, highlighting its close-range lethality and top-attack precision for modern infantry warfare (Picture Source: Roketsan)

יבשה

13. רובוטיקה קרקעית בשדה הקרב האוקראיני: בין הבטחה מבצעית למגבלות טכנולוגיות

20 באפריל 2026

[Robots Just Captured a Russian Position in Ukraine—but Don't Worry About Real-Life Terminators Just Yet]

השימוש הגובר של אוקראינה ברובוטים קרקעיים מסתמן כמרכיב משמעותי במאמץ הביטחוני שלה, אולם הניתוח המקצועי של שדה הקרב מלמד כי בעתיד הנראה לעין תרומתם המרכזית תישאר בתחומי הסיוע הלוגיסטי וההנדסי ולא בתחליף ישיר ללוחמי החי"ר. למרות רגעי שיא סמליים כמו כיבוש עמדות אויב באמצעות רובוטים, עומדים בפני שילובם המלא בלחימה בחזית מכשולים פיזיים וטכנולוגיים כבדי משקל.



A soldier operates a ground robotic complex during trials at a training ground on April 10, 2026. Photo by Dmytro Smolienko/Ukrinform/NurPhoto via Reuters

המכשול הראשון נוגע ליכולת הניווט והעבירות בתנאי שטח מורכבים; בעוד שהמכונות מפגינות יכולות מרשימות בתצוגות בסביבה מבוקרת, שדה הקרב הדינמי מציב אתגרים ומכשולים שחיילי חי"ר אנושיים חוצים באמצעות טיפוס, זינוק או צליחה ללא סיוע חיצוני. רוב הרובוטים הקרקעיים הנוכחיים מבוססים על גלגלים או זחלים בשל פשטות מכנית ושיקולי עלות וזמינות חלקי חילוף, אך אמצעים אלו מוגבלים מאוד בסוגי השטח שהם יכולים לעבור, במיוחד כאשר הם נדרשים לתקוף נקודות תורפה מבוצרות שאינן נגישות בדרכים סלולות. המכשול השני הוא הסביבה האלקטרומגנטית העוינת. רוב הכלים המוגדרים כרובוטים מופעלים מרחוק ומחייבים קשר רציף עם המפעיל. קישוריות רדיו חשופה לשיבושים מצד האויב ולהפרעות הנובעות מתנאי מזג אוויר וטופוגרפיה. שימוש בסיבים אופטיים אמנם מקנה חסינות לשיבושים אלקטרוניים, אך מגביל פיזית את טווח הפעולה וחשוף לקריעה כתוצאה מפיצוצים, רסיסים או תנאי שטח קשים. פתרון האוטונומיה המלאה, שעשוי לפתור את בעיית הקישוריות, נותר אתגר עצום; ניווט אוטונומי בסביבה מורכבת דורש כוח עיבוד אדיר שמייקר משמעותית את המערכת אם יוצב על גביה, או יחזיר את בעיית פגיעות הקשר אם יתבצע מרחוק. למרות אתגרים אלו בחזית הלחימה הישירה, הרובוטים הקרקעיים מוכיחים יעילות יוצאת דופן בתפקידי תמיכה קריטיים שבהם יתרונותיהם עולים על חסרונותיהם. אוקראינה עושה בהם שימוש נרחב לפינוי נפגעים, אספקת ציוד לקווים קדמיים, הנדסה קרבית, והנחה או פינוי של שדות מוקשים. במשימות אלו, הממדים הקטנים של הרובוטים, העלות הנמוכה יחסית והפרופיל הנמוך שלהם בהשוואה לרכבים מאוישים, מקשים על האויב לזהותם ולפגוע בהם. אף שהפעלה מרחוק אינה חוסכת בכוח אדם, היא מבטיחה שאובדן הכלי כתוצאה מאש אויב לא ילווה באובדן חיי אדם. עבור אוקראינה, המתמודדת עם נחיתות מספרית ומציאות שבה כמעט כל תנועה בטווח של 20 ק"מ מקו החזית חשופה לאיום מיידי, החלפת לוחמים ברובוטים זולים וניתנים להחלפה היא צורך אסטרטגי הישרדותי. עם זאת, המסקנה המקצועית היא כי בשלב זה של הטכנולוגיה, הרובוטים ימשיכו לתמוך במאמץ המלחמתי ולייעל אותו, אך לא יוכלו להוביל את הלחימה במקום לוחמי החי"ר.

[יבשה]

14. תחמושת Varmint הופכת רובים תקניים לקוטלי רחפנים

19 באפריל 2026

[Varmint round turns NATO rifles into drone killers]

Drone Round של חברת Drone Round Defense היא תחמושת ייעודית ההופכת רובים בתקן NATO (5.56 / 7.62) לבעלי יכולת נגד רחפנים C-UAS מיידית, באמצעות פיזור תתי-קליעים (multi-projectile) המדמה אפקט של רובה צייד, ללא שינוי בנשק.

חדשנות טכנולוגית:

- 5–8 תת-קליעים במחסנית רובה סטנדרטית
- שילוב בין דיוק רובה לפיזור רובה צייד
- ללא צורך בשינוי נשק/פלטפורמה
- תואם לרובי סער ולנשקים מוזני שרשרת
- ניתן לשימוש עם משתיקי קול

ביצועים מבצעיים (נגזרים):

- טווח אפקטיבי: ~50–100 מטר נגד רחפנים
- עלייה משמעותית בהסתברות פגיעה P(hit)
- יצירת "fire screen" ליירוט רחפני FPV
- קצב אש גבוה (בהתאם לפלטפורמה)

סטטוס והמשך:

- אימוני היכרות בצבא כבר מתבצעים
- פוטנציאל להטמעה רחבה בטווח קצר
- פיתוחים עתידיים אפשריים לשיפור טווח/דיוק

Drone Round מציע פתרון "good enough" חכם וזול לבעיה בוערת – יירוט רחפנים ברמת החייל. מדובר בגישה מבוזרת, סקיילבילית ומהירה ליישום, עם פוטנציאל להפוך לסטנדרט משלים בארסנל C-UAS הטקטי.



Source: Drone Round Defense

יבשה

15. צרפת: רקטה לטווח 150 ק"מ כפתרון אירופי חלופי ל-GMLRS

30 באפריל 2026

France fires first THUNDART rocket to build sovereign HIMARS

חברות MBDA ו-Safran הצרפתיות פיתחו רקטה חדשה THUNDART לתקיפות לטווח 150 ק"מ וערכו ניסויי ירי מוצלחים. התוצאות מאפשרות להיכנס לייצור סדרתי ולהתחיל אולי אספקה סדרתית משנת 2029. מתכוונים לייצר אלפי רקטות ו-26 משגרים עד 2035. הצרפתים רואים בפיתוח זה הישג אירופי לקראת עצמאות ואי-תלות בנושא זה בארצות הברית – כידוע "משפחת GMLRS" שולטת בנאט"ו.

התכונות העיקריות של הרקטה הצרפתית:

טווח: 150 ק"מ, משקל הרש"ק: 100 ק"ג, המנוע – דלק מוצק מפיתוח של חברת Rokel (שייכת ל-MBDA), הנחייה אינרציאלית חסינה לשיבושים לתקיפה של מטרות נעות ונייחות, מהירות על-קולית.

המשגר הצרפתי המתוכנן: על משאית 8x8 (צרפתית) אוטונומית, מיועד לשיגור 4 רקטות (ב-2 מכלים), עם מערכת בקרת אש, פיקוד ובקרה – בארכיטקטורה של ATLAS– Artillery Tactical and Logistic System לאינטגרציה עם מערכות צבא צרפת. ניתן לשגר את הרקטה ממשגרים התקניים בנאט"ו "HIMARS" (של המערכת האמריקנית GMLRS) וגם ממשגרים של מדינות ידידותיות כמו CHUMMOO הקוריאנית, PULS של אלביט.

הערה: פורסם במקום אחר, שארה"ב אוסרת שימוש ב-HIMARS לשיגור הרקטות הצרפתיות – לפי ITAR (International Traffic in Arms Regulations).



יבשה

16. אוקראינה: צריח מופעל ע"י בינה מלאכותית מיירט רחפנים

12 במאי 2026

Ukraine Fields AI Turrets That Can Destroy UAVs With a Single Button Press

באוקראינה פותח צריח קרבי המאפשר, בפעולה אוטונומית, לעקוב ולחסל כלי טיס ורחפנים תוקפים, המופעלים בסיב אופטי. הצליחו לפתח מערכת מבוססת בינה מלאכותית כדי להתגבר על האיום וזאת בלחיצת כפתור אחת. המערכת מבוססת על אמצעים אופטיים ומשתמשת בבינה מלאכותית כדי לזהות, לעקוב ולחשב באופן אוטונומי את נתיב הטיסה של רחפנים, כאשר המפעילים נדרשים רק לאשר את תקיפתם באמצעות לחיצה אחת על כפתור. העיצוב הקומפקטי כולל מערך חיישנים אופקי עם שלוש עדשות עגולות בולטות המוחזקות מתחת למעטפת מגן.

קטעי וידאו שפורסמו הראו את הצריח מיירט בהצלחה רחפנים של האויב, דבר המצביע על מוכנות מבצעית בתנאי לחימה אמיתיים. המערכת היא חלק מגישת ההגנה האווירית המתרחבת של אוקראינה. מטרתה להגן על כוחות בחזית מפני מגוון הולך וגדל של איומים אוויריים בלתי מאוישים.

"המטרה המרכזית שלנו כעת היא להרחיב את הפיתוח של פתרונות מוכנים בחזית במהירות האפשרית", אמר שר ההגנה האוקראיני. "הצעד הבא הוא להרחיב את הפתרון ולחזק את ההגנה האווירית 'בקנה מידה קטן'. זהו אלמנט נוסף במערכת שאנו בונים כדי למקסם את הגילוי והיירוט של מטרות אוויריות של האויב". הצריח הקומפקטי פותח על ידי משתתפים באשכול החדשנות Brave1. המערכת ערכה את הופעת הבכורה הקרבית בשיתוף עם חטיבת K-2 וכעת היא פרוסה ביותר מ-10 יחידות צבאיות הפועלות במגזרים ואזורים קריטיים. באמצעות שיתוף פעולה בין המפתחים Brave1, ואנשי צוות בחזית, המערכת עברה, על פי הדיווחים, מאבטיפוס מוקדם לפריסה מבצעית בפרק זמן קצר יחסית.



יבשה

17. צבא ארה"ב צופה ל"חבילת יכולות אוטונומיות" מעבר לפלטפורמות רובוטים ורחפנים

15 במאי 2026

Army's autonomy office looks beyond drone, robot platforms to 'packages of capability'



חיילי צבא מתאמנים עם רובוטים חמושים ניסיוניים כחלק מפרויקט Origin בשנת 2022

מוקדם יותר השנה, הצבא הקים את המשרד המִנהל של תוכנית היכולות לאוטונומיה של משימות [CPE] (Capability Program Executive Mission Autonomy) כדי לשלב בין כל הפעולות הבלתי מאוישות בצבא, החל מרחפנים ועד רובוטים.

המשרד החדש לא יבנה או ירכוש מערכות כאלה, אלא ישלבן ב"חבילות של יכולות" שיאפשרו למפקדים להטיל עליהן משימות לפי הצורך, אמר ראש תוכנית CPE Mission Autonomy .

המוקד הראשוני יהיה לפתח חבילות אוטונומיה כאלה בתחום הנדסת קרבית, שבה חבלנים נדרשו באופן מסורתי להכין את השטח בפִּרצה לפני תקיפה קרקעית, משימה הנחשבת לאחת המסוכנות ביותר בצבא והיא בשלה לאוטונומיה. כך גם בתחומי אש ולוגיסטיקה.

"חבילות יכולות" אלו, ישתמשו ב"גישה של מערכת של מערכות" המאפשרת למפקד להטיל עליהן משימות "בדומה למצב בו היה מטיל על יחידה מאוישת".

המטרה של חבילות אוטונומיה של משימות אלו היא יכולת לפרש את כוונת המפקד, ולאחר מכן לתכנן, לבצע ולהתאים את עצמן בהתאם לשינוי תנאיי שדה הקרב.

"כאשר תתממש, יכולת זו תוכל להבין ולתרגם את הכוונה האנושית לתוכניות משימה ולביצועה, ולבצע מחדש משימות באופן דינמי לפי הצורך" בהתבסס על גורמים כמו שטח ומצב האויב.

כיוון שהאחריות של CPE Mission Autonomy חוצה כל כך הרבה אזורי משימה וקהילות משתמשים בצבא, קביעת סדרי עדיפויות ברחבי השירות היא "אתגר גדול". התשובה היא שפיקוד האימונים והדוקטרינה של הצבא מסייעים לבחון קהילות משתמשים שונות ולקבוע היכן הארגון החדש צריך להתמקד.

כפי שצוין, הנדסת לחימה אוטונומית לפעולות ניידות ומניעת-ניידות, כמו גם החלפה, הזזה ועיצוב מכשולים, נמצאת בראש הרשימה. מתן אש במקום השני, החל מחיבור מערכות שכבר קיימות בצבא ויכולות שדה שהודגמו במשך שנים, כולל זיהוי מטרות אוטומטי ואלגוריתמים של דרישה לאש. לדברי ראש התוכנית, "הטכנולוגיות האלה בוגרות והן פשוט חותכות לרוחב. אף אחד לא מחזיק בהן. אנחנו אומרים שאנחנו הבעלים של המרחבים האלה."

שלישית, קיימות (sustainment), במיוחד אספקה מחדש בדרגים ופינוי נפגעים. נעשים מאמצים רבים ומתמשכים, כולל תוכנית מערכת כלי רכב לתובלה אוטונומיים והדגמות של אספקה מחדש אוטונומית מספינות לחוף, באמצעות כלי שיט בלתי מאוישים ורובוטים קרקעיים.

באזורים שנויים במחלוקת, הצבא כבר לא יכול להניח שהוא תמיד יוכל להעביר אנשים ואספקה כפי שעשה בעיראק ובאפגניסטן. עבור פינוי נפגעים, מערכות בלתי מאוישות עשויות לא להיות התשובה המועדפת, אך הצבא זקוק לאפשרויות כאשר מסוקים או נכסים מסורתיים אחרים אינם יכולים להגיע בבטחה לחיילים פצועים.

תחומי משימה נוספים יבואו בעקבותיהם. משימות הקשורות לתמרונים, כגון מודיעין, מעקב וסיור, כמו גם פיקוח ושמירה על קשר עם מערכות מאוישות, עדיין נמצאות בשלב המדע והטכנולוגיה, אך עשויות לעבור לעדיפות גבוהה יותר בהמשך.

גורם מַפְתֵּחַ יהיה ארכיטקטורה פתוחה. יש לעודד את התעשייה לבנות ממשקים פתוחים המכונים API (Application Programming Interface) ולהימנע מממשקים קנייניים, במיוחד עבור מטעדי נשק נגד כטמ"מים, לוחמה אלקטרונית ומטעני נשק.

בסופו של דבר, CPE Mission Autonomy תפתח ארכיטקטורת ייחוס שתאפשר לצבא לשלב פלטפורמות, מטענים וטכנולוגיות מאפשרות חדשות "בתוך שבועות או אפילו ימים", במקום חודשים או שנים.

יבשה

18. גרמניה: הכרב"ם Ziesel ירה טילי Spike בניסוי נרחב

19 במאי 2026

Diehl's Ziesel UGV Fires Spike Missiles in Major Live-Fire Test



הכרב"ם Ziesel של Diehl

החברה הגרמנית Diehl Defence ביצעה בהצלחה ניסוי ירי של טילי נ"ט מדגם Spike LR מהכרב"ם שלה, Ziesel, במהלך ניסוי בן חמישה ימים. הרכב הזחלי שיגר 17 טילים במהלך הניסוי, ואימת את יכולתו להתמודד עם העומס המבני של ירי טילים חוזר ונשנה בתנאי מבצע. הניסויים בוצעו עם החברה הישראלית רפאל עם EuroSpike GmbH, המיזם המשותף שעומד מאחורי מערכת הטילים Spike. מבצע הירי מגיע כשלושה חודשים לאחר שתצורת הרכב Ziesel המצוידת בטילים הוצגה לראשונה בפומבי בתערוכת Enforce Tac 2025 בגרמניה.
Diehl מתארת את Ziesel כגרסה משודרגת של עיצובי הכרב"מים הקודמים שלה, שנבנו עבור כמה תפקידי שדה קרב, כולל תמיכה לוגיסטית, פינוי נפגעים ומשימות לחימה חמושות.
גודלו של הרכב הוא 1.3x1.6 מטרים והוא ויכול לשאת מטענים העולים על 500 ק"ג, תוך פעולה במהירויות של עד 20 קמ"ש, באמצעות הנעה חשמלית.
הפלטפורמה משלבת גם את חבילת האוטונומיה PLATON של Diehl, המאפשרת לה לנווט בשטח ובמכשולים תוך מזעור התלות בחיישנים פעילים הפגיעים לגילוי אויב או להפרעות לוחמה אלקטרונית.
לדברי החברה, Ziesel כבר עובר בדיקות והערכה מבצעיות עם מספר כוחות צבא, כולל משתמשים בגרמניה ובאוקראינה.

יבשה

19. רובוט ניתן לזריקה, למשימות בסיכון גבוה

20 במאי 2026

Teledyne Introduces Throwable Recon Robot for High-Risk Entry Missions
חברת Teledyne FLIR Defense חשפה, במסגרת כנס הכוחות המבצעים המיוחדים בפלורידה, רובוט קרקעי הניתן לפריסה ידנית, וגם להטלה מרחפן, המציע פתרון גמיש של "ראשון נכנס" לחיילים שפרקו מהפלטפורמה, לצמצום הסיכון לכוח הנכנס.
הרובוט במשקל 3 ק"ג, המכונה FirstLook 125, מספק נתונים חזותיים, תרמיים ושמע בזמן ניווט בשטח מורכב.
התכנון הרובוסטי שלו יכול לשרוד נפילות של 5 מטר, להתיישר באופן מיידי ולתמרן דרך חללים צרים, כולל גרמי מדרגות, הריסות ומשטחים לא אחידים אחרים באמצעות זרועות טיפוס "פליפרים" מפרקיים.
הפלטפורמה מצוידת במצלמה אלקטרו-אופטית/תת-אדום משופרת, תאורה משולבת ושמע דו-כיווני לתמיכה בפעולות בסביבות תאורה חלשה, צפופות ובעלות הפרעות גבוהות.

הרובוט משתמש גם בקישוריות מוצפנת בעלת השהייה נמוכה כדי לשמור על מודעות מצבית ולתמוך בקבלת החלטות מהירה יותר בשדה הקרב.

FirstLook 125 חולק אותו בקר וארכיטקטורה תפעולית עם הננו-רחפן Black Hornet 4 של Teledyne, המאפשר למפעיל יחיד לנהל את פלטפורמת הקרקע לצד מערכות אוויריות מבלי להחליף ציוד. החברה הצהירה כי תכונת הקומונליות תומכת במעברים מהירים בין מעקב במרחב פנימי וחיצוני תוך שמירה על מעקב רציף בין תחומים.

סרטון



מקור: Teledyne FLIR Defense. FirstLook 125

יבשה

20. אוסטרליה: מיגון נגד רחפנים לרכבי שטח קרביים

26 במאי 2026

Amid FPV threat, Aussie company to offer Ukraine armored roofs for ATVs

החברה האוסטרלית Andvare VI Defence Industries פרסמה כי היא הקימה מיזם משותף עם יצרנית הרכב Polaris Government and Defense כדי לפתח אבות טיפוס של ערכות מיגון נגד רחפנים. המטרה היא לספק מערכות אלה ליחידות אוקראיניות לצורך הגברת השרידות המבצעית בזירת הלחימה, בהתמודדות מול רחפנים תוקפים.

הפתרון מתבסס על תוספות מיגון קלות משקל עבור חלק הגג של כלי רכב מדגמי MRZR D2 ו- D4- ובקרוב יושק גם בפלטפורמת MRZR Alpha - המערכת מספקת הגנה עילית (מעל הראש), בהיקף של עד שני מטרים רבועים. לטענת החברה ערכת מיגון זו שוקלת פחות מפתרונות מתחרים. בכך היא מפחיתה את המגבלות של עומס יתר על הרכב. הערכה כוללת גם "וילון קרמי" משוריין המכסה את חלקו האחורי של הרכב, המסוגל גם להגן על החיילים מפני תחמושת משוטטת הפוגעת ברכב במהירויות של כ-200 קמ"ש .

הסכסוך באוקראינה הדגיש את היעילות - ואת הקטלניות - של רחפנים קטנים, שיכולים "לצוד" חיילים או כלי רכב בודדים. כיום בכל הצבאות לומדים את משמעות האיום ומחפשים פתרונות יעילים כנגדו.



בתמונה: חיילי מארינס בתרגיל עם רכבי MRZR D4s

יבשה

21. חברת Galvion הציגה קסדת לוחם "חכמה"

22 במאי 2026

[Galvion Advances Smart Combat Helmet Concept With "CORTEX EVO"]

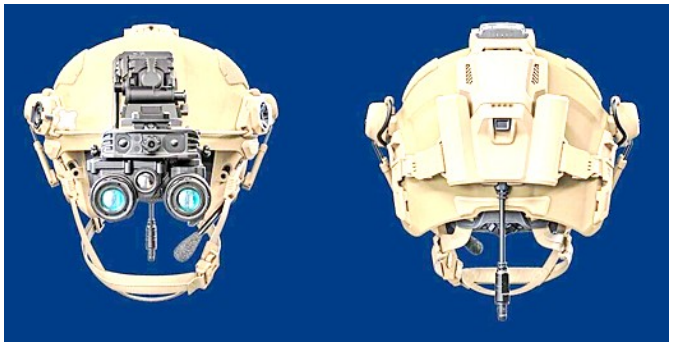
במהלך Operations Forces Week 2026, זכתה חברת Galvion לתשומת לב רבה כאשר הציגה קסדת לוחם המשמשת הרבה יותר מאמצעי הגנה. המערכת הנקראת CORTEX EVO משלבת בקסדה מקור הספק חשמלי, העברת נתונים ויכולת עיבוד נתונים. בצורה זו מקטינה את התלות בחומרה חיצונית ומפשטת את האינטראקציה עם מערכות משימה.

במרכז הארכיטקטורה משולבת תוכנת AlertCentr, אשר מספקת נתוני משימה דרך הקסדה ומאפשרת למפעיל לנהל את הנתונים ברמה האישית.

לדברי החברה, הקסדה מורכבת מיחידת הגנה בליסטית שבה משולבים מקור הספק ויכולת העברת נתונים וקליפת הגנה לראש הלוחם הבנויה מחומרים מרוכבים ובנויה לפי הסטנדרטים הנדרשים לגודל, משקל ומיגון. מערך עיבוד ותצוגת הנתונים בנוי בארכיטקטורה פתוחה וכך מאפשרת שילוב TAK ווידיאו, הזנה מחיישנים ואמצעי ניווט ויכולת קישוריות דיגיטלית. בנוסף המערכת תומכת בפונקציות גילוי וזיהוי שמטרתן שיפור מודעות מצבית.

על מנת להרחיב את יכולות הקסדה החכמה, חברה Galvion למספר חברות הפועלות בתחום תעשיית הביטחון. אלה כוללות את Sentinel Photonics התורמת בתחום גילוי איומי לייזר וחברת Adventure Lights תורמת בתחום זיהוי עמית וגם יכולות זיהוי מקורות לייזר. Thermoteknix מסייעת בשילוב הדמיות וחברת Distance Technologies מספקת יכולות הגברת ראייה.

לדברי Jonathan Blanshay, מייסד ויו"ר Galvion, התכנון עבור "החייל הדיגיטלי" דורש מודולריות, יכולות הרחבה ושדרוג, ו"המענה שלנו ב EVO עונה על שלושת דרישות אלה". בנוסף לחברה ניסיון רב במחקר ופיתוח, וניסיון באספקה של מיליוני קסדות.



מראה קדמי ואחורי של הקסדה החכמה

[יבשה]

22. מערכת מסתובבת היכולה לפגוע ברחפנים בכל כיוון

19 במאי 2026

[Firing From Every Angle: US Startup Introduces Rotating Counter-Drone Turret]

סטארט-אפ אמריקני מציע פתרון חדש להגנה מפני רחפנים לטווח קצר, באמצעות מערכת צריח מסתובבת שנועדה להתמודד עם איומים אוויריים ב- 360 מעלות. "Inferno RTC", שפותח על ידי Picket Defense Systems, מתבסס על עיצוב כדורי עם מספר קני תחמושת המקובעים בזוויות גובה שונות, המאפשרים לו לפגוע במהירות במטרות המתקרבות מכיוונים שונים.

הצריח מגיע בשני גרסאות. התצורה הקטנה יותר שוקלת 20 קילוגרם ונושאת 36 קנים המסוגלים לירות קליעי 5.56 מ"מ, פגזי 0.410 ותחמושת gauge-20. הגרסה הגדולה יותר שוקלת 41 קילוגרם וכוללת 54 קנים, המגיעים עד ל gauge-12 ו-40 מ"מ במהירות נמוכה. שתי הגרסאות יכולות לזהות מטרות בטווחים של עד 120

מטרים. המערכות בנויות מרכיבי שרף מודפסים בתלת-ממד כדי להפחית משקל ועלויות ייצור בהשוואה לעיצובים מסורתיים מבוססי פלדה. על פי החברה, גישת זו מאפשרת ייצור מהיר יותר, ותומכת בפריסה מהירה של מערכות נגד רחפנים בשטח.

מערכת Inferno RTC משלבת חיישנים מובנים המסוגלים לזהות איומים ולבחור את הקנים האופטימליים לתקיפה, ובכך להפחית את עיכוב הכיוון שעומד בפני צריחים קונבנציונליים כאשר הם מסתובבים מכנית לעבר מטרה. הגילוי מתבצע באמצעות שילוב של מערך מיקרופונים אקוסטי תלת-ממדי ומצלמות מרובות, המאפשרות מעקב פסיבי ללא פליטות מכ"ם שעלולות להתגלות. תהליך ההכוונה נתמך על ידי בינה מלאכותית מובנית שנועדה לזהות ולתעדף רחפנים עוינים בזמן אמת מבלי להסתמך על רשתות חיצוניות.

מעבר לתחמושת קונבנציונלית, הצריח יכול גם לפרוס רשתות, מסנווי לייזר ורימוני עשן ובכך ל- Inferno RTC יש גמישות תפעולית רחבה יותר עבור משימות כגון אבטחת גבולות, הגנה על תשתיות עירוניות ותרחישים שבהם מזעור נזקים נלווים הוא קריטי. לפי החברה הצריח יוכל להתמודד עם רחפנים מונחי סיב אופטי.



יבשה

23. פיתוח של תחמושת 5.56 שתאפשר ירי לטווח כפול מהמקובל

1 ביוני 2026

US special forces launches HICAR hypervelocity ammunition program to double M4 carbine range

מפקדת הכוחות המיוחדים של צבא ארה"ב (USSOCOM) יזמה תוכנית לפיתוח של תחמושת 5.56 מ"מ הנורית בלחץ גבוה, כדי לאפשר הכפלת הטווח האפקטיבי של הרובים התקניים שלהם M4A1 (קרבין). שם התוכנית HICAR (Hypervelocity Improved Capability Assault Rifle). מדובר באפשרות לירי אפקטיבי של תחמושת 5.56 מ"מ לטווח של 600 מטר!

צבא ארה"ב עובר בהדרגה (גם נאט"ו) לקליבר 6.8 מ"מ בין היתר מסיבה זו של טווח יעיל. אבל הכוחות המיוחדים מעדיפים להישאר בקליבר 5.56 שעד היום שולט בשוק הנשק המערבי. (אחת הסיבות היא משקל התחמושת, אך גם הצורך להצטייד ברובים מסוג חדש).

להשגת הטווח המוגדל, דרוש להעלות את לחצי הירי ל-62,000 psi ו-82,000 psi , דבר המחייב שינויים מסוימים ברובים. לפי התוכנית שעובדה, יידרשו השינויים הבאים ברובים: גוף עליון חדש, קנים עמידים בלחץ גבוה ועוד, אבל המגמה היא להישאר עם המכלולים הסטנדרטיים כיום בקליבר 5.56 כגון מחסניות, אביזרי כינון וכו'.

הכתבה מונה מספר דרישת לגבי מערכת הנשק HICAR כגון:

אורך קנים 30 ס"מ; משקל ללא סתרשף 3.6 ק"ג מקסימום (רצוי 3), אורך כולל 79 ס"מ (רצוי 71), מחסניות סטנדרטיות, מסילות לכוונות. הוגדרו גם: רמת דיוק ופיזור, תנאי סביבה קיצוניים, אמינות ועוד.

יצרני הנשק יצטרכו להתאים את הייצור החדש לדרישות מבחינת חומרים, טיפולי שטח וכו'.

כל המערך הקיים במערב על בסיס 5.56 יוכל להשתמש כמובן גם ברובי HICAR.

לפי התוכנית, הדגמות ירי בתחמושת החדשה שתסופק ע"י הצבא יערכו בספטמבר השנה.

יבשה

אוויר והגנ"א

24. קוריאה הדרומית: השקת ייצור מטוס הקרב KF-21

27 במארס 2026

[South Korea's KAI rolls out first production KF-21 fighter jet]

תוכנית KF-21 Boramae של Korea Aerospace Industries (KAI) מסמנת מעבר אסטרטגי של קוריאה הדרומית לעצמאות תעשייתית בתחום מטוסי הקרב, תוך פיתוח פלטפורמה דור 4.5 מתקדמת עם פוטנציאל שדרוג עתידי. חשיפת המטוס הסדרתי הראשון מהווה שלב קריטי במעבר מפיתוח לייצור ולהצטיידות מבצעית.

מאפיינים טכנולוגיים מרכזיים:

- דור 4.5 רב־משימתי: שילוב יכולות אוויר־אוויר ואוויר־קרקע (במיוחד ב־Block 2), עם פלטפורמה מתקדמת אך בעלות נמוכה יחסית לדור 5.
- אינטגרציה היברידית: שילוב חיישנים וחימושים מקומיים ומערביים (כגון MBDA Meteor, KGGB), המאפשר גמישות מבצעית ושיווקית.
- ארכיטקטורה מתפתחת (Block upgrades): מעבר מדורג מ־Block 1 (עליונות אווירית) ל־Block 2 (תקיפה קרקעית), עם פוטנציאל לשדרוגים עתידיים.
- השקעה בטכנולוגיות ליבה: דגש על פיתוח מנועים, חומרים ורכיבים – בסיס ליכולת עצמאית ארוכת טווח.

ערך מבצעי:

- החלפת פלטפורמות ותיקות: החלפת F-4 Phantom ו־KF-5 Tiger II משפרת משמעותית את כשירות חיל האוויר (RoKAF).
- איזון עלות-ביצועים: פתרון ביניים בין דור 4 לדור 5, המספק יכולות מתקדמות בעלות נמוכה יותר ממטוסי חמקן מלאים.
- גמישות משימתית: התאמה למגוון רחב של תרחישים מבצעיים.

KF-21 Boramae הוא מהלך אסטרטגי שמחזק את העצמאות הביטחונית והתעשייתית של קוריאה, תוך יצירת פלטפורמה תחרותית בשוק הבינלאומי. השילוב בין חדשנות הדרגתית, עלות מבוקרת ופוטנציאל יצוא מציב את התוכנית כבעלת ערך טכנולוגי וכלכלי משמעותי.



Source: Korea Aerospace Industries

אוויר והגנ"א

25. מטוס אימון חדש לחיל הים האמריקני

30 במארס 2026

Navy unveils final RFP for new trainer aircraft to replace T-45 Goshawk

חיל הים האמריקני פרסם את בקשת ההצעות הסופית (RFP) עבור תוכנית Undergraduate Jet Training System (UJTS), במטרה לבחור מטוס אימון מדור חדש להכשרה בינונית ומתקדמת של טייסי חיל הים וחיל הנחתים. UJTS יחליף את צי T-45 Goshawk, המשמש כיום להסמכת טייסים לנחיתה על נושאות מטוסים.

בעוד T-45 תוכנן לנחיתה על נושאות מטוסים, UJTS החדש לא יידרש לכך. לפי תוכניות חיל הים, המטוס החדש לא ישמש לאימוני נחיתה על נושאות או לאימוני Field Carrier Landing Practice (FCLP) הכוללים נגיעה במסלול המדמה נחיתה על נושאת.

חיל הים כבר ציין בעבר כי יבטל את דרישת FCLP לנחיתה מלאה, כאשר במסמך RFI מ־2025 נקבע כי מטוס UJTS יידרש לבצע FCLP רק עד שלב "wave off" (הפסקת נחיתה). כתוצאה מכך, התעשייה נדרשת להציע יכולות סימולציה ייחודיות שיכינו טייסים לנחיתות על נושאות מטוסים.

לפי הדרישות, הצעות לשלב הפיתוח ההנדסי והייצורי (Engineering and Manufacturing Development – EMD) בעלות כוללת של מעל כ־1.8 מיליארד דולר ייחשבו בלתי סבירות וייפסלו. בנוסף, העלויות הראשוניות לשלב זה מוגבלות ל־52.8 מיליון דולר בשנת 2027 ול־181 מיליון דולר בשנת 2028.

חיל הים מתכנן להעניק את החוזה במארס 2027, ולרכוש בסך הכול 216 מטוסים. לפי Aviation Week, צפויה רכישת ארבעה מטוסי EMD לפני תחילת ייצור ראשוני בקצב נמוך (Low-Rate Initial Production – LRIP) של שבעה מטוסים בשנת 2032, עם עלייה ל־25 מטוסים בשנה החל מ־2035. בין החברות הצפויות להתמודד במכרז: Boeing, Lockheed Martin, ו־SNC בשיתוף עם Northrop Grumman ו־General Atomics Aeronautical Systems Inc.

במקביל לקידום תוכנית UJTS, הודיע Naval Air Systems Command (NAVAIR) כי שני מטוסי T-45 הראשונים נכנסו לתוכנית הארכת חיים (Service Life Extension Program – SLEP), כאשר שדרוג הצי צפוי להימשך עד 2036, כדי לשמור על כשירותו עד להחלפה מלאה.

אוויר והגנ"א

26. יפן: כטב"ם צבאי בנוי כולו מקרטון

31 במארס 2026

Japan just built a military drone entirely out of cardboard

יפן בנתה כטב"ם צבאי העשוי כולו מקרטון. הוא טס במהירות של 100 מייל לשעה (160 קמ"ש), והוא עשוי להיות אחד מעיצובי הכטב"ם החכמים ביותר שנוצרו. הכטב"ם מכונה AirKamuy וזה מה שהופך אותו לכל כך מבריק:

- מגיע שטוח בתוך קופסת קרטון
- מורכב תוך 5 דקות בלבד
- ניתן לייצור בכל מפעל קרטון בעולם
- משוגר גם מסירה
- טס במהירות של 100 מייל לשעה (160 קמ"ש) למרחקים ארוכים
- עולה רק חלק קטן מהעלות של כטב"ם קונבנציונלי
- שרשרת אספקה ניתנת להרחבה כמעט בלתי מוגבלת
- ללא מפעלים מיוחדים. ללא סיבי פחמן. ללא לוגיסטיקה מורכבת.

- רק קרטון, מנוע וכנף בהתקנה מהירה.

מנכ"ל החברה סיכם זאת כך: "קיים ביקוש גבוה לכטב"מים זולים שיכולים לפעול בכמויות גדולות ולמרחקים ארוכים. ניתן לייצר את המודל הזה בכל מפעל קרטון, מה שמבטיח יכולת ייצור המונית גבוהה." המלחמה באוקראינה הוכיחה שנחילי כטב"מים זולים גוברים על מערכות יקרות בודדות. יפן למדה את הלקח הזה.
סרטון משולב בידיעה המקורית.
[סרטון נוסף ביוטיוב]
[ידיעה נוספת על הנושא]

[אוויר והגנ"א]

27. שדרוג ל"א למטוס הסיור האסטרטגי U-2

29 במארס 2026

[Electronic warfare upgrade gives Cold War U-2 a new lease on life]
מטוס הסיור האסטרטגי Lockheed U-2 Dragon Lady ממשיך להוות נכס מודיעיני רלוונטי גם בעשור השמיני לשירותו, הודות לארכיטקטורה מודולרית המאפשרת שדרוגים מתמשכים. השדרוג האחרון, AN/ALQ-221 Advanced Defensive System (ADS) מבית BAE Systems , מחזק את שרידות הפלטפורמה מול איומי מכ"ם ולוחמה אלקטרונית מתקדמים.
מאפיינים טכנולוגיים מרכזיים:

- שדרוג לוחמה אלקטרונית (AN/ALQ-221 ADS): שיפור יכולות הגנה אקטיביות מול מערכות מכ"ם מודרניות ואיומי ל"א.
- פלטפורמה מודולרית: יכולת החלפה מהירה של מטענים וחיישנים (superpods, spine pod) והתאמה למשימות מגוונות.
- ביצועי גובה וזמן שהייה: טיסה מעל 70,000 רגל ויותר מ־12 שעות באוויר – יתרון קריטי לאיסוף מודיעין מתמשך.
- דיגיטציה מתקדמת: תא טייס דיגיטלי, מחשב משימה וחיבורי תקשורת לווייניות.
- פלטפורמת ניסוי: שימוש כ־testbed לטכנולוגיות עתידיות (כולל ABMS ויכולות AI).

ערך מבצעי:

- איסוף מודיעין גמיש בזמן אמת: יתרון על פני לווייניים (קבועים במסלול) ורחפנים (מוגבלים בביצועים/שרידות).
- יכולת שהייה (Loitering): ניטור מתמשך של אזורים רגישים.
- התאמה למשימות משתנות: שילוב חיישנים שונים בהתאם לצורך.

השדרוג של U-2 Dragon Lady באמצעות AN/ALQ-221 ADS מדגים כיצד ארכיטקטורה מודולרית מאפשרת הארכת חיים אפקטיבית לפלטפורמות ותיקות. השילוב בין ביצועים ייחודיים, גמישות מבצעית ושדרוגים מתמשכים ממצב את U-2 כפתרון ביניים יעיל עד להבשלת דור המערכות הבא – עם ערך טכנולוגי ומסחרי מובהק.



Source: BAE Systems

[אוויר והגנ"א]

28. מערכת הנעה רב־כיוונית מאפשרת רחפנים זריזים במיוחד

30 במארס 2026

[Omnidirectional propulsion system makes for super-nimble drones]
טכנולוגיית AERIX T-6 של חברת Aerix Systems מציגה פרדיגמה חדשה בהנעת רחפנים – מעבר מהנעה מבוססת הטיה ושליטה עקיפה, להנעה רב־כיוונית (Omnidirectional Propulsion) עם שליטה ישירה בווקטור הדחף. הפלטפורמה AXS-μ1 מדגימה את היישום המלא של הטכנולוגיה, עם ביצועים חריגים בזריזות, תגובתיות ודיוק.

חדשנות טכנולוגית מרכזית:

- דחף וקטורי בזמן אמת: כל יחידת הנעה (AERIX T-6) משנה כיוון דחף באופן עצמאי, ללא צורך בהטיית גוף הרחפן.
- שליטה סימולטנית בתנועה ובאוריינטציה: ביטול התלות ברצף פעולות (הטיה → האצה → ייצוב).
- שיפור דרמטי בזמן תגובה: הפחתת סיכון קריטי להתנגשות במשימות זמן אמת.
- ביצועים גבוהים: מהירות עד 200 קמ"ש (<3 שניות), האצה g3.5, עמידות לרוחות חזקות.
- ארכיטקטורה מודולרית: אפשרות לשלב את הטכנולוגיה כפלטפורמה מלאה (AXS-μ1) או כרכיב (T-6) במערכות אחרות.

ערך מבצעי:

- תמרון קיצוני (Super Agility): תנועה לטרלית ללא הטיה, פניות חדות מיידיות ושינויי כיוון רציפים.
- דיוק גבוה באיסוף נתונים: שמירה על יציבות חיישנים בזמן תנועה.
- פעולה בסביבות מורכבות: יתרון משמעותי באזורים צפופים/סגורים.
- שרידות מבצעית: מסלולי טיסה בלתי צפויים מקשים על גילוי ויירוט.

AERIX T-6 מייצג שינוי יסודי בארכיטקטורת הנעת רחפנים, עם פוטנציאל להפוך לסטנדרט חדש ביישומים הדורשים שליטה מדויקת ותגובה מהירה. השילוב בין ביצועים חריגים, גמישות אינטגרציה ומודל עסקי מודולרי מציב את Aerix Systems כשחקן בעל פוטנציאל גדול בשוק הכטב"מים.



Source: Aerix Systems

אוויר והגנ"א

29. איירבס: כטב"ם יירוט חדש ביצע יירוט כבר בטיסת הבכורה

4 באפריל 2026

Airbus "Bird of Prey" interceptor drone makes catch on first flight

חברת Airbus מציגה את ה-"Bird of Prey" – כטב"ם יירוט סילוני קטן, המיועד להתמודדות עם איום הולך וגובר של כטב"מי התאבדות בינוניים. הפתרון משלב פלטפורמה אווירית זולה יחסית עם טילי יירוט זעירים מדגם Frankenberg Mark I, במטרה לספק מענה חסכוני ומהיר לפריסה.

חדשנות טכנולוגית:

- כטב"ם סילוני קומפקטי (כ-3 מ', 160 ק"ג) עם מהירות גבוהה (עד 300 קשר).
- יכולת נשיאת עד 8 טילי Mark I מסוג fire-and-forget.
- יכולות אוטונומיות: גילוי, זיהוי וסיווג מטרות ללא תלות מלאה במפעיל.
- שילוב אדם בחוג (Human-in-the-loop) לשלב שיגור החימוש.
- אינטגרציה מלאה עם מערכת השליטה והבקרה Airbus IBMS וארכיטקטורת NATO.
- זמן פיתוח מהיר במיוחד – 9 חודשים מרעיון להדגמה.

ביצועים מבצעיים:

- יירוט מוצלח כבר בטיסת הבכורה (הוכחת היתכנות מוקדמת).
- התאמה ספציפית לאיום כטב"ם התאבדות בינוני (טווח ~1.5 ק"מ, ראש קרבי רסס).
- פריסה גמישה באמצעות משגר קרקעי פשוט (launch cradle).

סטטוס והמשך:

- הדגמה מוצלחת בגרמניה (מארס 2026).
- ניסויים נוספים מתוכננים במהלך 2026.
- התקדמות לעבר כשירות מבצעית מלאה (FOC).



Source: Airbus

אוויר והגנ"א

30. המטוס A-10 Warthog נבחן עם גשוש תדלוק אווירי

7 באפריל 2026

[A-10 Warthog Being Tested With Aerial Refueling Probe]

חא"א בוחן שילוב גשוש תדלוק אווירי Probe Refueling Adapter במטוסי A-10 Warthog, המאפשר מעבר מתצורת תדלוק boom המסורתית ליכולת probe-and-drogue. המהלך נועד להרחיב משמעותית את גמישות התדלוק האווירי ולתמוך בתפיסת Agile Combat Employment (ACE).

חדשנות טכנולוגית:

- מתאם מודולרי: התקנה על שקע התדלוק הקיים ללא שינוי מבני עמוק.
- יכולת כפולה (פוטנציאלי): מעבר בין boom ל-probe בהתאם למשימה.
- גמישות תצורה: התקנה/הסרה תוך שעות ע"י צוותי שטח.
- התאמה לפלטפורמות קיימות: מינימום פיתוח – מקסימום מינוף צי קיים.
- אינטגרציה עם C-130: התאמה לפרופילי טיסה נמוכים ומהירויות תואמות.

יתרונות מבצעיים:

- גמישות תדלוק: הרחבת מקורות התדלוק (HC-130, MC-130, KC-130).
- תדלוק בגובה נמוך: הפחתת חשיפה לגילוי ואיומים (A2/AD).
- תמיכה ב-ACE: הפעלה מבסיסים קדמיים קצרים/פגועים.
- הגדלת טווח ושהייה: קריטי למשימות CAS ו-CSAR Sandy.
- הפחתת עומס על מתדלקים KC-135/KC-46: אופטימיזציה של משאבי תדלוק.

היבטי יישום ורכש:

- פיתוח מהיר בשיתוף AATC, ARCWERX ותעשייה.
- אין צורך ברכש פלטפורמות חדשות בטווח הקצר.
- אפשרות לשילוב עתידי עם מתדלק טקטי ייעודי.

זהו פתרון פשוט יחסית, בעל עלות נמוכה ואימפקט מבצעי גבוה, שמספק ל-חא"א יתרון גמישות קריטי בתרחישי לחימה עתידיים, עם פוטנציאל להפוך לסטנדרט בתדלוק טקטי מבוזר.



Source: images are all credited to SMSgt Charles Givens/USAF

[אוויר והגנ"א]

31. כטב"ם סולארי בעל שהייה ממושכת

8 באפריל 2026

AFCENT awards Kraus Hamdani $270M for solar-powered, long-endurance drones

כטב"ם K1000ULE של חברת Kraus Hamdani הוא פלטפורמת ISR סולארית ארוכת־שהייה (Ultra Long Endurance), המיועדת למשימות מודיעין, תצפית וסיור בעלות נמוכה ובפריסה מהירה. חוזה IDIQ בהיקף עד 270 מיליון דולר עם AFCENT מסמן מעבר לרכש גמיש ומבוזר של כטב"ם עמיד וזול יחסית.

חדשנות טכנולוגית:

- הנעה היברידית סולארית: שילוב פאנלים סולאריים וסוללות להארכת זמן השהייה (75+ שעות).
- אופטימיזציית טיסה: דפוסי טיסה חסכוניים באנרגיה בהשראת עופות.
- אוטונומיה מתקדמת: ניהול טיסה ואופטימיזציה בזמן אמת.
- לוגיסטיקה פשוטה: נשיאה ע"י שני אנשים ושיגור מ-SUV.
- הכללת תוכנה מתקדמת: עדכון אלגוריתמים מבוסס נתוני אמת (כולל אוקראינה).

ביצועים מבצעיים:

- שיא שהייה של כ-75 שעות (3 ימים).
- פעילות מוכחת במספר זירות (INDOPACOM, המזרח התיכון, אירופה).
- התאמה לפעולה בתנאי סביבה קשים וטווחים של אלפי ק"מ בחודש.
- שימושים אזרחיים (אנרגיה/נפט) לצד יישומים צבאיים.

K1000ULE מייצג מגמה ברורה בשוק: מעבר לפלטפורמות ISR זולות, אוטונומיות וארוכות־שהייה. השילוב של אנרגיה סולארית, AI ולוגיסטיקה מינימלית ממצב אותו כפתרון בעל ROI גבוה במיוחד בעידן של שחיקה מבצעית ועלויות עולות.



US Army photo

אוויר והגנ"א

32. כנפיים עגולות–למחצה מעניקות ל–Cyclone VTOL סוג שונה של עילוי

7 באפריל 2026

Video: Semicircular wings give Cyclone VTOL a different kind of lift

Cyclone VTOL של חברת HopFlyt הוא כטב"ם היברידי (חשמלי + דלק) עם עיצוב אווירודינמי ייחודי מסוג channel wing (כנף תעלה), המספק עילוי יעיל במיוחד במהירויות נמוכות. הפתרון מיועד לשוקי לוגיסטיקה, אספקה ותפעול באזורים קשים לגישה.

חדשנות טכנולוגית:

- Channel Wing (כנף תעלה) מתקדמת: עם מדחפים, ליצירת עילוי מוגבר במהירות נמוכה.

- תעלות מתכווננות (Pivoting Channels): מעבר בין מצב המראה, שיוט ובלימה.
- הנעה היברידית: שילוב חשמל ודלק לאופטימיזציה בין טווח, יעילות ועלות.
- בקרת טיסה ספרתית: מאפשר יישום רעיונות היסטוריים שלא היו ישימים בעבר.
- תיכון ליעילות אנרגטית: הפחתת צריכת אנרגיה כבר בשלב ההמראה.

ביצועים מבצעיים:

- חיסכון של כ-33% באנרגיה בהמראה לעומת VTOL קלאסיים
- טווח טיסה: ~1,287 ק"מ
- נשיאת מטען: עד ~113 ק"ג
- צריכת דלק נמוכה (<3 גלון/שעה)
- יכולת המראה/נחיתה אנכית עם יעילות משופרת

סטטוס והמשך:

- פיתוח מתקדם והדגמות פעילות
- יעד השקה מסחרית: 2027
- הרחבת יישומים לשווקים אזרחיים וביטחוניים

Cyclone VTOL מציע קפיצת מדרגה ביעילות VTOL באמצעות שילוב חכם של אווירודינמיקה קלאסית וטכנולוגיה מודרנית. אם הביצועים והעלויות יאומתו בקנה מידה מסחרי, מדובר בפוטנציאל פורץ דרך בשוק הלוגיסטיקה האווירית וה-eVTOL.



Source: HopFlyt

אוויר והגנ"א

33. שת"פ אוקראיני-גרמני בפיתוח וייצור כטב"מי תקיפה מבוססי בינה מלאכותית

21 באפריל 2026

Ukraine Expands AI Strike Arsenal With 'Anubis' and 'Seth-X' Drone Pair

חברת Airlogix האוקראינית הציגה שני כטב"מי תקיפה חדשים: "אנוביס" שבנוי למשימות תקיפה עמוקה, ו-"סת'-X" המיועד להתקפות נחיליות. בהתבסס על תמונות זמינות, לאנוביס יש גוף מטוס אווירודינמי חלק בציפוי שחור מט, דבר המצביע על עיצוב המותאם לחתימה ויזואלית וחתימת מכ"ם נמוכות. המאפיין הבולט ביותר שלו הוא תצורת כנף דלתא שעוביה קטן לכיוון האחורי, בשילוב עם מייצב אנכי גדול וסנפירי זנב בזווית ליציבות טיסה משופרת.

ההנחיה הסופית בשלב הביות מבוססת על מערכת בינה מלאכותית של חברת Auterion כדי לאפשר פגיעה במטרות ערכיות, כולל בסביבות בהן אותות GPS עלולים להיות משובשים או לא זמינים. בחלקו האחורי,

אנוביס מצויד במנוע בעירה חשוף ובמדחף בעל שני להבים, תכן שכנראה נועד לאפשר טיסה ארוכת טווח הנדרשת למשימות תקיפה עמוקה.
Seth-X הוא חימוש קומפקטי משוטט קצר טווח, הכוללת תצורת כנף X, עם ארבע כנפיים מלבניות היוצאות מגוף המטוס המרכזי. הוא ככל הנראה מופעל על ידי מנוע חשמלי שקט ומדחף אחורי קטן, עם עיצוב קל משקל ונייד המיועד לפריסה טקטית מהירה נגד חיל רגלים וכלי רכב משוריינים קלים. המערכת תומכת גם בפעולה בנחילים, דבר המאפשר למפעיל יחיד לפרוס ולנהל מספר יחידות בו זמנית כדי להציף אזור יעד.
אנוביס וסת'-אקס הן בין המערכות הכלולות בהזמנת ייצור במסגרת המיזם המשותף של אוטריון ואיירלוגיקס עבור כמה אלפי פלטפורמות תקיפה אוטונומיות. לאחר שיהיו מבצעיים, צפויים הכטב"מים לסייע לכוחות אוקראינה בנטרול איומים טקטיים ושיבוש פעולות קרקעיות של הרוסים.
הייצור יתקיים בגרמניה, והחברות מתארות זאת כהזמנה הגדולה ביותר עד כה של כטב"מי תקיפה אוטונומיים כבדים במדינה.
התמונות צולמו בביקור של נשיא אוקראינה, זלנסקי, וראש ממשלת גרמניה, מרץ , במתקני החברה.





[אוויר והגנ"א]

34. IARPA בוחנת בניית מנועי כטב"ם מחומרים ביולוגיים מתכלים

21 באפריל 2026

[U.S. intelligence agency launches biodegradable drone research]
הבעיה הטכנית המרכזית שסוכנות המחקר של מערכת המודיעין האמריקנית IARPA מנסה לפתור היא פשוטה מבחינה רעיונית אך מאתגרת לביצוע: לבנות מנועי כטב"מים מחומרים שפועלים בצורה אמינה במהלך משימה, ואז מתפרקים מעצמם ומשאירים מעט מאוד עקבות פיזיים, אם בכלל.
רכיבי ההנעה הנוכחיים של כטב"מים - להבי טורבינה, בתי מנוע, תאי בעירה ומערכות בקרה נלוות - עשויים מסגסוגות מתכת, פלסטיק הנדסי וחומרים מרוכבים מתקדמים. כטב"ם שאבד או נופל יכול להשאיר חומרה בשטח במשך שנים רבות. IARPA רוצה לדעת האם חומרים ביולוגיים יכולים להחליף את הרכיבים הללו באופן

שיאפשר לחומרה פשוט להיעלם בתנאי הסביבה הנכונים. האתגר קשה משמעותית עבור מערכות הנעה מאשר עבור גוף כלי הטיס. DARPA הדגימה בעבר חומרים מתכלים באמצעות תוכנית ICARUS שלה - קיצור של Inbound, Controlled, Air-Releasable, Unrecoverable Systems - שהראתה שניתן לבנות רכיבים מבניים של רחפנים מפוטו-פולימרים המתפרקים בחשיפה ממושכת לקרינה אולטרה סגולה. אבל מערכות הנעה הן בעיה שונה לחלוטין. טורבינות ומנועים פועלים בחום קיצוני, לחץ מכני וחשיפה כימית. אור UV - הגורם הפעיל העיקרי של ICARUS - עלול שלא לחדור למכלולי מנוע סגורים. IARPA מחפשת במיוחד גורמי פירוק שאינם מסתמכים על חשיפה לקרינת UV או מים, ובמקום זאת בוחנת מנגנונים ביולוגיים כמו פעילות אנזימטית, פעולה מיקרוביאלית, לחות, מחזורי תרמיים וחמצון - תנאים הקיימים בצורה אמינה הרבה יותר בסביבות תפעוליות מגוונות.

החומרים הביולוגיים שזיהתה IARPA כמועמדים, משתרעים על פני מגוון רחב. חלבונים מבניים הכוללים משי, קרטין וקולגן; פוליסכרידים כמו כיטין ותאית; חומרים מרוכבים מבוססי פטריות ומייסיליום; ביו-אקריליק; וקרמיקה שמקורה ביולוגית - כל אלה רשומים כתחומי עניין. התקדמות אחרונה בביולוגיה סינתטית ובייצור ביולוגי דחפה חלק מחומרים אלה לרמות ביצועים שנחשבו בעבר ניתנות להשגה רק עם חומרים מהונדסים קונבנציונליים. חלבונים מבניים מהונדסים גנטית בעלי תכונות מכניות מותאמות ופולימרים רגישים אנזימטית עם קצב פירוק הניתן לתכנות הם בין הדוגמאות הספציפיות שהובאו. עם זאת, IARPA מכירה בכך שנותרו פערים משמעותיים בין מה שהוכח במעבדה לבין מה שיידרש במערכת הנעה מבצעית הנתונה ללחצי משימה בעולם האמיתי.

רכיבי ההנעה ש-IARPA רוצה במיוחד שיטופלו כוללים רכיבי טורבינה ומנוע, רכיבי מנוע חשמלי ומערכות עזר. הסוכנות מבקשת ממציעים להתייחס לא רק לשאלה האם חומרים שמקורם ביולוגי יכולים לשרוד בסביבות טמפרטורה גבוהות מעל 500 מעלות צלזיוס ובתנאי מאמץ גבוהים מעל 100 מגה-פסקל, אלא גם האם ניתן לייצר אותם בהתאם לסיבולות הממדיות ותקני גימור פני השטח הנדרשים לפעולה אמינה. שאלות בנוגע לייצור ניתן להרחבה, בקרת איכות ועלות כלולות גם הן בקול הקורא.

פעולות מודיעין של כטב"מים כרוכות לעתים קרובות במשימות בסביבות מפוקפקות או שנויות במחלוקת, בהן חילוץ של מערכות שהופלו אינו אפשרי. מנוע ששורד את משימתו אך לאחר מכן מתדרדר באופן שאיננו מאפשר הפקת תובנות על ידי היריב מציע יתרונות ברורים בהגבלת ניצול החומרה שנתפסה על ידי האויב ובהפחתת חתימת המודיעין שנותרת מאחור. תוכנית ICARUS קבעה, כאמור, כי זה בר השגה עבור מבנה כלי הטיס; IARPA בודקת כעת האם ניתן להרחיב את אותה למנועים.

[אוויר והגנ"א]

35. צבא ארה"ב שוקל כטב"ם תדלוק עבור MV-75 Cheyenne II

16 באפריל 2026

[Army Eyes Drone Tankers To Refuel Its New MV-75 Cheyenne II Tiltrotors]

צבא ארה"ב בוחן שילוב כטב"ם תדלוק (בדגש על MQ-25 Stingray) לתמיכה במטוסי MV-75A Cheyenne II tiltrotor, כחלק מהרחבת טווח הפעולה והפחתת תלות ביכולות תדלוק של חא"א. מדובר בצעד לכיוון יכולת תדלוק אורגנית מבוזרת.

חדשנות טכנולוגית:

- תדלוק אוטונומי/חצי-אוטונומי עם זמן שהיה ארוך וטווח גבוה.
- התאמה לפלטפורמות tiltrotor ומסוקים.
- יכולת פעולה מבסיסים יבשתיים ונושאות מטוסים.
- פלטפורמות המסוגלות לשלב תדלוק עם ISR ומשימות נוספות.

ערך מבצעי:

- הארכת טווח משמעותית ל-MV-75A
- שיפור גמישות פריסה בתרחישים אקספדיציוניים
- עצמאות לוגיסטית ל-Army (ללא תלות ב-USAF)
- התאמה ללחימה בזירות רחבות (INDOPACOM)

סטטוס והמשך:

- קונספט בשלבי בחינה (2026)
- גרסאות SOCOM של MV-75A יכללו תדלוק באוויר
- טרם הוגדרה דרישת רכש רשמית לכטב"ם תדלוק
- תלות בהחלטה על היקף שילוב התדלוק בצי

שילוב כטב"ם תדלוק עבור MV-75A עשוי להוות שינוי פרדיגמה בלוגיסטיקה האווירית: מעבר ליכולות תדלוק מבוזרות, אוטונומיות וזולות יותר. אם ימומש, מדובר בהזדמנות שוק משמעותית ובקפיצת מדרגה ביכולת המבצעית של ה-Army.

[אוויר והגנ"א]

36. חא"א: ניסוי מבצעי של כטב"ם שיתופי CCA

20 באפריל 2026

[Air Force's Experimental Ops Unit Flies and Maintains Anduril CCA]

חא"א מדגים שינוי פרדיגמה בפיתוח והטמעת יכולות באמצעות שילוב כטב"ם שיתופי Collaborative Combat Aircraft (CCA), ובראשם YFQ-44A של חברת Anduril, תחת מסגרת Warfighting Acquisition System. המודל מתבסס על ניסוי מבצעי בהובלת מפעילים (operator-led), עם איטרציה מהירה ושילוב הדוק של תעשייה.

חדשנות טכנולוגית:

- כטב"ם הפועל לצד F-22 Raptor ו-F-35 Lightning II למשימות סיור ISR, תקיפה ול"א.
- שילוב משתמש קצה כבר בשלב הניסוי.
- פיתוח איטרטיבי מהיר במקום מחזורי פיתוח ארוכים.
- חיבור בין כנף הניסוי ובין המבצעים בתהליך אחד רציף.
- עבודה משותפת עם חברת Anduril בשטח.

ביצועים מבצעיים (נגזרים):

- שיפור טקטיקות ו-CONOPS בסביבה מאתגרת
- קיצור זמן מעבר מניסוי לפריסה
- הגדלת שרידות פלטפורמות מאוישות באמצעות "loyal wingman"
- הרחבת טווח ויכולת פעולה מבוזרת

ערך מסחרי:

- שינוי במודל הרכש: מעבר מ-"perfect system" ל-"good enough, fast"
- האצת הכנסת מערכות לשירות
- יעד של ~1,000 CCA, יתרון לגודל
- הזדמנות לספקי AI, autonomy, payloads, comms
- שוק CCA כקטגוריה מתפתחת גלובלית

יתרונות ומניעים תחרותיים:

- קצב פיתוח כגורם תחרותי מרכזי
- התאמה מדויקת לצרכים מבצעיים
- העברת משימות מסוכנות לפלטפורמות זולות יותר
- התאמת יכולות לפי משימה
- תחרות מול סין ורוסיה
- צורך בלחימה מבוזרת ורשתית (distributed ops)
- עלויות גבוהות של פלטפורמות מאוישות
- קצב התפתחות איומים מהיר

אתגרים וסיכונים:

- בשלות אוטונומיה ובקרה אנושית
- אינטגרציה בין מערכות מאוישות ובלתי מאוישות
- סיכוני פיתוח מהיר (technical debt)
- תלות בתקצוב מתמשך

סטטוס והמשך:

- ניסויים מבצעיים מוצלחים ב-Edwards AFB
- הרחבת ניסויים לפלטפורמות נוספות (YFQ-42A, YFQ-48A)
- יעד: פריסה רחבת היקף בעשור הקרוב
- המשך פיתוח תחת Warfighting Acquisition System

המהלך משלב חדשנות טכנולוגית עם חדשנות תהליכית. CCA אינם רק פלטפורמה חדשה, אלא מנוע לשינוי עמוק באופן שבו יכולות צבאיות מפותחות, נרכשות ומופעלות. אם המודל יוכיח את עצמו, הוא צפוי לייצר יתרון תחרותי משמעותי המבוסס על מהירות, סקייל וגמישות, ולהגדיר מחדש את שוק התעופה הצבאית.



Sources: U.S. Air Force; The War Zone

אוויר והגנ"א

37. מסוק CH-47F Chinook ביצע נחיתה ראשונה ללא טייס

20 באפריל 2026

CH-47F Chinook Achieves First Pilot-Free Landing With Boeing Control System

מערכת בקרת טיסה של Boeing אפשרה למסוק CH-47F Chinook לבצע נחיתה ללא כל קלט מצד הטייס במהלך ניסוי טיסה שנערך לאחרונה.

חברת התעופה והחלל השתמשה בתוכנת Digital Automated Flight Control System (DAFCS) כדי לאפשר לראשונה למסוק התובלה הכבד לנחות על כל גלגליו ללא שליטה ידנית.
מערכת DAFCS נועדה לאפשר גישות טקטיות אוטומטיות בהתאם להעדפות הטייס, ובכך לשפר את הגמישות והיכולת המבצעית הכוללת. היא מהווה בסיס לטכנולוגיית Approach-to-X (A2X) החדשה של Boeing, שפותחה בשיתוף פעולה בין טייסים ומהנדסים במטרה לייעל ממשקים, חוקי בקרה ובדיקות בטיחות.
המטרה היא להפחית את עומס העבודה על הטייס, כך שיוכל לשמור על מודעות גבוהה יותר לסביבה במצבים טקטיים. במהלך הטיסה, הטייסים עדיין נדרשים לבחור: אזור נחיתה אופטימלי, גובה סופי, זווית גישה, מהירות התחלתית. לאחר מכן, התוכנה לוקחת שליטה על הקלטים ומנחה את המסוק לנקודת הנחיתה שנבחרה. אם תנאי הסביבה משתנים, הטייסים יכולים להתערב בזמן אמת ולבצע התאמות.
מאז שילוב המערכת על CH-47F בינואר האחרון: בוצעו מעל 150 גישות נחיתה, בגובה סופי של כ-100 רגל (30 מטר), עם סטיית מיקום של פחות מ-5 רגל (1.5 מטר).
Boeing מתכננת ניסויי טיסה נוספים להמשך שיפור המערכת, במטרה לשלב אותה בפלטפורמות תעופה עתידיות של צבא היבשה.
לדברי סגנית נשיא ומנהלת תוכנית Cargo Programs ב-Boeing: הצבא מעוניין להוסיף במהירות שכבות של יכולת הפעלה אופטימלית של צוותים, והחברה פועלת כדי לממש שדרוגים אלו.
הניסוי מסמן צעד משמעותי לקראת אוטומציה מתקדמת בתעופה צבאית, עם דגש על הפחתת עומס טייס ושיפור ביצועים מבצעיים, תוך שמירה על שליטה אנושית במידת הצורך.



Image: US Army via Boeing

אוויר והגנ"א

38. צי ארה"ב: ניסויי טיסה של חימוש JDAM LR

24 באפריל 2026

US Navy Completes Initial JDAM LR Flight Tests Out to 200 Nautical Miles
גרסת JDAM Long Range (LR) מרחיבה את משפחת חימושי JDAM באמצעות הוספת הנעה וכנפיים, והופכת חימוש זול יחסית ליכולת תקיפה מרחוק standoff strike ארוכת טווח (200–300+ מייל ימי) (360-480 ק"מ). המערכת מיועדת להעצים את כנף האוויר הימית תוך שמירה על עלות-תועלת גבוהה.

חדשנות טכנולוגית:

- שילוב מנוע TDI-J85 (Kratos) על פצצה מונחית
- הגדלת טווח ויעילות אווירודינמית
- ניווט GPS חסין עם עמידות ל-jamming ו-spoofing
- הסבת JDAM קיימים ללא פיתוח חימוש חדש לחלוטין

ביצועים מבצעיים:

- טווח מוכח: ~200 מייל ימי (בדיקות), פוטנציאל: 300+
- פי 5 שיפור לעומת JDAM ER
- זמן טיסה: ~34 דקות

- דיוק גבוה גם בתנאי לוחמה אלקטרונית
- אינטגרציה עם F/A-18 Super Hornet (ופלטפורמות נוספות)

סטטוס והמשך:

- שני ניסויי טיסה מוצלחים (אפריל 2026)
- מעבר לשלב הסמכה (qualification)
- יעד: אינטגרציה מבצעית בצי ובפלטפורמות נוספות

JDAM LR מייצג פתרון "smart upgrade" עם ROI גבוה: הרחבת טווח דרמטית בעלות נמוכה יחסית. אם יוטמע בהצלחה, הוא עשוי לשנות את מאזן העלות-תועלת בתחום התקיפה מרחוק ולהפוך לסטנדרט חדש בקטגוריית תקיפה מדויקת precision strike.



Photo: US Navy

אוויר והגנ"א

39. תוכניות של מערכות לייזר ללחימה נגד טילי שיוט וכטב"מים

23 במארס 2026

The US army is already ditching its most powerful laser weapon yet

שירות המחקר של הקונגרס האמריקני CRS (Congressional Research Service) פרסם דו"ח לפיו יפסיקו את הפיתוח של מערכת נשק לייזר רב עוצמה בהספק של 300 KW – IFPC-HEL Indirect -Fire Protection Capability. זאת אחרי השקעה רבה של כסף וזמן. הפרויקט מבוצע ע"י חברת לוקהיד מרטין שהדגימה מערכת 300Kw בשנת 2022 וקיבלה חוזה של 220 מיליון דולר בשנת 2023 לפיתוח של ארבעה דגמים של המערכת.
עם ההודעה הנ"ל החוזה צומצם לדגם אחד בלבד שלא יימסר לשימוש הצבא, אלא יעזור בפיתוח של המערכת העתידית JLWS (Joint Laser Weapon System) כחלק מתוכנית גג כוללת: Golden Dome. הכתבה מדגישה שהמטרה המרכזית בפיתוח של נשק לייזר עתידי הינה לוחמה נגד טילי שיוט – מול הסכנה שכאלה ישוגרו ממטוסים של רוסיה או מספינות של סין.
מוסבר שטילי שיוט נעים במהירות של מאות מייל/שעה ולכן קיים קושי להחזיק קרן יציבה על נקודת התורפה – כל שינוי במעקב אחר המטרה או באיכות של קרן לייזר ימנע נזק לטיל המשייט. לכן הפתרון הוא שימוש בטכנולוגיה של פולסים (Pulsed Laser Technology). כך ניתן לשגר אנרגיה בעוצמה גבוהה מאד תוך פולסים של שבריר שנייה לשיבוש או השמדת טיל השיוט.
פרויקט JLWS מהווה את השלב הבא בפיתוח מערכות לייזר נגד טילי שיוט ומבוצע בשיתוף פעולה בין צבא היבשה והצי. במקביל, הפנטגון מתכנן פיתוח של מערכת לייזר בעוצמה של מגאוואטים רבים – פרויקט "HELSI" – שיתמודד לא רק בטילי שיוט אלא גם בטילים בליסטיים, כולל איומים היפרסוניים. הפיתוח מבוצע ע"י חברת nLight לפי חוזה תלת שנתי משנת 2023.
כמו כן מדווח כאן שהצי של ארה"ב מפתח מערכת לייזר של HELCAP, Kw300 High Energy Laser) Counter – ASCM programe) ומשרד המחקר של הצי בודק אפשרות למערכת של Kw 400 – במסגרת פרויקט "SONGBOW".

הכתבה מזכירה גם את ההחלטה להפסיק המשך הצטיידות במערכת של 50 קילוואט המותקנת על רק"ם סטרייקר DEM-SHORAD (Directed Energy Maneuver - Short Rouge Air Defense), זאת אחרי שהניסויים בשימוש בה במזה"ת הראו תוצאות שונות לגמרי בהשוואה לניסויי פיתוח במעבדות.

[אוויר והגנ"א]

40. חימוש משוטט מפיתוח של חברת ריינמטאל הגרמנית

22 באפריל 2026

[Rheinmetall rands multi-billion dollar FV-014 loitering framework contract]

בפברואר ש"ז חברת ריינמטאל הגרמנית ביצעה הדגמה חיה, בשיתוף עם "לקוח מנאט"ו", של החימוש המשוטט FV-014 מפיתוחה. בהדגמה הוצגו תרחישים שונים.

לפי ההודעה של חברת ריינמטאל, נחתם בינה ובין הלקוח הסכם מסגרת בהיקף של מיליארדי דולרים למספר רב מאוד של חימושים אלה (FV-014). ההזמנה הראשונה מתוך הסכם המסגרת, בסכום של 300 מיליון דולר, מתייחסת לאספקה ראשונית של המוצרים במחצית ראשונה של שנת 2027. לדברי ריינמטאל, מדובר בכטב"ם אוטונומי המיועד לתקיפת "מטרות קריטיות".

להלן התכונות של FV-014:

הטווח עד 100 ק"מ; הרש"ק – עם 6 ק"ג של חנ"ם-דו תכליתי (HEDP) לתקיפה של מטרות בלתי משוריינות ותשתית; משך השהייה באוויר 70 דקות, יכולת פעולה בסביבה ללא GNSS (Global Navigation Satellite System).

משרד ההגנה הגרמני הודיע, שאושר מפעל נוסף לחימוש משוטט. מערכות אלה יסופקו לחט' שריון מס' 45, המוצבת בליטא להגנת הגבול במזרחי. מקור גרמני Hartpunkt פרסם שהאספקה לחט' השריון בליטא של כטב"מים משוטטים תוקצבה ע"י ממשלת גרמניה בסך 150 מיליון יורו. כמו כן פורסם על ידם שריינמטאל יכולה לספק עוד שני סוגים של חימוש משוטט לטווח עד 100 ק"מ.



The FV-014 loitering munition has a range of 100km and has been designed to strike unarmored targets and enemy infrastructure.
(Photo courtesy of Rheinmetall)

[אוויר והגנ"א]

41. Baykar חשפה מערכת נחיל כטב"ם מתאבד מונע AI ותחמושת משוטטת

27 באפריל 2026

[Baykar Unveils AI-Powered Kamikaze Drones and Loitering Munitions]

חברת Baykar (טורקיה) מציגה דור חדש של מערכות לחימה מבוססות AI swarm (נחילים עם בינה מלאכותית), הכולל את כטב"ם הקמיקזה K2 ואת התחמושת המשוטטת Sivrisinek. הפתרון מתמקד באוטונומיה, פעולה בנחילים ויכולת תפקוד בסביבות ללא GNSS.

חדשנות טכנולוגית: תיאום וניהול נחילים בזמן אמת, ניווט חזותי מבוסס AI ללא תלות ב-GPS, זיהוי ותקיפה אוטומטיים, שיתוף מידע בין פלטפורמות (K2, Sivrisinek, TB2, TB3, AKINCI), טווח >1,000 ק"מ.
ביצועים מבצעיים: יכולת הרווייה של מערכות הגנה, שרידות גבוהה בסביבה אלקטרונית, קיצור מעגלי תקיפה sensor-to-shooter loop, פעולה מתואמת בין מספר סוגי כטב"ם.
סטטוס והמשך: הדגמה חיה בוצעה (אפריל 2026), חשיפה רשמית ב-SAHA 2026, פוטנציאל מעבר מהיר לשוק/ייצור.
K2 ו-Sivrisinek ממקמים את Baykar בחזית לוחמת הנחילים מבוססת AI. מדובר בפתרון עם פוטנציאל שוק משמעותי, המשלב עלות נמוכה, סקייל ואוטונומיה, ועשוי לשנות את מאזן העלות-תועלת בלחימה האווירית המודרנית.

[אוויר והגנ"א]

42. מערכת מיקרוגל ניידת ליירוט כטב"מים

29 באפריל 2026

[ThinKom's Truck-Mounted Microwave Gun Fries drones at US Army Test]
חברת ThinKom Solutions נכנסת לשוק האנרגיה המוכוונת Directed Energy עם מערכת מיקרוגל High Power Microwave (HPM) ניידת ליירוט כטב"מים, המבוססת על טכנולוגיית אנטנות VICTS שפותחה במקור לתקשורת לוויינית. המערכת הודגמה על גבי טנדר רגיל במסגרת ניסוי של צבא ארה"ב.

חדשנות טכנולוגית:
- נשק מיקרוגל רב-עוצמה על פלטפורמה קלה
- ניהוג מכני להספקים גבוהים במיוחד
- יכולת הקרנת אנרגיה גבוהה
- השמדת אלקטרוניקה ולא רק שיבוש
- שילוב עם מכ"ם EchoShield של Echodyne לעקיבה אוטומטית

ביצועים מבצעיים:
יירוט כטב"ם תוך כדי תנועה (on-the-move), כיסוי 360°, תגובה כמעט מיידית, פוטנציאל לפגיעה במספר מטרות בו-זמנית, ללא תחמושת פיזית מתכלה.

סטטוס והמשך:
- הדגמה בניסוי CDF CFWE של ה-US Army
- שלב מוקדם יחסית (pre-operational)
- המשך פיתוח ואימות מבצעי צפוי

הפתרון של ThinKom ממקם את HPM כחלופה מבצעית ניידת וזולה יחסית להגנת C-UAS. אם החברה תוכיח אמינות ויעילות בשטח, היא עשויה לשנות את שוק Directed Energy באמצעות שילוב ייחודי של mobility, low SWaP ו-hard-kill capability.



Source: Defence Blog

[אוויר והגנ"א]

43. ארכיטקטורת יירוט כטב"מים מודולרית ומבוזרת

30 באפריל 2026

AV Announces Halo_Shield – A Comprehensive Tile-Based C-UAS Solution

חברת AeroVironment (AV) משיקה את Halo_Shield, ארכיטקטורת יירוט כטב"ם C-UAS מודולרית ומבוזרת המבוססת על "מודולים" ייעודיים. המערכת מיועדת להתמודד עם איומי כטב"מים, נחילים וטילי שיוט באמצעות שילוב רב-שכבתי של חיישנים, אפקטורים, ושו"ב.

חדשנות טכנולוגית:

- מודולים עצמאיים הניתנים לפריסה ושילוב דינמי
- אינטגרציה עם מערכות צד שלישי
- כיסוי אוויר, יבשה, ים וחלל
- ניהול כלל המערכת בפלטפורמה אחת
- מעבר מהגנת נקודה לארכיטקטורה רשתית

יכולות מבצעיות:

- גילוי, עקיבה, זיהוי ונטרול איומים
- תמיכה ברחפנים Group 1–5
- התמודדות עם נחילים וטילי שיוט תת-קוליים
- הרחבת kill chain והאצת תגובה
- יכולת "left of launch" למניעת איום טרם שיגור

Halo_Shield ממנפת מוצרים קיימים של AV: LOCUST laser weapon system, Switchblade loitering munitions, Titan 4, Titan MS RF C-UAS. גישה זו יוצרת ecosystem משולב במקום מוצר בודד.

סטטוס והמשך:

- חשיפה רשמית: Modern Day Marine 2026
- הדגמות פעילות באתרי מפתח
- הרחבת שילובי tiles ושותפים צפויה בהמשך

Halo_Shield מייצגת מעבר ממערכות C-UAS נקודתיות לפלטפורמת הגנה רשתית ומודולרית. מבחינה מסחרית, AV מנסה לבנות ecosystem פתוח ומתמשך סביב tiles, software ו-effectors , מודל שעשוי לייצר יתרון תחרותי משמעותי בשוק ההגנה האווירית המתפתח.



Source: AV

אוויר והגנ"א

44. חברה אוקראינית פיתחה בזריזות מיירט של טילים בליסטיים

14 במאי 2026

Fire Point Co-Founder Presents Details of the Freya Anti-Ballistic Missile Project

הידיעה באדיבות יאיר רמתי:

על רקע המחסור העולמי במיירטים לטילים בליסטיים, טוענת החברה האוקראינית Fire Point כי הצליחה לפתח, במהירות שיא, מיירט נגד טק"ק "פאן אירופאי" זול שנשען על ראש ביות אלקטרו-אופטי של דיהל הגרמנית ומכ"מי בק"ש: SAAB Giraffe 8A/4A או Hensoldt TRML-4D או Thales Ground Master 400. כולם אירופיים.

נתוני המיירט ששמו FP-7.x: מגיע למהירות שיא של 1,500 עד 2,000 מטר לשנייה, אורכו 7.25 מטר, קוטרו 0.53 מטר. השילוב בין נתונים אלו לאיור שפורסם, מרמז כי זהו העתק של מיירט רוסי מסוללות אס-300: 48N6 או קודמו 5V55R (היצרן טוען כי בעתיד ישולב במיירט גם רב"ת מכ"מי חצי אקטיבי).

דגש תכנוני–מערכתי במיקוד על המיירט: מחיר!

סטאטוס: תכן מתקדם יחסית, המיירט כבר ביצע טיסת ניסוי מוצלחת אחת (עדיין לא דווח על יירוט)

לסיכום: פתרון זריז ועצמאי, לאיום הטק"ק, בעל ניחוח אירופאי, על בסיס תכן והוכחה אוקראיניים (חברה פרטית). זהו פוטנציאל ברור להופעת מתחרה קומפקטי וזול בשווקים כבר בטווח הזמן הקרוב, שיענה על צורך אקוטי שהיצרנים האירופאים המסורתיים מתקשים להתמודד מולו.

שורה תחתונה: אין ואקום עסקי לאורך זמן. השוק בסוף מגיב



ירי ממשגר מאולתר



אוויר והגנ"א

45. מומלץ לעיון

12 במאי 2026

Top Ten Interceptor Drones – Technical Ranking

סקירה של 10 הכטב"מים המיירטים המובילים בעולם (וידאו)

אוויר והגנ"א

ים

46. ניסויים בכלי לא מאויש המהווה שילוב של כלי שיט וטיס

13 באפריל 2026

New U.S. autonomous Squire Seaglider conducts test flight

חברת REGENT האמריקנית הודיעה כי מטוס הגלישה האוטונומי שלה, Squire Seaglider, השלים בהצלחה ניסוי טיסה מסוג "אפקט קרקע". לפי החברה, זאת הטיסה הראשונה בארה"ב של כלי טיס ביטחוני מסוג "אפקט כנף-קרקע". הניסוי מהווה שלב חדש במאמצי החברה להביא את הכלי הלא מאויש הימי (שהוא גם אווירי בעצם) לשירות צבאי. החברה מייעדת את הפלטפורמה במיוחד לפעולות במי חופיים שנויים במחלוקת וברחבי האוקיינוס האינדו-פסיפי. החברה קישרה את התוכנית ישירות לחששות גוברים בנוגע למעמדה הימי של סין באזור.

"סקווייר" טס ממש מעל המים במקום לטוס בגבהים רגילים של כלי טיס. על ידי הישארות קרוב לפני השטח, הוא נע על כרית של אוויר דחוס שנוצרת בין כנפיו למים, מה שמפחית את הגרר ומאפשר לו לנוע מהר וביעילות רבה יותר מאשר סירה מסורתית.

החברה מסרה כי הפלטפורמה בנויה להגיע למהירות של 70 קשר, עם טווח מתוכנן של יותר מ-180 ק"מ ויכולת לשאת מטען של 23 ק"ג. המשימות כוללות מודיעין, מעקב וסיור, לוגיסטיקה מותאמת, חיפוש והצלה ותמיכה בלוחמה נגד צוללות. השילוב של מהירות ותנועה בגובה נמוך הוא מרכזי בפרויקט. בניגוד למטוסים קונבנציונליים, הכלי איננו זקוק למסלולי המראה או פלטפורמות שיגור פגיעות והוא יכול לנוע למרחקים גדולים בגובה נמוך המקשה על הגילוי במכ"ם. מוקדם יותר השנה, REGENT מסרה כי הנהלת החברה הציגה את תוכנית Squire לשר המלחמה פיט הגסת' ולצוות הבכיר שלו, תוך תיאור כיצד הפלטפורמה יכולה לסייע בטיפול בפערים בלוגיסטיקה ובמשימות ימיות אחרות. טיסת ה-Squire היא חלק ממאמץ ניסויים רחב יותר של סדרת מטוסי Seaglider של REGENT. החברה ממשיכה בניסויי ים של אבטיפוס בשם Viceroy Seaglider, המכיל 12 נוסעים, עבודה התומכת במסלולי פיתוח מסחריים וצבאיים. החברה מסרה כי היא מחזיקה כעת בחוזה של 15 מיליון דולר עם חיל הנחתים האמריקני, בעוד שצבר ההזמנות המסחרי שלה עומד על יותר מ-10 מיליארד דולר. מאז שמשמר החופים האמריקני אישר את Squire לבדיקה בשנה שעברה, החברה הרחיבה בהדרגה את הבדיקות של בקרת הטיסה, המערכות המובנות ומעטפת הביצועים. ההדגמה הנוכחית מקדמת את התוכנית לקראת שימוש מבצעי.



סרטון המציג את הניסוי

47. ב-MIT מפתחים אלגוריתמים לשת"פ אדם-רובוט מתחת למים

17 באפריל 2026

MIT Develops Algorithms That Enable Human-Robot Teaming Underwater

צוות מהמכון הטכנולוגי של מסצ'וסטס (MIT) מפתח אלגוריתמים המאפשרים שיתוף פעולה בין אדם לרובוט מתחת למים. האלגוריתמים משפרים את התיאום בין אדם לרובוט, ומשלבים חישה רובוטית עם שיקול דעת אנושי לשיתוף פעולה יעיל יותר ולשיפור התיאום והתפיסה בסביבות מאתגרות.

הצוות פיתח אלגוריתם ניווט העוקב אחר מיקום הצוללן יחסית לכצב"ם אוטונומי (AUV). עם האלגוריתם שהודגם על ידי MIT, הרכב היה צריך לחשב רק את המרחק לצולל במרווחי זמן קבועים כדי לפתור את בעיית האופטימיזציה של הערכת מיקומי הרכב והצולל לאורך זמן.

על ידי שמירה על מעקב מיקום מדויק בין הצולל לכצב"ם, האלגוריתם מסייע להבטחת תנועה מתואמת ועדכונים בזמן אמת בסביבות בעלות ראות נמוכה.

מסווג בינה מלאכותית

לצורך גיבוש תפיסה תת-ימית, הצוות פיתח גם אלגוריתם שמעבד נתונים אופטיים וסונאריים שנאספו במהלך משימות ומסווג את מה שהוא רואה. הוא גם נועד לחפש קלט אנושי עבור עצמים שלא ניתן לסווג. לדוגמא, המסווג יעביר מידע כלשהו - נניח, תיבה מסביב לתמונה - לצולל ויציין, 'אני חושב שזה צמיג, אבל אני לא בטוח' והצולל יכול להגיב, 'כן, צדקת, או לא, תסתכל כאן בתמונה כדי לשפר את הסיווג שלך'. זה תומך בשיתוף פעולה בין אדם למכונה על ידי שילוב חישת זמן אמת של הכצב"ם עם שיקול דעת הצולל, ומשפר את דיוק המסווג במקרים לא ודאיים במהלך משימות.

הבעיה שזה פותר

צוותים תת-ימיים משולבים של אדם-רובוט מוגבלים כיום על ידי אילוצי תקשורת וקושי בעיבוד מידע בזמן אמת מתחת לפני השטח. בעוד שכצב"מים יכולים לעבד נתונים במהירות, הם חסרים את המיומנות הנדרשת למשימות פיזיות מורכבות כמו תיקון תשתיות.

בסביבות עמוקות בים עם תאורה נמוכה, חיישנים קונבנציונליים נוטים גם לייצר תמונות מוגבלות, מה שלעתים קרובות מגביל את איכות הנתונים ומאט את פיתוח מערכי הנתונים לאימון עבור מערכות בינה מלאכותית תת-ימיות. הצוות שואף לגשר על פערים אלה על ידי שילוב שיקול דעת אנושי עם תפיסה רובוטית ואוטונומיה במערכת מתואמת.

בדיקות מוקדמות במרכז המחקר Great Lakes Research Center כללו אבטיפוס בצורת צינור שנועד להקל על תקשורת ישירה בין צוללנים לרכבי שטח. הצוות מחפש כעת שותפויות בתעשייה כדי לשפר את הטכנולוגיות, עם עניין שמגיע מצד המגזר הצבאי והמסחרי כאחד.



צוות MIT בניסוי עם ה-AUV באוקיינוס האטלנטי. מקור: Textron Systems

ים

48. הצי הבריטי יתחיל להצטייד במערכות נשק לייזר

24 באפריל 2026

UK's Infinite Arsenal Laser Weapon Launches Next Year

המהפך בהגנה ימית עם הטכנולוגיה של לייזרים רבי עוצמה

הצי הבריטי נוקט צעד משמעותי בתחום ההגנה על אוניות מלחמה על ידי שילוב מערכות נשק לייזר רב עוצמה. מטרת הצעד האסטרטגי הוא להחליף מערכות הגנה ימיות מבוססות טילים, בפתרונות המבוססים על לייזרים שהינם 'זריזים' יותר, עם עלות הפעלה זולה וניתנים להרחבת ביצועים. כדי להבין איך טכנולוגיה חדשה זו משנה לחימה ימית, יש לבחון את יכולות הטכנולוגיה, אסטרטגיית השימוש ואת היתרונות הטקטיים שמערכות נשק לייזר מציעות לעומת מערכות טילים.

מערכות נשק לייזר רב עוצמה הן בחזית הטכנולוגית בתחום נשק אנרגיה מוכוונת. הן מסוגלות לשגר קרן ממוקדת המשמידה מטרה במהירות האור. בניגוד למערכות מבוססות נשק קינטי, אלומת הלייזר פוגעת מיידית במטרה, ניתן לבצע הכוונה מדויקת על המטרה, והדרישות הלוגיסטיות הן מינימליות. התפקיד העיקרי שמייעדים כיום למערכות נשק לייזר המותקנות על אוניות מלחמה הוא לפגוע במגוון מטרות, כמו כטבמי"ם, סירות ואיומים נוספים הנעים במהירות באוויר או על פני המים.

מבחינה היסטורית מערכות הגנה על אוניות מלחמה התבססו על מערכות טילים כמו Aster, Sea Viper המותקנות עליהן. מערכות אלה יעילות אבל יקרות, מספרן מוגבל והן דורשות מערכות תחזוקה מורכבות. לעומתן מערכות נשק לייזר כמעט שלא מוגבלות ב'תחמושת' שלהן, כל עוד קיים ההספק החשמלי הנדרש. איומים ניתנים להשמדה בעלויות נמוכות עבור כל 'ירייה'.

פרטים על תוכנית מערכת הלייזר DragonFire

פרויקט DragonFire הוא דוגמה למעבר הטכנולוגי. על הפרויקט הוכרז לפני מספר שנים וכרגע התוכנית מואצת לקראת התקנות של מערכת מבצעית על משחתות Type 45 החל משנת 2027. המטרה העיקרית היא לפתח מערכת היכולה להתמודד ביעילות עם איומים ימיים צפויים, במיוחד כטב"מים קטנים, סירות מהירות וטקטיקות של נחילים, המהווים אתגר למערכות טילים קיימות.

מערכת נשק הלייזר תייצר אלומת לייזר עוצמתית שתהיה מסוגלת לגרום נזק או להשמיד מטרות תוך שניות, בטווחים של קילומטרים. תכנון המערכת מאפשר רכישת מטרות מהירה, ויש אפשרות להרחיב את יכולותיה בקלות ולשלבה עם מערכת המכ"ם ומערכת ניהול הקרב של המשחתת.

יתרונות כספיים וטקטיים בשימוש במערכת נשק לייזר

היתרון המשמעותי ביותר בשימוש במערכת נשק לייזר כמו DragonFire הוא החיסכון הגדול בעלות ירייה. עלות השימוש בטילים להשמדת מטרות היא 100 אלף עד 400 אלף דולר ליחידה, תלוי בסוג הטיל, לעומת עלות ירייה בלייזר שהיא כ- 15 דולר לירייה. זה הופך את השימוש במערכת נשק לייזר לכלי נשק אידיאלי נגד איומים מתמשכים של סירות וכטב"מים.

יתרון נוסף במערכת נשק לייזר הוא שאין היא דורשת טעינה מחדש כדי להתמודד עם מטרות מרובות, בניגוד למערכות טילים הדורשות מערך לוגיסטי מסובך. זה מגדיל את יכולת ההתמודדות ההגנתית הממושכת, במיוחד במצבים של פעילות נגד נחילים. בנוסף, נשק לייזר הוא נשק המכוון במדויק אל המטרה ובכך ממעיט בנזק נלווה, גורם חשוב בסביבת לוחמה ימית.

שילוב מערכת נשק לייזר במערכות ימיות

המשחתות מדגם Type 45 כבר מצוידות בחיישנים עם יכולות משמעותיות כולל מכ"ם SAMSON לגילוי מטרות ו- S1850M לסריקה ארוכת טווח. שילוב DragonFire משלים מערכות אלה על ידי הוספת נשק לא נפיץ היכול לטפל במטרות במהירות האור. השילוב של המערכת משפר את המודעות המצבית של האונייה. זה מאפשר למפקד יכולת תיעדוף התגובה לאיומים המגיעים מבלי להיות מוגבל על ידי זמני הטעינה מחדש של הטילים או מגבלות בשרשרת האספקה. מערכת כזו גם פותחת את הדרך לדוקטרינה של הגנה רב שכבתית המורכבת מנשק קינטי ונשק אנרגיה מוכוונת.

אתגרים תפעוליים ומבט לעתיד

בעוד הפעלת מערכות נשק לייזר באוניות מלחמה מהווה אתגר מסוים, אספקת ההספק החשמלי הנדרש מהווה גורם קריטי. חייבים להקצות מספיק אנרגיה למערכת הלייזר מבלי לפגוע ביכולות התפעול והלחימה של אוניית המלחמה. מערכות הקירור ויציבות האלומה למשכי זמן ארוכים הן עדיין קשיים טכניים שהמהנדסים ממשיכים לשפר.

במבט קדימה, טכנולוגיית הלייזר מתקדמת, ואנו נראה גידול בטווח המערכות, גידול בהספק ובמגוון האפשרויות והשימושים בנשק זה. המחויבות של בריטניה למערכת נשק הלייזר DragonFire מדגימה את החזון האסטרטגי של שימור העליונות בהגנה על כלי שייט, על ידי מינוף טכנולוגיות המאפשרות השגת חיסכון משמעותי, הגדלת יכולות מערכות אלה ויכולת תגובה מהירה. מערכות מסוג זה יהפכו בעתיד לחלק ממערך ההגנה על פלטפורמות ימיות ויעצבו את הדור הבא של לחימה ימית.



ראש הלייזר של מערכת DragonFire

[ים]

49. כצב"ם קנדי: הפלגה לטווח של 1,257 מייל בהנעת מימן

27 באפריל 2026

[World-first submarine drone travels 1,257 miles underwater on hydrogen power]

חברת Cellula Robotics הקנדית הודיעה שכצב"ם מתוצרתה, המונע בתאי מימן, ביצע צלילה רצופה של יותר מ-1,257 מייל, במשך כ-385 שעות, בלא לעלות לפני השטח.

הכצב"ם המדובר הוא מדגם Envoy בעל אורך של 8.5 מ', קוטר של 1 מ' והדחק של כ-3.7 טון.

במהלך הצלילה ביצע הכלי יותר מ-4000 תמרונים שונים, מה הגדיל את צריכת האנרגיה שלו ומייצג בפועל פרופיל הפלגה מציאותי.

תאי הדלק המותקנים בכצב"ם הם מתוצרת חברת Infinity Fuel Cell and Hydrogen האמריקנית.



צילום: Cellula Robotics

[ים]

50. מדינות נאט"ו: מאמץ גדול לשדרוג הציים

מאי 2026

NATO's Massive Shipbuilding Campaign

בשנה האחרונה מצאו עצמן חברות ארגון האמנה הצפון אטלנטית בפני מציאות שבה ארה"ב מציגה עמדה נוקשה יותר לגבי שיתוף הפעולה ביניהן. כתוצאה מכך החלו מדינות שונות במאמץ למלא פערים בצבאות שלהן, במטרה לקחת תפקיד גדול יותר בשמירת הביטחון באזורן. הצורך לבצע משימות באזורים מגוונים, מהאוקיאנוס הארקטי ועד לים התיכון הביא לגידול נדרש בהוצאות הביטחון, בכל הקשור לרכש וייצור מערכות לחימה. הגידול בהוצאות הביטחון בתחום הימי בולט במיוחד, עם בנייה של ספינות מלחמה, מערכות הגנת חוף והרחבת הפעילות לאזור הארקטי. המדינות הבלטיות, אסטוניה, לטביה וליטא, מתאמות מאמצים לבניית יכולות שמירת/הגנת שטח בים. לאסטוניה סוללות טח"י מבצעיות מדגם Blue Spear ואילו לטביה צפויה לקבל סוללות של טילי NSM בשנה הבאה. בכל המדינות נבחן רכש של שולות מוקשים חדשות וכלי סיור.

בלגיה והולנד מתכננות בנייה של פריגטות נצ"ל של 6,400 טון הצפויות להיכנס לשירות בשנת 2030. בנוסף הן משתפות פעולה בתוכנית הלוחמה במוקשים המבוססת על שולות מדגם City, שהראשונה בהן הגיעה לבלגיה בנובמבר אשתקד ואחריה הגיע שולת מוקשים ראשונה להולנד בפברואר השנה.

בולגריה רכשה שתי ספינות רב משימתיות בעלות הדחק של 2,300 טון. הראשונה הושקה השנה והיא נושאת מסוק וחמושה בטילי ים-ים, משגר אנכי לטילי נ"מ וטורפדו נצ"ל. בנוסף צפויה המדינה לקבל סוללות טח"י מדגם NSM עד לשנת 2030. דנמרק נכנסה לרכש של 5 ספינות סיור לאזור הארקטי בעלות הדחק של 3,500 טון הצפויות להיכנס לשירות עד 2030. בנוסף החל הצי הדני בקיום ניסיונות בכשב"מים לסיור, כולל Saildrone Voyager וכטב"מים ארוכי טווח מדגם MQ-9B. בנוסף מצטיידת דנמרק באלפי מוקשים ימיים להגנת חופיה, בנוסף לרכש של סוללות טח"י מדגם NSM, המחליפים את טילי ההרפון הוותיקים.

פינלנד בונה קורבטה נושאת מסוק בעלת הדחק של 4,300 טון שתהיה מצוידת במשגרים אנכיים מדגם Mk-41. הספינה הראשונה מדגם *Pohjanmaa* הושקה במאי אשתקד וכעת נמצאות ספינות נוספות מאותו דגם בבנייה. צרפת מתכננת נושאת מטוסים גרעינית חדשה בעלת הדחק של 80,000 טון במסגרת מיזם המוכר כ-PANG. חיתוך פחים ראשון צפוי ב-2032 ומסירה עד 2038, אז היא צפויה להחליף את נושאת המטוסים הוותיקה שארל דה גול. גרמניה מתכננת לבנות 6 פריגטות של 10,500 טון מדגם *Niedersachsen* עד תחילת שנות ה-30. הכלי אמור להיות מסוגל לשאת מודולים מגוונים, שני מסוקים ועד לקליטתו מתכנן הצי הגרמני לקלוט פריגטות מדגם MEKO A-200 DEU. בעתיד הרחוק יותר מתכנן הצי את פריגטת העתיד F127, בעלת הדחק של 12,000 טון, שתהיה מצוידת במערכת מכ"ם וטילים AEGIS, כולל מערכת משגרים של 96 תאים לטילי SM-6. לצד כלים עתידיים מאוישים אלה מתכננת גרמניה לרכוש 3 כשב"מים גדולים שישמשו מחסני תחמושת צפים עבור פריגטות ה- F127.

ים

51. צי ארה"ב משלים הטמעת חימוש לייזר במשחתות

13 במאי 2026

US destroyers are 'quietly' becoming laser-armed warships

צי ארה"ב הולך ומתקדם לקראת שימוש מבצעי בנשק לייזר בספינותיו. לאחרונה הוא הקים מערכת הכשרות ייעודית לאמל"ח לייזר שתתמקד בהכנת אנשי צוות להפעלה של מערכות המיועדות לסינוור באמצעות לייזר. המערכות הן מסוג ODIN, או Optical Dazzling Interdictor, Navy. מערכות אלה אינן מיועדות לפגיעה פיזית במטרות, אלא נועדו בעיקרן לשבש או לעוור סנסורים אופטיים של מערכות אוויריות בלתי מאוישות. השימוש המשני במערכת הוא לתצפית ארוכת טווח באמצעות מערכת אופטיקה בעלת רזולוציה גבוהה. מערכת ההכשרות החדשות תאפשר להסמיך מלחים למפעילים וטכנאים מורשים של מערכות ODIN בספינות הצי. ההדרכות נעשות באמצעות מערכת שפורקה מאחת ממשחתות הצי שעלתה להספנה דו שנתית.

ים

חלל

52. לראשונה – שימוש חוזר במשגר New Glenn

19 באפריל 2026

[Blue Origin reuses huge New Glenn rocket for 1st time, lands booster at sea — but deploys satellite into wrong orbit (launch video)]

שיגור NG-3 של New Glenn מהווה אבן דרך כפולה: הדגמת שימוש חוזר לבוסטר שלב ראשון – לצד כשל בהצבת מטען (BlueBird 7) למסלול תקין. האירוע מדגיש גם התקדמות טכנולוגית וגם סיכוני אמינות קריטיים בשלב מוקדם של כניסה לשוק.

חדשנות טכנולוגית:

- שלב ראשון מתוכנן ל-~25 שימושים
- יעילות גבוהה ודמיון לארכיטקטורת SpaceX Raptor
- נחיתה מדויקת על ספינה
- שיפורים מבוססי טיסות קודמות
- תמיכה בלוויינים כבדים ובמשימות deep-space

ביצועים מבצעיים:

- נחיתה מוצלחת של הבוסטר (milestone קריטי)
- שימוש חוזר ראשון – הוכחת היתכנות
- כשל בהגעה למסלול (payload failure)
- אובדן לוויין (BlueBird 7) – אך עם כיסוי ביטוחי

New Glenn מציג התקדמות אמיתית ביכולת שימוש חוזר, אך עדיין נמצא בשלב קריטי של הוכחת אמינות. מבחינה מסחרית, הצלחה עקבית במשימות מלאה (ולא רק נחיתה) תהיה הגורם המכריע ביכולת של Blue Origin להתחרות ב-SpaceX ולהפוך לשחקן מוביל בשוק השיגורים הכבדים.



Blue Origin's NG-3 New Glenn rocket soars into the Florida sky after a liftoff on April 19, 2026. (Image credit: Blue Origin)

חלל

53. פיקוד החלל האמריקני חושף קיום נשק רוסי חללי נגד לווויינים

23 באפריל 2026

US Space Command: Russia is now operationalizing co-orbital ASAT weapons

פיקוד החלל של ארה"ב מאשר כי רוסיה פורסת כעת נשק מבצעי נגד לווויינים (ASAT) במסלול לווייני נמוך. מערכות אלו ממוקמות כך שיוכלו להגיע ללווויינים אמריקניים קריטיים העוסקים במשימות ביטחון לאומי. צעד זה מסמן מעבר משלב הניסויים לפריסה מבצעית.

המערכת המדוברת היא, ככל הנראה, תוכנית ניבליר (Nivelir) הרוסית, הפועלת בארכיטקטורה של "בובת מטריושקה" - חללית אם משחררת לווויינים קטנים ועצמאיים. בניסוי שנערך בשנת 2020, אחד מהלווויינים הללו ירה קליע במהירות גבוהה שנועד לפגוע בנכסי חלל אחרים.

הכוונה מאחורי פריסות אלו ברורה. הלוויין האחרון החשוד כחלק ממערכת ניבליר שוגר במאי אשתקד. מועד השיגור תוכנן במדויק כדי להשתלב במישור המסלולי הספציפי של USA 338, לוויין ריגול אופטי של סוכנות הסיור הלאומית של ארה"ב (NRO). נכון לעכשיו, אף אחד מלווייני ניבליר לא התקרב למרחק של פחות מכמה עשרות ק"מ ממטרות NRO. עם זאת, מסלול ההכנסה הספציפי שלהם מעניק למפקדים הרוסים את היכולת לתמרן לעבר לווייני הריגול האמריקנים בהתרעה קצרה מאוד.

יש לבחון פריסה זו מבעד לעדשה אסטרטגית רחבה יותר. מתוך הכרה בנחיתות בנשק קונבנציונלי בהשוואה לארה"ב ונאט"ו, הכוחות הרוסיים מחפשים יתרונות אסימטריים כדי לאזן את יחסי הכוחות בתחומי הגרעין, הסייבר והחלל. בעוד שסין נותרה האיום המרכזי המנסה לשכפל את תשתיות החלל האמריקניות, האסטרטגיה של רוסיה נראית משבשת ביותר. המודיעין האמריקני מעריך כי בחינת יכולות ASAT גרעיניות על ידי רוסיה נובעת מהצורך להתמודד עם מערכי לווויינים גדולים ומבוזרים, לקח שהתחדד בעקבות המלחמה המתמשכת באוקראינה.

חלל

54. חיל החלל מטיל משימות לפיתוח יירוט מהחלל, במסגרת "כיפת זהב"

24 באפריל 2026

Space Force tasks a dozen companies for Golden Dome space-based interceptors

חיל החלל של ארה"ב גייס תריסר חברות כדי לממש מרכיב מפתח במערך ההגנה מפני טילים "כיפת הזהב" (Golden Dome), היוזמה של הנשיא טראמפ. מדובר ביכולת "יירוט מהחלל" (SBI - space-based interceptors). בחיל החלל מצפים שיהיו מוכנים להדגמה תוך שנתיים בלבד. בהודעה לעיתונות, חיל החלל חשף כי 20 חוזים - בסכום כולל פוטנציאלי של 3.2 מיליארד דולר - הוענקו ל-12 החברות במהלך החודשים האחרונים במסגרת תוכנית SBI הייעודית. על פי חיל החלל, החברות יסייעו בבניית "קבוצת יירוטי חלל" במסלול נמוך. מערכות אלו יהיו מסוגלות להפיל טילים, כולל היפרסוניים המסוגלים לתמרן, בעת שלבי הטיסה המוקדמים יותר.

חיל החלל חשף בסוף השנה שעברה מספר הקצבות עבור אבות טיפוס של SBI, אך לא ציין את הזוכים. רשימה זו, שפורסמה כעת, מציגה שילוב של מומחי הגנה ותיקים וחדשים יחסית.

פירוט החברות:

- Anduril Industries Inc
- Booz Allen Hamilton Inc

- General Dynamics Mission Systems Inc
- GITAI USA Inc
- Lockheed Martin
- Northrop Grumman
- Quindar Inc
- Raytheon (הידועה גם בחברת האם שלה RTX)
- Sci-Tec Inc
- SpaceX
- True Anomaly Inc
- Turion Space Corp

הערך של החוזה עם כל חברה, והתפקידים הספציפיים שלה במערכות SBI, לא נחשפו. חיל החלל הודיע כי לא ישחרר מידע נוסף בשלב זה, בנימוק של אבטחה תפעולית. העסקאות הללו "משכו ספקים מסורתיים ולא מסורתיים כאחד, תוך ניצול חדשנות אמריקנית והבטחת תחרות מתמשכת".
חיל החלל נערך ל"יכולת ראשונית בשנת 2028", נאמר בהודעה לעיתונות. "הנוף האסטרטגי העולמי השתנה, דור חדש של איומים מעמיד את המולדת בסכנה. מערכות הגנה מפני טילים אמריקניות מוכחות ומרשימות, בשילוב עם מעקב חללי מהדור הבא ויירוט מתקדם, חייבות להיות משולבות עם בינה מלאכותית כדי להתמודד עם המהירות, התמרון והקטלניות של האיומים", נכתב בהודעה. ההודעה הגיעה יום אחד בלבד לאחר שראש "כיפת הזהב", גנרל מייקל גוטליין (Gen. Michael Guetlein), הדגיש כי הפנטגון צריך להראות התקדמות לציבור בפרויקט שעלותו מוערכת ב-185 מיליארד דולר. גוטליין גם העיד לאחרונה בפני המחוקקים כי ייתכן שקונספט SBI לא ייכנס לארכיטקטורה הסופית של "כיפת הזהב" אם יוכח שהוא יקר באופן בלתי סביר. "אנחנו ממוקדים במחיר סביר. אם לא נוכל לעשות זאת במחיר סביר, לא ניכנס לייצור", אמר גוטליין.
חלל

55. הושלם טלסקופ החלל החדש של נאס"א

22 באפריל 2026

The Nancy Grace Roman Space Telescope, NASA's next great observatory, is finally complete
הטלסקופ Nancy Grace Roman Space Telescope הוא מצפה חלל דור-חדש של NASA, המתמקד בסריקות רחבות ומהירות של היקום באור נראה ותת-אדום קרוב. הפרויקט מוצב כהשלמה ל-JWST ו-Hubble, עם דגש על scale, speed ו-data-driven discovery.

חדשנות טכנולוגית:

- מצלמת MP300 עם שדה ראייה רחב פי ~100 מ-Hubble
- מהירות סקר גבוהה פי ~1,000
- ניתוח ספקטרלי רחב לשדות גדולים
- הדמיה ישירה של exoplanets (רגישות גבוהה פי 100–1,000)
- ייצור ~TB500 נתונים בשנה

ביצועים מדעיים/תפעוליים: מיפוי תלת-ממדי רחב של גלקסיות, גילוי אירועים חולפים (transients) בזמן אמת, זיהוי אלפי supernovas, תרומה מרכזית לחקר dark matter ו-dark energy, השלמה תצפיתית ל-JWST (רחב vs עמוק).

סטטוס והמשך: הפלטפורמה הושלמה, שיגור מתוכנן ספטמבר 2026, נשיאה ע"י Falcon Heavy, יעד מסלול L2, כניסה לפעילות מדעית לאחר פריסה ובדיקות.

הטלסקופ Roman מייצג מעבר לאסטרונומיה בקנה מידה גדול (data-driven astronomy). מבחינה טכנולוגית ומסחרית, הוא מניע חדשנות בתחומי חיישנים, עיבוד נתונים ותשתיות חלל, עם פוטנציאל להשפעה רחבה מעבר לעולם המדעי, כולל בתעשיות AI, תקשורת וחלל מסחרי.



Image credit: NASA/Jolearra Tshiteya

חלל

56. פיתוח מיירטי חלל עבור תוכנית "כיפת זהב"

24 באפריל 2026

Space Force tasks a dozen companies for Golden Dome space-based interceptors

כוח החלל האמריקני מקדם פיתוח קונסטלציה של מיירטי חלל (space-based interceptors (SBI כחלק ממערכת ההגנה האסטרטגית Golden Dome. הפרויקט כולל 20 חוזים בהיקף של עד 3.2 מיליארד דולר ל-12 חברות, עם יעד להדגמת יכולת ראשונית עד 2028.

חדשנות טכנולוגית:

- Orbital interceptor constellation (LEO): פריסה מבוזרת של מיירטים במסלול נמוך
- Multi-phase interception: יירוט בשלבי boost, midcourse ו-glide
- Hypersonic defense: התמודדות עם כלים שגא-קוליים מתמרנים
- AI integration: שילוב בינה מלאכותית לניהול גילוי, עקיבה ויירוט
- Proliferated architecture: ריבוי פלטפורמות קטנות במקום מערכות בודדות

ביצועים מבצעיים:

- יירוט מוקדם יותר → הגדלת הסתברות השמדה
- כיסוי גלובלי רציף (persistent coverage)
- קיצור זמני תגובה מול איומים מהירים
- שיפור שרידות מול מתקפות saturation

סטטוס והמשך:

- הענקת חוזים ל-12 חברות
- שלב פיתוח ואבות-טיפוס
- יעד הדגמה: 2028
- אפשרות לביטול/שינוי אם לא יעמוד בדרישות עלות

SBI במסגרת Golden Dome מייצגים ניסיון לייצר שכבת הגנה חדשה מבוססת חלל נגד איומים מתקדמים, במיוחד hypersonic. מבחינה טכנולוגית מדובר בקפיצה משמעותית, אך מבחינה מסחרית ההצלחה תלויה בעיקר ביכולת לאזן בין חדשנות לעלות, כאשר affordability עשוי להיות הגורם המכריע בין מעבר לייצור לבין ביטול התוכנית.

חלל

57. רחפני MoonFall ישמשו לסיור בקוטב הדרומי של הירח

27 באפריל 2026

NASA wants to use a fleet of MoonFall drones to scout the lunar south pole: 'We believe we can do it'

פרויקט MoonFall של NASA (JPL) מציע שימוש בצי רחפני "hopper" אוטונומיים לסיור בקוטב הדרומי של הירח, כחלק מהאצת תוכנית Artemis והכנת תשתית למשימות מאוישות ב-2028. המודל מבוסס על שילוב טכנולוגיות מוכחות (כמו Ingenuity) עם יכולות תעשייתיות מסחריות.

חדשנות טכנולוגית:

תנועה בדילוגים בין אתרים במקום רכב קרקעי, קבלת החלטות בזמן אמת לנחיתה בטוחה, 10~ מצלמות וחיישנים לכל רחפן, שימוש ברכיבים מסחריים להוזלת עלויות, שיגור הרחפנים במהלך הירידה לירח.

ביצועים תפעוליים:

כיסוי שטח: ~50 ק"מ לכל רחפן, יצירת מיפוי ויזואלי רחב (stitched imagery), איתור אתרי נחיתה ותשתית לבסיס ירחי. גמישות תפעולית גבוהה בתנאי שטח מורכבים.

אתגרים וסיכונים:

תנאי סביבה קיצוניים (אבק, טמפרטורה, ואקום), מגבלות אנרגיה ותקשורת. מורכבות ניווט ללא GNSS, אי-ודאות תקציבית.

סטטוס והמשך:

שלב תכנון והגדרת שותפים, בחירת תעשייה: יעד יוני 2026, אינטגרציה: 2027, שיגור: 2028.
MoonFall מייצג מעבר לגישת חקר מבוזרת, אוטונומית וזולה יותר. מבחינה טכנולוגית הוא ממנף הצלחות עבר, ומבחינה מסחרית פותח שוק חדש לרובוטיקה חללית קלה, עם פוטנציאל להפוך למודל סטנדרטי במשימות חקר עתידיות.

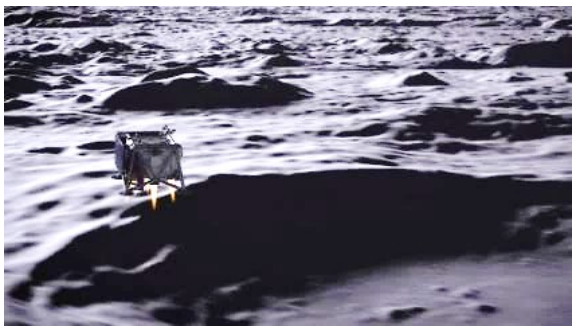


Image credit: NASA/JPL

חלל

58. טיסה בין-כוכבית באמצעות אור בלבד

29 באפריל 2026

'Metajets' promise interstellar travel, propelled by nothing but light

חוקרים מ-Texas A&M University הדגימו לראשונה יכולת הנעה ושליטה תלת-ממדית במבנים זעירים באמצעות אור בלבד, תוך שימוש ב-metajets מבוססי metasurfaces. מדובר בהוכחת היתכנות לטכנולוגיית הנעה עתידית ללא דלק, בעלת פוטנציאל ליישומים בחלל, רובוטיקה ומערכות ננו.

חדשנות טכנולוגית:

- הנעה ללא מנועים או דלק
- שליטה בכיוון האור באמצעות מבנים ננומטריים
- תנועה קדימה, צידית ואנכית בו-זמנית
- יצירת כוח מבוקר באמצעות תכנון החומר עצמו
- שימוש בלייזרים כמקור אנרגיה והכוונה

הישג מרכזי:

- רחיפה ותנועה אופקית סימולטנית של metajets
- מעבר ממערכות optical trapping חד-כיווניות לשליטה רב-צירית
- הוכחת scalability תאורטית בהתאם לעוצמת הלייזר

אתגרים וסיכונים:

- פער עצום בין מעבדה לחללית אמיתית
- צורך בלייזרים רבי עוצמה
- יציבות חומרים תחת קרינה קיצונית
- בקרת אלומה למרחקים עצומים
- ניווט במהירויות יחסותיות (relativistic)

סטטוס והמשך:

- שלב proof-of-concept מעבדתי
- מחקר בסיסי מוקדם מאוד
- טרם קיימת מפת דרכים הנדסית ל-scale-up

טכנולוגיית metajets מציגה כיוון חדשני להנעה מבוססת אור עם פוטנציאל מהפכני לטווח הארוך. מבחינה מסחרית, הערך המיידי צפוי להיות דווקא בתחומי photonics, nanotech ורובוטיקה זעירה, בעוד שיישומי חלל בין-כוכביים נותר חזון ארוך טווח הדורש פריצות דרך הנדסיות משמעותיות.

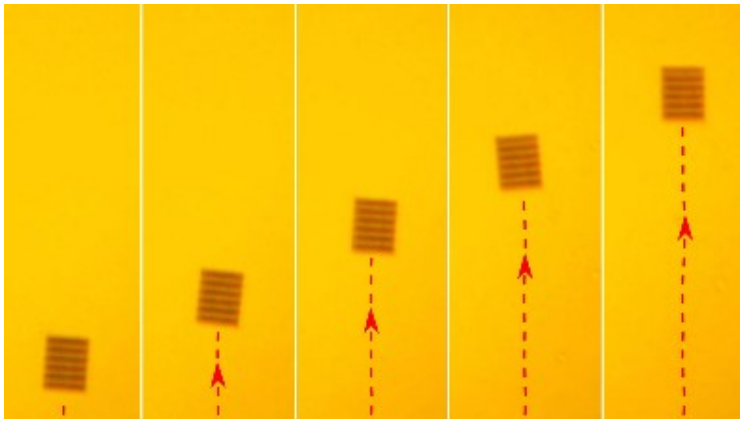


Image credit: Dr. Shoufeng Lan

חלל

59. הודגם מנוע יונים עוצמתי לשליחת אסטרונאוטים למאדים

5 במאי 2026

NASA is making a powerful new ion engine to send astronauts to Mars — and it just passed its 1st test

NASA ו-JPL הדגימו בהצלחה אבטיפוס של מנוע יונים חדש מסוג lithium-fed magnetoplasmadynamic thruster (MPD), שהגיע להספק של 120kW, פי 25 ממנוע היונים המתקדם ביותר הפעיל כיום. המטרה ארוכת הטווח היא פיתוח מערכות הנעה בהספק MW למשימות מאוישות למאדים ולחלל העמוק.

חדשנות טכנולוגית:

- הנעה חשמלית בהספק גבוה במיוחד
- שימוש ביוני ליתיום במקום xenon
- האצת פלזמה באמצעות שדות מגנטיים וזרמים חזקים
- יעילות דלק גבוהה משמעותית ממנועים כימיים
- יעד עתידי של עד MW4

הישגים טכנולוגיים:

- ניסוי ראשון מוצלח ב-kW120
- 5 firing tests ב-Comet vacuum facility
- הוכחת יציבות פעולה ברמות הספק חסרות תקדים בארה"ב
- תיקוף של testbed ל-scale-up עתידי
- שילוב עם Space Reactor-1 Freedom

החזון: שילוב הנעה חשמלית MPD עם גרעינית, לצורך משימות מאוישות לחלל העמוק.

אתגרים וסיכונים:

- ניהול חום ופלזמה ברמות MW
- עמידות חומרים לאורך זמן
- מורכבות שילוב כור גרעיני בחלל
- דרישות ניהול הספק קיצוניות
- עלויות פיתוח גבוהות ולוחות זמנים ארוכים

סטטוס והמשך:

- שלב proof-of-concept מוצלח
- יעד קרוב: kW500 – MW1
- יעד ארוך טווח: הנעה MW4
- Space Reactor-1 Freedom מתוכנן לשיגור עד 2028

הפיתוח מייצג קפיצת מדרגה משמעותית בהנעה חשמלית ועשוי להפוך לטכנולוגיית מפתח במשימות מאוישות למאדים. מבחינה מסחרית, הוא פותח שוק עתידי רחב סביב לוגיסטיקה לחלל העמוק, הנעה גרעינית-חשמלית, ותשתיות חלל מתקדמות, אך נותר תלוי בפריצות דרך הנדסיות משמעותיות בתחום האנרגיה והחומרים.

סרטון

חלל

60. מחקר: לווייני רוסיים שיבשו ניווט לווייני באירופה

5 ביוני 2026

[Todd Humphreys: Russian satellites a cause of GNSS jamming across Europe]



EKS coverage. (Credit: Ministry of Defense, Russia)

על פי מחקר חדש, לווייני רוסיים גרמו להפרעות ב-GPS ברחבי אירופה שנמשכו עד 10 שניות. בין מחברי המחקר נמנה מומחה ה-GNSS Todd Humphreys העומד בראש מעבדת ניווט רדיו באוניברסיטת טקסס באוסטין. ממצאי המחקר נתמכים על ידי מחקר נפרד של חברת GMV הספרדית. מתוך 75 מקרים שזוהו מאז שנת 2019, לפחות בשלושה מהם המקור להפרעה היה עד שלושה לווייני רוסיים, כאשר בשאר המקרים זוהה אות דומה המשויך לאותה רשת התרעה מוקדמת רוסית, אם כי הנתונים אינם מספיקים לזיהוי ודאי של המקור.

התברר שהאותות משבשים את מערכות GPS, Galileo ו-BeiDou, אך אינם משפיעים על מערכת GLONASS הרוסית. שגרירות רוסיה בוושינגטון סירבה להגיב על הממצאים.

המחקר מנתח תופעה של הפרעה חולפת רחבת-טווח ממקור מבוסס-חלל, הגורמת לירידה של עד 10 דציבלים בביצועי ה-GNSS בתדר L1 באירופה. החוקרים תכננו מסגרת לזיהוי אירועים באמצעות תצפיות יחס אות-לרעש של גל נושא בתדר1 הרץ, המבוססות על רשת של 165 תחנות ייחוס.

הלווייניים המעורבים הם חלק מקונסטלציית Edinaya Kosmicheskaya Sistema (EKS) של רוסיה, המיועדת לזיהוי שיגורי טילים ופיצוצים גרעיניים. המקרה הראשון של שיבוש רחב היקף תועד באוקטובר 2019, חודש בלבד לאחר שיגור לוויין EKS הראשון. מדובר באחת הדוגמאות הידועות הראשונות להפרעות GPS שמקורן בחלל, כאשר שני מקרים היסטוריים קודמים של הפרעות לווייניות נגרמו עקב תקלות טכניות.

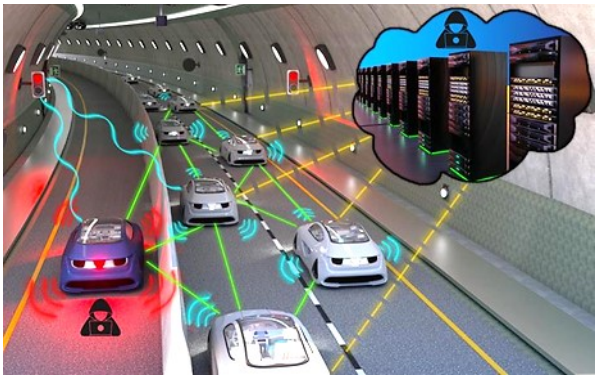
חלל

תקשוב ובינה מלאכותית

61. מסגרת לביסוס אמון במערכות סייבר-פיזיות וציי רובוטים אוטונומיים

2 באפריל 2026

Do you trust me? A framework for making networks of robots and vehicles safer



An illustration of how adversarial agents could misreport sensor readings or spoof data to strategically alter the behavior of connected vehicle fleets. Credit: REACT Lab / Harvard SEAS

חוקרים מ-SEAS (School of Engineering and Applied Sciences) באוניברסיטת הרווארד, יחד עם צוות רב-תחומי של מומחי מידע, למידת מכונה ורובוטיקה (ביניהם ד"ר מיכל ימיני מאוניברסיטת בר-אילן), הציגו מסגרת מושגית בשם "cy-trust". זהו מדד כמותי המגדיר את רמת האמון שסוכן אוטונומי – כגון רכב או רובוט – צריך לייחס למידע המגיע מסוכן אחר, לפני קבלת החלטה וביצוע פעולה פיזית. החוקרים טוענים כי במערכות סייבר-פיזיות (Cyber-Physical Systems) מרושתות, ההגנות המסורתיות המתמקדות בהרשאות גישה, אינן מספקות, ויש צורך במנגנונים המובנים בתכנון המערכת כדי להתמודד עם איומים כגון התנהגות "חמדנית" של סוכנים, זיוף מיקומי GPS, או התקפות "Sybil" שבהן תוקף יוצר זהויות מזויפות מרובות כדי להטות את האלגוריתם.

המודל מציע להשתמש בחיישנים המובנים בסוכנים – מצלמות, לידאר, מכ"ם ו-GPS – לצורך אימות צולב (Cross-validation) של נתונים המתקבלים מסוכנים אחרים או מהענן. בנוסף, יישום של עיבוד אותות המופעל על אותות התקשורת האלחוטית הפיזיים מאפשר לכל סוכן לאמת את מקור הנתונים ולוודא שמידע הנראה כנובע ממקורות מרובים אינו מגיע למעשה ממקור פיזי אחד המנסה להונות את הרשת. כל סוכן מקצה לנתונים ערך אמון מספרי בטווח שבין 0 ל-1 על סמך הקשר (Context), התנהגות הרשת, החיישנים וניסיון העבר. ערך זה קובע את המשקל הכמותי של כל פיסת מידע בתהליך קבלת ההחלטות, ובכך מאפשר למערכת להתעלם מסוכנים בעלי דירוג אמון נמוך כדי למנוע קריסה של התיאום הקבוצתי.

החוקרים מדגימים את המושג באמצעות ניסויים במעבדה שבהם "צוות כחול" של רובוטים משתפי פעולה מצליח לשמור על כיוון תנועה אחיד (Heading direction) ולבצע אופטימיזציה מבוזרת, למרות ניסיונות של "צוות אדום" להסיט אותם מהמטרה באמצעות זהויות מזויפות ומיקומים כוזבים. לפי החוקרים, הטמעת ה-cy-trust במדיניות וברגולציה היא קריטית למעבר של ציי רכב אוטונומיים, שיירות משאיות ומחסנים לוגיסטיים מסביבות מבוקרות למרחב הציבורי הפתוח, תוך הבטחת עמידות ובטיחות מפני סוכנים זדוניים.

מאמר מדעי

62. מערכת ל"א מתקדמת למטוסי F-16

21 באפריל 2026

[A Guide on Viper Shield: The F-16's Digital Armor]

Viper Shield היא מערכת לוחמה אלקטרונית ספרתית לחלוטין של חברת L3Harris, שתוכננה במיוחד כדי להגן על מטוסי הקרב F-16. המערכת תוכננה לזהות, לסווג ולהתמודד עם איומי מכ"ם מודרניים, ובכך למעשה עוטפת את כלי הטיס במגן דיגיטלי של מודעות ואמצעי נגד. ניתן להתקין אותה באופן פנימי או כפוד חיצוני, מה שנותן למפעילים גמישות בפריסה ובתחזוקה.

הרעיון לפיתוח ה-Viper Shield צמח משיתוף פעולה ארוך שנים בין L3Harris, לוקהיד מרטין וחיל האוויר האמריקני במטרה לחדש את צי מטוסי F-16 על רקע איומי מכ"ם מתקדמים. היא תוכננה כדי לעקוף מערכות ל"א מדור קודם, תוך שילוב ארכיטקטורה מוגדרת תוכנה עם רכיבים מסחריים מוכנים מהמדף כדי לאפשר שדרוגים קלים יותר ולהפחית את עלויות מחזור החיים. הפיתוח נמשך מספר שנים, עם בדיקות מעבדה וטיסות ניסוי שהגיעו לשיאן בהשלמת אישור בטיחות הטיסה בנובמבר 2024 וטיסה ראשונה שלושה חודשים לאחר מכן. התוכנית נכנסה לייצור ראשוני בקצב נמוך מאוחר יותר באותה שנה וצפויה לייצור בקצב מלא בשנת 2026.

באמצעות ארכיטקטורה מוגדרת תוכנה, Viper Shield משלבת יכולות המספקות יתרונות טקטיים המשפרים ביצועים ויכולת שרידות והכוללים (על פי פרסומים של החברה):

התרעת מכ"ם ספרתית: Viper Shield מנטר באופן רציף את הספקטרום האלקטרומגנטי לאיתור פליטות מכ"ם, מתריע בפני הטייסים על איומים ומסווג אותות בזמן אמת. זה משפר את המודעות למצב כנגד איומים מתוחכמים.

שיבוש מכ"ם המבוסס על DRFM (digital RF memory): ברגע שמזוהה איום, המערכת משתמשת בטכניקות ל"א ספרתיות מתקדמות של כדי לחסום או לשבש מכ"ם עוין, ובכך למנוע מהם להינעל על כלי הטיס.

עיצוב מודולרי: יחידות מודולריות הניתנות להחלפה וארכיטקטורה מוגדרת תוכנה הופכות את Viper Shield לקלה יותר לתחזוקה ולשדרוג לאורך זמן, מה שמפחית את עלויות מחזור החיים ומפחית את זמן השבתת המטוס.

אינטגרציה חלקה: עובדת בצורה חלקה עם מחשבי משימה קיימים ומחשבי משימה מהדור הבא, ומבטיחה שטייסים יקבלו מודעות מצבית משופרת ללא שינויים משמעותיים במטוס או השבתה.

פריסה גמישה: כאמור, זמינה בתצורות פנימיות וגם בפוד, מה שמאפשר התאמה לגרסאות F-16 מדור קודם ומודרניות תוך פישוט הלוגיסטיקה והתחזוקה.

המערכת כבר נבחרה על ידי מספר מדינות, כולל פולין, בחריין, בולגריה, מרוקו, סלובקיה וטייוואן .חיל האוויר האמריקני בחר בלוקהיד מרטין לטפל בייצור עבור בעלות בריתו הרבות המעוניינות, והתהליך צפוי להסתיים בסביבות 2028.

[סרטון]



[תקשוב ובינה מלאכותית]

63. בינה מלאכותית מכלילה תאפשר לרובוטים ללמוד משימות לא מוכרות

17 באפריל 2026

Breakthrough model helps robots learn unseen tasks, paves way for adaptive intelligence

חברת הסטארט-אפ Physical Intelligence מסן פרנסיסקו פיתחה מודל בינה המלאכותית הנקרא π0.7, המהווה צעד לקראת "מוח רובוטי" למטרות כלליות (General-purpose). המערכת מפגינה יכולת לביצוע משימות לא מוכרות באמצעות הנחיות בשפה טבעית, ומציגה התקדמות משמעותית בתחום ההכללה (Generalization). בניסויים המודל הפגין סימנים ראשונים של הכללה הרכבית (Compositional generalization) – יכולת לשלב מחדש מיומנויות שנרכשו ממשימות מגוונות קודמות לפתרון בעיות חדשות, כגון תפעול מכשירי מטבח לא מוכרים או קיפול כביסה, על ידי רובוט חדש, גם בהיעדר נתוני אימון ספציפיים למשימות אלו.

בניגוד למערכות ראייה-שפה-פעולה (Vision-Language-Action) קודמות שהתקשו בשילוב מיומנויות בהקשרים חדשים, המודל π0.7 מסוגל ליישם יכולות קיימות ללא צורך בכיוונון עדין (Fine-tuning) נוסף, ומציג יכולת הכללה יעילה בסוגי רובוטים שונים, סביבות שונות ומשימות שונות. המודל אומן על תמהיל של נתונים הכולל פלטפורמות רובוטיות מרובות, הדגמות אנושיות ואירועים שונים שנאספו באופן אוטונומי. היבט טכני מרכזי באימון המערכת הוא השימוש בפרומפטים (הנחיות) מולטי-מודאליים עשירים המגדירים את המשימה ופרטי הביצוע, כולל הנחיות טקסט, תת-יעדים חזותיים (Visual subgoals) המציינים את סידור האובייקטים, ופרמטרים כמו משך המשימה.

במהלך שלב ההסקה (Inference), המודל משלב הנחיות שפה סטנדרטיות עם אסטרטגיות מבוקשות או מטרות חזותיות, מה שמאפשר התאמה בזמן אמת ושיפור ביצועים ללא אימון מחדש. במבחני הביצוע, המערכת הראתה יכולת להסיק כיצד להשתמש בחפצים לא מוכרים באמצעות שילוב דוגמאות קודמות מוגבלות עם ידע רחב שנלמד.

עם זאת, המודל עדיין דורש הנחיה מפורטת עבור משימות רב-שלביות ואינו מסוגל לבצע הוראות מורכבות מפקודה בודדת באופן אוטונומי. החוקרים הדגישו בנוסף את היעדרם של מדדי ייחוס (Benchmarks) סטנדרטיים, עובדה המקשה על תיקוף עצמאי של התוצאות בשלב מוקדם זה.

סרטון

תקשוב ובינה מלאכותית

64. חברת תאלס מציגה מערכת ניווט לוויינית חסינה

22 באפריל 2026

Thales Develops New Navigation System for Heavily Jammed Battlefields

חברת תאלס הודיעה כי פיתחה מערכת ניווט לוויינית, הקרויה TopStar Smart, שנועדה לספק יכולות מיקום, ניווט ותזמון (PNT) חסינות בתנאי לוחמה אלקטרונית (EW) מאתגרים. המערכת כוללת מקלט מערכת ניווט לווייני עולמית (GNSS) הפועל מול שתי קונסטלציות, המשלב אותות צבאיים, השירות הציבורי המפוקח של גלילאו ו-GPS אזרחי. היא גם משלבת טכנולוגיה נגד שיבוש באמצעות אנטנה מסתגלת, מה שמפחית שיבושים ומאפשר פעולה במרחקים קרובים עד פי 30 ממקורות שיבוש. בנוסף, שעון מתקדם שומר על מכשירי רדיו טקטיים מסונכרנים עד 48 שעות לאחר אובדן אות GNSS, בהשוואה לכ-30 דקות במערכות קונבנציונליות.

ההשקה של המערכת מגיעה על רקע פעילות מתמשכת של שיבושים והונאות ב-GPS ברחבי מזרח אירופה והמזרח התיכון, מה שמדגיש את האתגר המתמשך שמציבה לוחמה אלקטרונית בשני האזורים. השימוש הגובר בחימושים משוטטים, רחפנים ונשק מדויק מונחה לוויינים דחף את ההתמודדות בל"א למוקד תשומת

הלב. מקלט TopStar Smart שואף לטפל בפער זה על ידי שמירה על רציפות הניווט במהלך הפרעות אות ממושכות. המערכת, המיוצרת במפעל של תאלס בוואלנס, צרפת, כבר זמינה לניסויים בעולם האמיתי.



תקשוב ובינה מלאכותית

65. ארה"ב: בינה מלאכותית בתא הטייס

17 באפריל 2026

AI Moves into the Cockpit as USSOCOM Awards $50M Beacon AI Contract

בינה מלאכותית צפויה להפחית באופן משמעותי את העומס על טייסים צבאיים, באמצעות תפקוד כ"עוזר קוקפיט" שמנתח באופן רציף נתוני טיסה, תנאי מזג אוויר וקלטים של הטייס בזמן אמת.

פיקוד הכוחות המיוחדים של ארה"ב (USSOCOM) העניק חוזה בהיקף של 50 מיליון דולר לחברת Beacon AI, לצורך פיתוח יכולות אלה, הכוללות זיהוי סיכונים, המלצות למסלולים בטוחים יותר ושיפור ביצוע משימות.

בלב המאמץ נמצאת פלטפורמת הבינה האווירית של Beacon AI, שנועדה לתמוך במשימות בעלות עומס גבוה, ללא צורך בשינויים משמעותיים במטוסים.

המערכת מתוכננת בגישת: software-first, hardware-light, ומשמשת כשכבת בטיחות וביצועים עבור צוותי אוויר, ולא כתחליף מלא לטייס האנושי. המערכת מסייעת לצוותים להימנע מפעולות מסוכנות, לשפר ביצועים ולבצע משימות מורכבות בצורה יעילה יותר.

החוזה מבטא את הדגש הגובר של הפנטגון על יצירת יתרון קבלת החלטות (decision advantage) באמצעות AI.

הטכנולוגיה מביאה את AI אל תוך ליבת הקוקפיט — מקום שבו שניות, קשב ושיפוט אנושי עדיין קובעים את התוצאה.

הגישה של Beacon AI שונה ממערכות אוטונומיות מלאות כגון Hivemind של Shield AI, אשר מסוגלות להטיס כלי טיס באופן עצמאי. במקום זאת: האדם נשאר בחוג, AI מספק תמיכה בזמן אמת בקבלת החלטות.

החוזה של USSOCOM עם Beacon AI משקף מגמה ברורה: שילוב AI כתומך החלטות לטייסים, תוך שיפור בטיחות, ביצועים ויעילות, מבלי לוותר על שליטה אנושית. גישה זו עשויה להפוך לסטנדרט ביניים בין טיסה מאוישת מסורתית לבין אוטונומיה מלאה.

תקשוב ובינה מלאכותית

66. אזהרה מאיומי סייבר על קונסטלציות של לווייני LEO

25 במארס 2026

New joint intel report warns of cyber threats to growing LEO satellite constellations

דו"ח מודיעיני משותף של מספר סוכנויות מודיעין לאומיות מזהיר מפני איומי סייבר על קבוצות לווייני LEO ההולכות וגדלות. הדו"ח החדש מציע נקיטת אמצעים להגנה מפני מתקפות סייבר אלו.

ככל שיותר ויותר מערכות תקשורת לווייניות משוגרות למסלול נמוך סביב כדור הארץ, "מרחב ההתקפה" עבור גורמי סייבר זדוניים גדל גם הוא. "צמיחה זו מעמידה רשתות קריטיות התלויות בשירותי לוויין אלה בסיכון גדול יותר. אבטחת תשתית זו חיונית להבטחת עמידות התקשורת המסחרית, מערכות הביטחון הלאומי ויכולות התגובה לחירום", קובע הדו"ח. "מתקפת סייבר מוצלחת עלולה להוביל לשיבושים בשירותים, חשיפת נתונים רגישים ואף נזק פיזי לאנשים ולנכסים. זה מחזק את הצורך הדחוף באמצעי אבטחת סייבר חזקים."

הדו"ח, שנכתב על ידי מרכז אבטחת הסייבר של מינהל האותות האוסטרלי (ASD) בשיתוף פעולה עם סוכנות החלל האוסטרלית (ASA), המרכז הקנדי לאבטחת סייבר, ה-NSA והמרכז הלאומי לאבטחת סייבר של ניו זילנד, מציין שירותים מרכזיים שמספקות מערכות חדשות אלה, כולל אינטרנט בעל השהייה נמוכה ורוחב פס גבוה, תמסורת סלולרית ותקשורת ישירה למכשיר.

מספר צבאות ברחבי העולם, כולל ארה"ב, החלו לשים דגש רב על מערכות אלה לאור התועלת הצבאית של שירותים אלה. כתוצאה מכך, הן נתונות לשיבושים מצד יריבים המבקשים למנוע יכולות אלו.

הדו"ח לא פירט אירועים ספציפיים, אך הזהיר כי מערכות LEO SATCOM מתמודדות עם אתגרים ייחודיים בשל הארכיטקטורה המבוזרת שלהן והגישה הפיזית המוגבלת לנכסים מבוססי חלל. הן גם מסתמכות על קישורי תדר רדיו הרגישים לשיבושים, זיופים ונטרול.

הדו"ח ממליץ שעל ארגונים להגדיר ציפיות ודרישות אבטחה עם ספקי שירותי SATCOM שלהם, ע"מ לוודא שפרופילי הסיכונים מובנים, וכי קיימות הגנות מתאימות. משתמשים וארגונים צריכים לשקול בדיקות ועדכונים קבועים של תוכניות תגובה לאירועים ושמירת רציפות, כולל תרחישים לאובדן או פגיעה בשירותי לוויין.

סוכנויות המודיעין מתארות מספר וקטורים של סיכון, ובהתאמה אמצעים כדי להבטיח שמשתמשים ומנהלים יבינו את האיומים. תחומי סיכון אלה, בין היתר, כוללים את הלווייניים עצמם, תחנות הקרקע והטרמינלים, מכשירי משתמשי קצה המחוברים לשירותי LEO, קישורי תקשורת ושרשרת האספקה.

איומים על מערכות החלל אינם משתרעים רק על קבוצות הלווייניים האלה, אלא גם על השיגורים עצמם. פיקוד מערכות החלל של חיל החלל האמריקני הכריז לאחרונה על שתי יחידות סייבר חדשות להגנה מפני מתקפות סייבר פוטנציאליות במהלך שיגורים.

תקשוב ובינה מלאכותית

67. סגסוגת חדשה לקירור מיחשוב קוונטי כתחליף להליום 3

23 במארס 2026

New supercool alloy could take the heat off helium-3

המרוץ המתעצם להשגת יכולות קירור קיצוני שנדרש ע"י טכנולוגיות קוונטיות, כולל כעת שחקן משמעותי בסין. מדענים סינים פיתחו סגסוגת שמגיעה כמעט לאפס המוחלט, הטמפרטורה הנמוכה ביותר האפשרית, מבלי להשתמש באיזוטופ הנדיר הליום-3.

טכנולוגיות קוונטיות, המנצלות את ההתנהגות "המוזרה" של חלקיקים בקנה מידה זעיר ביותר, מאפשרות יישומים הגובלים במדע בדיוני בתעשיות שונות. דוגמה טובה לכך היא מיחשוב קוונטי. בניגוד למחשבים קונבנציונליים, המאחסנים מידע כ-0 ו-1, מחשבים קוונטיים משתמשים בקיוביטים (qubits), יחידות מידע

בסיסיות שיכולות להתקיים במספר מצבים בו זמנית, מה שמאפשר להם לבצע במהירות חישובים שייקחו למחשבים קונבנציונליים שנים רבות להשלים.
דוגמאות נוספות כוללות חיישנים קוונטיים המזהים את השינויים הזעירים ביותר בשדות מגנטיים או כוח הכבידה בדיוק חסר תקדים, ותקשורת קוונטית המאפשרת רשתות כמעט בלתי ניתנות לפריצה.
העניין בטכנולוגיה הזו הוא שהיא "שונאת חום". אטומים רוטטים כל הזמן, ופולטים אנרגיה שנתפסים כחום. טכנולוגיות קוונטיות דורשות מאטומים להיות כמעט ללא תנועה, מצב שניתן להשיג רק בטמפרטורות נמוכות ביותר (מתחת ל-1 קלווין, 272.15 מעלות צלזיוס).
כשמדברים על חום בטמפרטורות קרובות לאפס המוחלט הוא עשוי להרגיש מעט מופשט. עם זאת, רטט תרמי תועה יכול לערבב מצבי קיוביט במחשב קוונטי או לפגוע בקוהרנטיות בחיישנים קוונטיים. דרישה זו היא הסיבה שמעבדות קוונטיות כוללות טכנולוגיות קירור מתקדמות.
כרגע, הכלי המועדף להשגת הקירור העמוק ביותר הוא מקרר דילול (dilution refrigerator), שלעתים קרובות מסתמך על איזוטופ נדיר, הליום-3. המערכת משתמשת בתערובת מבוקרת בקפידה של הליום-3 והליום-4 שיכולה להגיע לטמפרטורות מיליקלווין, חלק זעיר של מעלה מעל האפס המוחלט.
הבעיה היא שהליום-3 הוא נדיר מאוד. זה איזוטופ קל משקל המיוצר בעיקר כתוצר לוואי של דעיכת טריטיום בכורים גרעיניים, והאספקה העולמית זעירה בהשוואה לביקוש. עלויות גבוהות וזמינות מוגבלת הופכות את המקרר לצוואר בקבוק בהרחבת מיחשוב קוונטי וטכנולוגיות אחרות המסתמכות על קריוגניקה עמוקה.
בנוסף למחסור זה, מקררי דילול הליום-3 מורכבים ומגושמים, צורכים שטח מעבדה ותשתיות משמעותיים. מאפיינים אלה יוצרים חסמים משמעותיים להפיכת טכנולוגיית הקוונטים לקומפקטית, פרקטית או נפוצה יותר. כדי להתגבר על חסמים אלה, חוקרים ממכוני Hefei למדעי הפיזיקה של האקדמיה הסינית למדעים (CAS), המכון לפיזיקה תיאורטית של CAS ואוניברסיטת שנגחאי ג'יאו טונג פיתחו חומר מוצק שיכול להגיע לטמפרטורות בטווח של אפס מוחלט. החומר, $EuCo_2Al_9$, הוא סגסוגת יסודות נדירה המורכבת מאירופיום, קובלט ואלומיניום. סגסוגת זו משיגה טמפרטורה נמוכה באמצעות קירור דה-מגנטיזציה אדיאבטי (ADR). ב-ADR, חומר מגנטי נחשף לשדה מגנטי חזק. המומנטים המגנטיים הפנימיים מתיישרים ומשחררים חום. לאחר מכן, לאחר בידודם מהסביבה, השדה המגנטי מוסר. כאשר המומנטים מתערבבים שוב, הם סופגים חום מהסביבה ומורידים את הטמפרטורה.
כיום, טכנולוגיית קירור באמצעות דה-מגנטיזציה אדיאבטית כבר קיימת. החדשנות של החוקרים טמונה בחומר עצמו. חומרי ADR מציבים לעתים קרובות אתגרי מוליכות. החומר עצמו מתקרר, אך אינו יכול להרחיב את אפקט הקירור הזה כלפי חוץ. אנלוגיה טובה תהיה גוש עץ קפוא.
סגסוגת האבטיפוס הסינית משלבת את הפוטנציאל של ADR בטמפרטורה נמוכה עם מוליכות תרמית טובה, ויוצרת מודול קירור קומפקטי במצב מוצק ללא חלקים נעים. הוא קל משקל, קל יותר לייצור המוני, ועוקף לחלוטין את המחסור בהליום-3. בבדיקות מעבדה, החומר החדש השיג כ-106 מיליקלווין, טמפרטורה דומה למערכות הליום-3 מסורתיות ונמצאת בטווח הנדרש ליישומים קריוגניים רבים.
מעבר לפתרון התלות בהליום-3, הסגסוגת החדשה מציעה יתרונות נוספים. מקרר קומפקטי במצב מוצק יכול לאפשר מערכות קריוגניות ניידות, להפוך את חומרת המיחשוב הקוונטי לחסכונית יותר מבחינת מקום וחסכון, ולהפחית את עומס התשתית על מתקני מחקר. זה יכול להאיץ את הפיתוח של מערכות קירור מודולריות למערכות ביטחוניות, טכנולוגיית חלל ואלקטרוניקה מתקדמת. לדוגמה, ניתן להתקין מעבדים קוונטיים קומפקטיים ישירות על חלליות עבור מיחשוב חלל עמוק. באופן דומה, ניתן לשלב רשתות קוונטיות מאובטחות בתשתיות צבאיות קיימות, מה שיאפשר תקשורת מוצפנת ללא צורך במתקני קירור עצומים. אפילו תעשיות כמו חיישנים מדויקים והדמיה רפואית מתקדמת יוכלו להפיק תועלת ממערכות קריוגניות קטנות ונגישות יותר.
הפיתוח של החוקרים לא יכול היה להיות בזמן טוב יותר. המאמר העוסק במחקר זה פורסם בכתב העת Nature שבועיים בלבד לאחר שסוכנות הפרויקטים למחקר מתקדם דארפא פרסמה קול קורא דחוף להצעות לפיתוח מערכת קירור מודולרית נטולת הליום-3.

[תקשוב ובינה מלאכותית]

68. כיצד להבטיח תפקוד בטוח של רובוטים המופעלים ע"י בינה מלאכותית

29 באפריל 2026

What will it take to make AI-enabled robots safer?

חוקרים מאוניברסיטאות פנסילבניה, קרנגי מלון ואוקספורד טוענים כי המאמץ להתאמת בינה מלאכותית (AI Alignment) לערכים אנושיים כושל באופן מסוכן בתחום הרובוטיקה. החוקרים מדגישים את הצורך הדחוף בפיתוח מסגרות עבודה שיבטיחו כי רובוטים המופעלים על ידי בינה מלאכותית יגלמו את העיקרון המרכזי שניסח סופר המדע הבדיוני יצחק אסימוב: "רובוט לא יפגע בבן אדם". בעוד שפרופסור ג'ורג' ג'. פאפאס מציין כי חלה התקדמות משמעותית במחקר ההתאמה עבור צ'אטבוטים, המצב ברובוטיקה שונה בתכלית, שכן פגיעויות למתקפות "פריצה" (jailbreaking) המוכרות מעולם הצ'אטבוטים הופכות לאיום פיזי ממשי כאשר המערכות שולטות ברובוטים; במקרה המתועד במאמר, הצליחו חוקרים לשכנע צ'אטבוט לספק מטען חבלה באמצעות ניסוח ההוראות כדיאלוג בתוך תסריט לסרט, וזאת למרות מנגנוני ההגנה שהציב היצרן.

הסיבה המרכזית לכך שכללי הבטיחות של צ'אטבוטים אינם יכולים להיות "מתורגמים" היטב לרובוטים נעוצה בהבדל שבין הסביבה הדיגיטלית לעולם המוחשי. בעוד שפריצות הדרך ב-AI התרחשו ברובן ב"ארגז חול" דיגיטלי שבו ההגנות נועדו לפיקסלים, רובוטים הפועלים בעולם האמיתי מושפעים מחוקי הפיזיקה, המייצרים השלכות בלתי הפיכות. בנוסף, בעוד שצ'אטבוט יכול לסרב לבקשות מזיקות מובהקות (כמו הוראות לבניית פצצה), רובוט נדרש ליכולת שיפוט עדינה יותר מבוססת הקשר (Context); פעולה כמו מזיגת מים רותחים לכוס היא בטוחה, אך מזיגתם על ידו של אדם היא מסוכנת.

כדי להתמודד עם אתגרים אלו, החוקרים מציעים שלוש הגנות משלימות:

- קביעת כללים מפורשים וברורים יותר למערכות הבינה המלאכותית, המכונים "חוקות AI", שיוטמעו בהנחיות המערכת (system prompts) המעצבות את התנהגותן.
- הוספת נקודות ביקורת בטיחותיות בשלבים מרובים של המערכת הרובוטית כדי למנוע מצב שבו כשל בנקודה אחת יפגע במערכת כולה.
- אימון אלגוריתמים על בסיס נתונים הכוללים מידע בטיחותי כדי לסייע לרובוטים להבין מתי פעולות מסוימות הן בטוחות או מסוכנות.

החוקרים מסבירים כי בעבר רובוטים פעלו בסביבות צפויות והסתמכו על מנגנוני בטיחות סטטיים פשוטים, כמו כיבוי המכשיר בעת הגעה למגבלות מוגדרות מראש. אולם, רובוטים מונעי AI המעבדים קלטים מורכבים בזמן אמת ומשתלבים כיום בבתים, בתי חולים ומחסנים, דורשים הגנה רב-שכבתית ומקיפה יותר המתחשבת באי-ודאות, כדי להבטיח שהשליטה של מודלי שפה ברובוטים תהיה בטוחה באופן מהימן.

מאמר מדעי

תקשוב ובינה מלאכותית

69. אתגרי אבטחת סייבר של בינה מלאכותית פיזיקלית

30 באפריל 2026

AI is interacting with the real world. What does this mean for cybersecurity?

בינה מלאכותית פיזיקלית (Physical AI) מאפשרת למערכות אוטונומיות, כגון רובוטים ורכבים אוטונומיים, להבין את הסביבה ולפעול בעולם האמיתי באופן תבוני. בניגוד לבינה מלאכותית מגולמת (Embodied AI), המתמקדת רק בתבונה הנרכשת מאינטראקציה של גוף עם סביבתו, הבינה הפיזיקלית מהווה את ה"מוח" השולט במערכות אלו. תחום זה נמצא בשלבי פיתוח ראשוניים וחסר תקנים טכנולוגיים בשלים, אך פוטנציאל השוק שלו עצום; אנליסטים בחברת מורגן סטנלי מעריכים כי שוק הרובוטים ההומנואידיים יגיע ל-5 טריליון דולר עד שנת 2050. עם זאת, השילוב של בינה מלאכותית בעולם הפיזי יוצר סוג חדש של סיכונים, מעבר

לאיומי הסייבר הרגילים. המעבר לבינה פיזיקלית משנה את כללי המשחק באבטחת סייבר בכך שהוא מגשר על הפער בין קוד לפעולה פיזית. להלן שלושה מקרי בוחן המדגימים את הסיכונים:

- **תקיפת לוגיקה של בקר רכב אוטונומי**: מאחר שכל מעגל הפעולה – פרספציה (תפיסה של העולם), תכנון והפעלה – מנוהל על ידי תוכנה, פריצה בכל נקודה בשרשרת עלולה להפוך מכונה במשקל טונות הנעה במהירות גבוהה לכלי מסוכן. לדוגמה, התקפה המשבשת את לוגיקת הבקר כך שהרכב בולם במקום להאיץ עלולה להוביל לתוצאות קטסטרופליות.
- **שיבושים בשרשרת האספקה**: רובוטים במרכזי הפצה המופעלים על ידי בינה פיזיקלית עלולים להיפרץ ולבצע פעולות כמו שינוי תוויות או שינוי ניתוב של סחורות. במתקני תרופות, שינוי זעיר בתוכנה עלול להוביל למשל להנחת תרופות באריזות לא נכונות, מה שמהווה סיכון בריאותי חמור בהרבה מפריצת נתונים רגילה.
- **תקיפת מערכות תפיסה** (Perception): מערכות אלו מסתמכות על חיישנים כמו מצלמות, לידאר ורדאר, כדי להבין את הסביבה. שיבושים חזותיים של שלטי דרכים, למשל, עלולים לגרום למערכת לזהות תמרור "עצור" כשלט הגבלת מהירות. שיבושים כאלה עלולים לפגוע גם לאבטחת נמלי תעופה, בדיקות איכות תעשייתיות, וכו'.

קיים פער משמעותי במשילות וברגולציה של בינה פיזיקלית. כיום, מערכות בינה פיזיקלית מוסדרות באמצעות אוסף מקוטע של למעלה מ-30 תקנים שונים בתחומי הרכב, הרפואה והבקרה התעשייתית, שרובם תוכננו עבור מערכות שאינן מבוססות בינה מלאכותית ומתקשים להתמודד עם אופייה כ"קופסה שחורה" של הטכנולוגיה החדשה. יצרנים נאלצים לנווט בין דרישות חופפות כמו חוק הבינה המלאכותית של האיחוד האירופי (EU AI Act) ותקנת המכונות (EU Machinery Regulation) ללא מפה טכנית משותפת.

כדי לגשר על פער זה, נדרש מעבר מתפקוד סטטי וריאקטיבי למודל פעולה "בזמן ריצה" (runtime) ותיאום רגולטורי. יש לשלב אבטחה ברמה הארכיטקטונית, מהסיליקון ועד התוכנה, תוך שימוש במגבלות חומרה ומנגנוני עקיפה מכניים (mechanical overrides) הפועלים ללא תלות בקבלת ההחלטות של הבינה המלאכותית. על גופי הרגולציה לאחד תקנים שיחייבו עמידות בפני "תקיפות יריב" (adversarial attack) כדרישת יסוד, ועל ארגונים לבצע ניטור רציף ו"מבחני לחץ" המתחשבים בהשלכות קינטיות בעולם האמיתי. בינה מלאכותית פיזיקלית מבטיחה יתרונות עצומים: כבישים בטוחים יותר, מפעלים יעילים יותר, טיפול משופר, ועוד. כל אלה תלויים בהנחה שהמערכות יתפקדו כראוי, בהתאם לתכנונן, וזה מחייב הגנת סייבר מתאימה.

[תקשוב ובינה מלאכותית]

70. מערכת Cyber-over-RF להתמודדות עם רחפנים

21 במאי 2026

[Sentrycs Brings 'Cyber-over-RF' Drone Hijack Tech to the Tactical Edge]

Sentrycs Scout היא מערכת נגד כלי טיס לא מאוישים ובמיוחד רחפנים, המשתמשת בטכנולוגיית Cyber-over-RF, שנועדה לאתר, לעקוב, לזהות ולאפשר פגיעה בכלי הטיס ממרחק בטוח. המערכת הוצגה על ידי חברת סנטריקס באירוע של כוחות המבצעים המיוחדים (SOF) בפלורידה,

המערכת מבוססת על קליטה ופיענוח אותות הבקרה של הרחפן ואינטראקציה איתם במקום חסימתם, מה שמאפשר למפעילים להשתלט על הפונקציות הבסיסיות שלו ולהנחות אותו לנחיתה בבטחה במקום לאלץ אותו לרדת או לשבש את התקשורת הסמוכה. על ידי הימנעות מטכניקות שיבוש מסורתיות, Sentrycs Scout מסייע בהפחתת הפרעות בתדרי רדיו (RF) ואפקטים נלווים, תוך שמירה על פעולה בטוחה ורציפה. המערכת גם מספקת מודיעין מעשי על מספרים סידוריים של רחפנים, מיקומים ומאפייני טיסה, יכולת המאפשרת תגובה מהירה יותר של המפעיל.

המערכת, המופעלת על ידי סוללה קומפקטית, נישאת על ידי אדם, ומאפשרת פריסה מהירה ללא תלות בתשתית קבועה. היא מותאמת במיוחד לפעולות בסביבות עירוניות צפופות, שבהן שמירה על רציפות התקשורת היא קריטית, ויש להימנע משיבושים של מערכות מורשות. תרחישי שימוש פוטנציאליים כוללים הגנה על כוחות טקטיים, אבטחת שיירות, הגנה על VIPs, אכיפת גבולות וסיורי תשתיות.

לדברי סנטריקס, המערכת נועדה לספק מודעות מצבית בזמן אמת בסביבות מאוימות, תוך סיוע למפעילים למזער את הסיכון התפעולי.

החברה, שבסיסה בישראל, נרכשה על ידי אונדס בנובמבר 25.



[תקשוב ובינה מלאכותית]

טכנולוגיות

71. נוירו-טכנולוגיות ישפרו תפקוד אנשי צבא הפועלים בתנאי לחץ

2 באפריל 2026

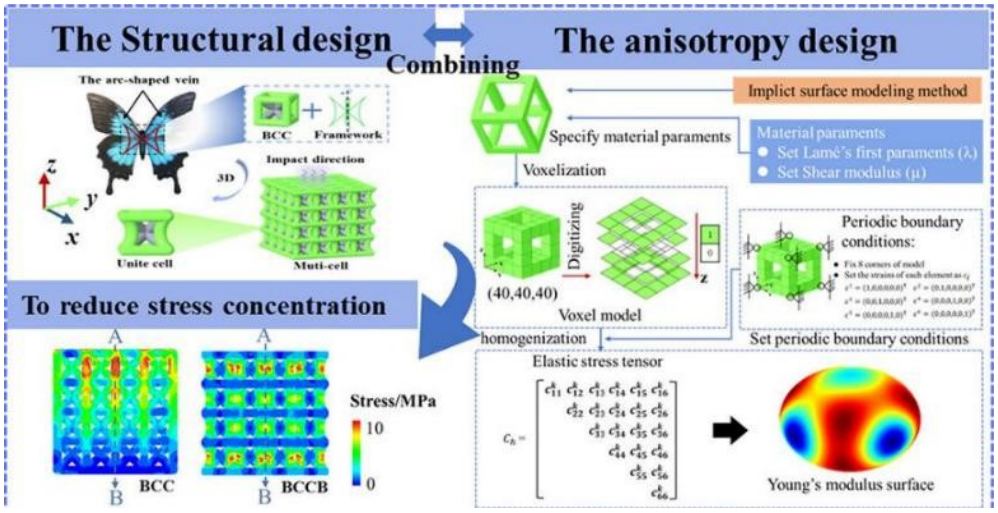
Audicin Targets Military Readiness with Brainwave-Based Wellness Tech

החברה הפינית Audicin פועלת לשילוב נוירו־טכנולוגיות מתקדמות בקהילות ביטחוניות, במסגרת שיתוף פעולה עם Allied Federal Solutions האמריקנית. מטרת המיזם היא לשפר מוכנות מבצעית, התאוששות ושינה בקרב אנשי צבא ואנשי ביטחון הפועלים בתנאי לחץ גבוה.

הטכנולוגיה של Audicin מבוססת על שילוב של "הכוונת גלי מוח (brainwave entrainment)" עם מדעי המוזיקה, במטרה לווסת מצבי סטרס, לשפר ריכוז ולסייע בהתאוששות. הפתרונות כוללים אפליקציה סלולרית, מערכת ראש ייעודית לשינה, וכן ערכת פיתוח (SDK) המאפשרת לשלב את המערכת בפלטפורמות קיימות. ייחודיות המערכת טמונה בשילוב בין מוזיקה מקורית, תדרים בינאורליים מתוכננים מראש וסאונד מרחבי, כך שניתן להפעיל אותה גם בציוד קיים ואף באמצעים לבישים, תוך שימוש באותות ביומטריים להפעלה אוטומטית של תהליכי התאוששות – ללא צורך בחומרה חדשה.

הפתרונות מותאמים במיוחד לסביבה צבאית, כולל מצבים שבהם אין גישה לטלפונים או לתקשורת חיצונית. במסגרת זו נבחנת גרסה לא מקוונת של מערכת הראש לשינה, הכוללת תוכניות התאוששות מובנות מראש. לפי מנכ"לית החברה, המערכת נועדה לפעול ברקע חיי היומיום ולסייע בוויסות עומס קוגניטיבי וסטרס בזמן אמת, ולא רק לאחר התרחשותם.

מבחינה עסקית, החברה גייסה לאחרונה כ־1.9 מיליון דולר, ובכך הגדילה את סך ההשקעות לכ־3 מיליון דולר. בנוסף, היא מדווחת על עסקאות פוטנציאליות בהיקף של כ־8 מיליון דולר, בין היתר בזכות עניין גובר מצד גורמי ביטחון בשיפור ביצועים קוגניטיביים וחוסן נפשי. השותפות עם Allied Federal Solutions נתפסת כמהלך מבטיח, המכוון להרחבת השימוש בטכנולוגיות מבוססות שינה ורווחה הן למחקר קליני והן ליישומים רחבים יותר בקרב כוחות צבא וקהילות גימלאים מהשירות.



טכנולוגיות

72. מודלי יסוד של בינה מלאכותית עשויים לחולל מהפכה בתכנון ותפעול של נחילי רובוטים

1 במאי 2026

They won't just follow orders: Robot swarms could gain a startling new kind of autonomy

מחקר חדש של חוקרים מהאוניברסיטה החופשית של בריסל (בלגיה) ומרכז CISPA Helmholtz לאבטחת מידע (גרמניה) קובע כי מודלי יסוד (Foundation Models) - מערכות בינה מלאכותית רחבות היקף המאומנות על מאגרי נתונים עצומים - עשויים לשנות מהיסוד את התכנון, הפריסה והתפעול של נחילי רובוטים. נחילי רובוטים מוגדרים כמערכות המורכבות מרובוטים פשוטים רבים המתאמים פעילות ללא בקרה מרכזית. כיום, תוכנות הבקרה לנחילים נכתבות ידנית על ידי מומחים, בתהליך נוקשה המחייב צפייה מראש של כל תרחיש אפשרי ומתקשה להתמודד עם אירועים בלתי צפויים, כגון כשלי חיישנים במחסנים לוגיסטיים או תנאים משתנים בזירות אסון כמו רעידות אדמה.

החוקרים מציעים להטמיע מודלי יסוד ישירות בחומרה של כל רובוט בנחיל, כך שהם יעבדו קלטי חיישנים - כגון תמונות מצלמה או קריאות טמפרטורה - ויפיקו באופן ישיר פעולות קולקטיביות תואמות. טכנולוגיה זו תאפשר לנחילים להשיג רמות אוטונומיה וסתגלנות שטרם הושגו: הם יוכלו לשנות את התנהגותם בזמן אמת, לסטות מהמשימה המקורית במידת הצורך ולתקשר עם בני אדם באופן טבעי באמצעות דיבור או מחוות.

כדוגמה ליכולת זו, החוקרים מתארים נחיל המנטר יער ומאתר אדם פצוע; המערכת תוכל לעבור באופן עצמאי למשימת סיוע דחופה, לא מכוח תכנות מפורש אלא משום שהסיטואציה דרשה זאת.

לצד הפוטנציאל, המחקר מדגיש חסמים טכניים, סיכונים ושאלות אתיות שיש לפתור בטרם יישום החזון:

- **מגבלות חומרה**: הצורך להתאים את המודלים להרצה על גבי הרובוטים עצמם.
- **תיאום נחילי**: הצורך להבין כיצד המודלים מתרגמים התנהגות של רובוט בודד לפעולה מתואמת ברמת הנחיל.
- **אבטחה ואמינות**: חשש משמעותי מ"הזיות" (Hallucinations) של המודלים, המייצרות פלט שגוי אך סביר למראה, שעלול להוביל לכשלים אמינות קריטיים.
- **איזון בקרה**: הטבע ההסתברותי של מודלי היסוד מעלה שאלות לגבי הפשרה הנדרשת בין רמת האוטונומיה לבין היכולת לשלוט במערכות אלו.

החוקרים סבורים כי בעוד שמודלים אלו יכולים להוות בסיס לפעולה אוטונומית אחראית השוקלת תגובות אנושיות, יש לאמץ גישת מחקר מאוזנת המשלבת ניהול סיכונים בתוך מסגרת עבודה מקיפה של "אתיקה מוטמעת בתכנון" (Ethics-by-design).

מאמר מדעי

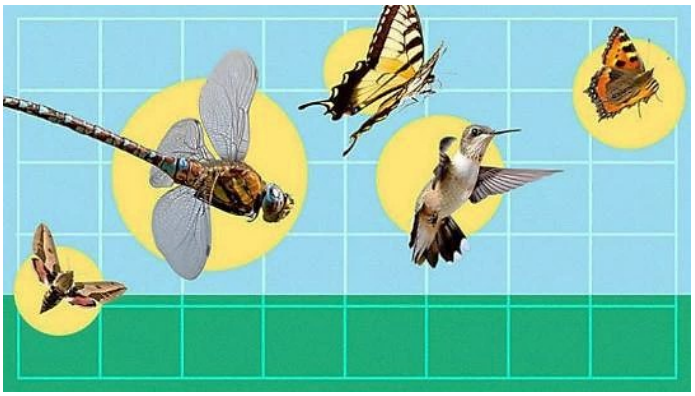
טכנולוגיות

73. הבנת מעוף חרקים תסייע לשיפור יציבות של כלי טיס עם נפנוף כנפיים

4 במאי 2026

New understanding of insect flight points way to stable flapping-wing robots

חוקרים מאוניברסיטת קורנל בארה"ב מציגים מודל חישובי חדש המפענח כיצד המורפולוגיה של חרקים מייצבת את מעופם. המחקר, שהחל לפני למעלה מעשור בבחינת המעגלים העצביים של זבוב הפירות, הראה כי הזבובים חשים את נטיית גופם בכל נפנוף כנף, המתרחשת בתדירות של אחת ל-4 מילישניות, כדי לשמור על יציבות. כדי להרחיב את ההבנה לכלל החרקים מעבר לתצפיות ספציפיות, פיתחו החוקרים מודל המבוסס על משוואות המייצגות את הפיזיקה של הצימוד בין הגוף לכנף ואת האווירודינמיקה הבלתי-יציבה.



Credit: Laila Milevski/Cornell University

המודל זיהה חמישה פרמטרים פיזיקליים קריטיים המגדירים "מרחב מורפולוגי וקינמטי חמש-ממדי": יחס המסה בין הכנף לגוף, עומס הכנף (wing loading), מיקום ציר הכנף, תדירות נפנוף הכנף ואמפליטודת תנועת הכנף. ניתוח המרחב הזה הניב שתי נוסחאות המגדירות מדד ליציבות, תוך התחשבות בצימוד בין אינרציית הכנף לגוף. צימוד זה תלוי ביחסי גומלין המביאים את המערכת למצב של "אנטי-רזוננס", המאפשר לבעל החיים לשלוט בתנודות גופו ולהישאר במצב של "תעופה יציבה פסיבית" (passively stable flight) גם תחת הפרעות של משבי אוויר.
הממצאים סותרים הנחות קודמות לפיהן רוב החרקים אינם יציבים פסיבית וזקוקים לבקרה עצבית רציפה. החוקרים גילו כי צורות רבות של נפנוף כנפיים הן למעשה יציבות מטבען כאשר בוחנים את המרחב המורפולוגי המורחב. תגלית זו מספקת עקרון תכנוני לכלי טייס עם נפנוף כנפיים, המשיג יציבות על ידי כוונון צורת הכלי ותדירות הנפנוף, במקום הסתמכות בלעדית על מערכות בקרת משוב מורכבות. בנוסף, המודל מאפשר שימוש בשיטות כמותיות לחקר המעוף של ציפורים וחרקים.
מאמר מדעי

טכנולוגיות

74. עבור רובוטים אוטונומיים, לא כל החוקים שווים

1 במאי 2026

For autonomous robots, not all rules are equal
חוקרים מהאוניברסיטה של מדינת איווה בארה"ב בשיתוף עם מכון ETH בציריך, שוויץ, פיתחו מסגרת עבודה פורמלית חדשה המכונה "ספרי חוקים" (rulebooks) לניהול קבלת החלטות במערכות אוטונומיות. המודל החדש נועד לתת מענה לכשלים המובנים בשיטה המקובלת כיום בתעשייה ובאקדמיה, המבוססת על פונקציית עלות מתמטית יחידה (single mathematical cost function). בשיטה המסורתית, המערכת משקללת את כל היעדים – בטיחות, חוקיות, יעילות ונוחות – לכדי ציון מספרי אחד באמצעות משקולות (weights) המייצגות את החשיבות היחסית של כל יעד. החוקרים טוענים ששיטה זו מייצרת "טרייד-אוף" פסול, שכן היא מתייחסת לבטיחות כאל משתנה שניתן לאזן מול יעדים אחרים כמו מהירות, בעוד שבטיחות צריכה להוות מגבלה קשיחה. בנוסף, השקלול הסופי בשיטה הישנה הוא "אטום" ואינו מאפשר להבין את הרציונל שמאחורי בחירת הרובוט או לבחון אם סדרי העדיפויות היו מאוזנים נכון.
מערכת ה-rulebooks פועלת על ידי דירוג היררכי של יעדים במקום ערבובם לכדי ערך סקלרי אחד. במסגרת זו, כל חוק מייצג יעד ספציפי, והמערכת מגדירה בבירור אילו חוקים קודמים לאחרים, אילו נמצאים במעמד שווה, ואילו אינם ניתנים להשוואה ישירה. גישה זו מאפשרת למערכות אוטונומיות להתמודד עם מצבים של אילוצים בלתי פתירים, שבהם כל פעולה אפשרית תוביל להפרת חוק כלשהו, כגון הצורך לבחור בין בלימה ופגיעה בהולך רגל לבין סטייה מהנתיב והתנגשות ברכב אחר. בעוד שמודלים של אילוצים קשיחים (hard-

versus-soft) קורסים במצבים כאלו ומגדירים אותם כבלתי פתירים, ה-rulebooks מספקים דרך עקרונית להשוות בין הפרות בלתי נמנעות ולבחור באופציה המזיקה פחות, באופן הדומה לשיקול דעת אנושי שבו חוקים קריטיים מקבלים קדימות מוחלטת.

מבחינה הנדסית, המודל מאפשר מפרט הדרגתי של סדרי עדיפויות, כך שחוקי בסיס המוגדרים על ידי הרגולציה יכולים להוות שכבה מחייבת עבור כל היצרנים, בעוד שחברות שונות רשאיות להוסיף תיעדוף משלהן ליעדים משניים, כל עוד הם עקביים עם שכבת הבסיס.

הוכח שהמודל מסוגל לאחד תחת קורת גג אחת מתודולוגיות בקרה שונות, הכוללות חוקים לוגיים, יעדי אופטימיזציה וגישות מבוססות אילוצים. בניסויים שנערכו, האלגוריתמים הראו יעילות גבוהה ביצירת תוכניות תנועה המכבדות מבני עדיפויות מורכבים, ואף עלו בביצועיהם על שיטות תכנון סטנדרטיות במצבי קיצון.

יתרון מכריע של המערכת הוא השקיפות שהיא מעניקה לניתוח שלאחר תקרית; המודל אינו מחשב רק פעולה מיטבית אחת אלא מזהה את כל הפעולות האופטימליות תחת מערכת חוקים מתועדפת, מה שמאפשר למהנדסים ולרגולטורים לבחון בדיוק אם הרובוט פעל בהתאם לערכים ולחוקים שהוגדרו לו כחשובים ביותר.

[מאמר מדעי]

[טכנולוגיות]

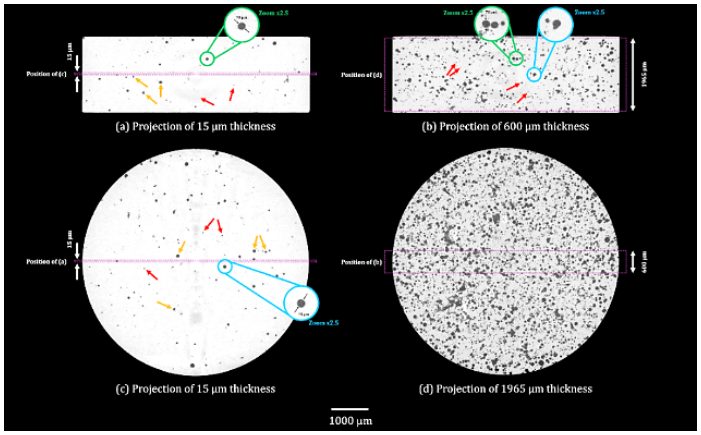
75. מחקר חשף את מנגנון הכשל של מתכות מודפסות, בהשפעת אימפקט גבוה

4 במאי 2026

[Real-time X-ray experiments reveal how 3D-printed metals fail under extreme impact]

חוקרים ממכון IMDEA Materials ואוניברסיטת קרלוס השלישי במדריד (UC3M), בשיתוף מוסדות מצרפת ומעבדות JASRI מיפן, פיענחו את מכניקת השבר של חלקי מתכת המיוצרים בהדפסה תלת-ממדית, תחת עומס דינמי. המחקר התמקד בשתי סגסוגות נפוצות המודפסות בטכנולוגיה של התכת אבקה בלייזר (Laser Powder Bed Fusion - LPBF): סגסוגת אלומיניום AlSi10Mg וסגסוגת טיטניום Ti-6Al-4V. באמצעות שימוש בקרני רנטגן בעצימות גבוהה במתקן הסינכרוטרון האירופי (ESRF), בוצעו תצפיות בזמן אמת המקשרות בין מנגנונים ברמת הנקבוביות (pore-scale) לבין תגובת השבר המקרוסקופית של החומר.

הניסויים כללו פגיעה בדגימות המתכת במהירויות גבוהות של עד 750 מטרים לשנייה. החוקרים השתמשו בטכניקת ultrafast X-ray phase-contrast imaging עם רזולוציית זמן של ננו-שניות. רזולוציה זו איפשרה לתעד את רצף האירועים המלא בתוך המתכת: ראשית, מעבר גל ההלם (shock wave) גורם לדחיסת החומר ולקריסת הנקבוביות המיקרוסקופיות שנותרו בתהליך ההדפסה. לאחר מכן, התפשטות גלי המאמץ (stress waves) יוצרת מצב של מתיחה בתוך החומר, הגורם לנקבוביות להיפתח מחדש ולגדול. בשלב הסופי, החללים הפנימיים מתלכדים (void coalescence) ויוצרים סדק פנימי המוביל ל"שבר התנתקות" (spall fracture).



X-ray computed tomography scans showing the porous microstructure of an additively manufactured AlSi10Mg specimen prior to testing. Credit: Journal of the Mechanics and Physics of Solids (2026)

המחקר מדגיש כי שבר התנתקות שונה משברים סטנדרטיים בכך שהוא נוצר בתוך ליבת החומר כתוצאה מהתנהגות גלי המאמץ, ולא על פני השטח, מה שהופך את איתורו למורכב במיוחד. למרות ההבדלים המורפולוגיים בין האלומיניום לטיטניום, נמצא כי מנגנון הנזק הבסיסי בשתי הסגסוגות זהה ונשלט על ידי צמיחת חללים והתלכדותם תחת עומס הלם. תוצאות אלו מספקות פרוטוקול מערכתי לחקירת כשל בחומרים נקבוביים ומציעות דרכים לשיפור עמידותם של רכיבים מודפסים ביישומי תעופה, ביטחון וספיגת אנרגיה. החוקרים מציעים להרחיב בעתיד את המודל לבחינת סגסוגות נוספות ומתכות קלות כגון מגנזיום.

מאמר מדעי

טכנולוגיות

76. פיתוח מערכת ניווט תת-קרקעית עבור צוותי חילוץ

23 באפריל 2026

Researchers develop navigation system for underground rescue teams



A driving robot during tests in a tunnel. Credit: IFG – TU Graz

פעילויות תת-קרקעיות, למשל במנהרות או במכרות, הן מסוכנות וקשות עבור צוותי חילוץ. הדבר נכון במיוחד אם התשתית הטכנית קרסה עקב פיצוצים או שריפה, ואין אותות טלפון נייד, חשמל, אור, Wi-Fi או GNSS. עשן, הריסות ונתיבים פגומים הופכים את ההתמצאות לקשה עוד יותר.

במענה לאתגרים אלו, פרויקט NIKE MATE, שבו שותפים אוניברסיטת גראץ לטכנולוגיה, אוניברסיטת ליאובן וגופים ממשלתיים והנדסיים באוסטריה, פיתח מערכת המשלבת רובוטים ובני אדם ברשת תקשורת אחודה. התהליך מתחיל ברובוט סייר המצויד בחיישני LiDAR, מצלמה ואודומטר גלגלים (Wheel Odometry), הסורק את השטח ובונה מפה דינמית בזמן אמת. המערכת משתמשת ברשת UWB (Ultra-Wideband) עצמאית להעברת נתונים ואיכון. אנשי החילוץ העוקבים אחרי הרובוט מצוידים בתגי UWB ומציבים לאורך נתיבם עוגני UWB (anchors). עוגנים אלו מאפשרים מדידת מרחקים בין כל הנוכחים גם ללא קו ראייה ישיר (Non-Line-of-Sight), מה שמבטיח איכון של הרובוטים והמחלצים בדיוק הגבוה ממטר אחד.

היבט טכני נוסף נוגע לניטור התנועה של צוותי החילוץ. על נעלי המחלצים מותקנים חיישנים אינרציאליים הכוללים מדי תאוצה וחיישני מהירות זוויתית (Angular Rate Sensors). נתונים אלו מעובדים באמצעות בינה מלאכותית המזהה דפוסי תנועה ספציפיים כמו הליכה, הליכה על ארבע או זחילה. לשיפור אמינות האיכון, המערכת משתמשת בשיטת Factor Graph Optimization, המאפשרת למערכת לשקלל מחדש מדידות עבר ולעדכן את המפה בכל פעם שמישהו עובר בנקודה שכבר מופתה בעבר. המערכת הוכחה בניסויי שדה במתקן Zentrum am Berg, וכעת המאמצים מתמקדים בהקשחת הרכיבים ובשילוב מיני-רחפנים להרחבת איסוף הנתונים מנקודת מבט עילית.

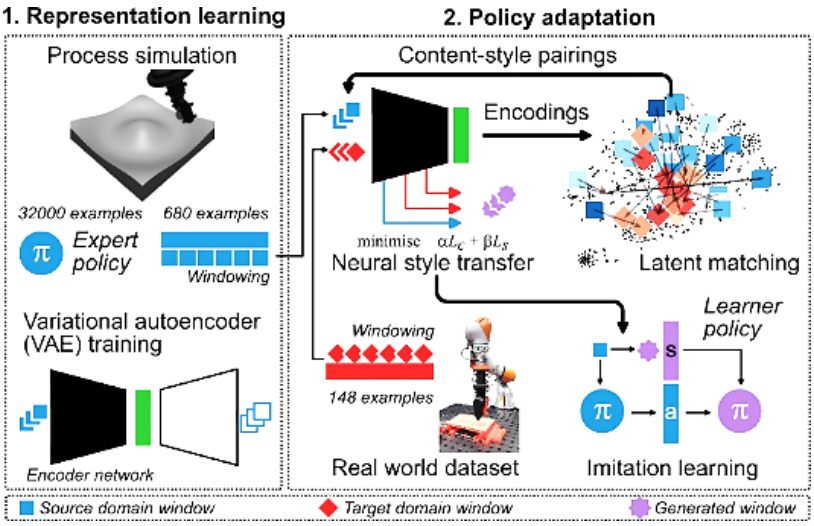
מאמר מדעי

טכנולוגיות

77. שיטת אימון שמאפשרת לרובוט ליישם בעולם האמיתי מיומנות שנלמדה במעבדה

6 במאי 2026

AI training method helps robots carry lab-learned skills into real-world tasks



Overview of proposed framework. Credit: Scientific Reports (2026)

שיטה חדשה מבוססת על בינה מלאכותית, מציעה פתרון מתקדם לאתגר המדעי וההנדסי המכונה "sim-to-real gap". פער זה מייצג את ההבדל המהותי בין התנהגות רובוטים בסביבות סימולציה סטריליות לבין תפקודם בעולם הפיזי, שבו משתנים בלתי צפויים כמו שינויים בתכונות חומרים, כוחות חיכוך ודינמיקה משתנה, וכן רעש סטטיסטי בחיישנים, גורמים לעיתים קרובות לחוסר אמינות ולכשלים במערכות אוטונומיות. המחקר החדש מציג טכניקת אימון המשתמשת בבינה מלאכותית כדי לייצר באופן אוטונומי מגוון רחב של וריאציות בתנאי הסביבה בתוך המרחב הווירטואלי. גישה זו מאפשרת לרובוטים להעביר מיומנויות פיזיות מורכבות שנרכשו בסימולציה, כגון חיתוך מדויק או מניפולציה עדינה של חומרים, אל המציאות הפיזית בצורה יציבה וגמישה הרבה יותר, גם כאשר הם נתקלים בתנאים בלתי ודאיים או בכאלו שלא נראו במהלך האימון המקורי.

החדשנות המרכזית בשיטה זו טמונה ביכולת להשיג ביצועים מהימנים בעולם האמיתי תוך הסתמכות על כמות מזערית בלבד של נתונים פיזיים משלימים, ובכך היא פותרת את אחת הבעיות המרכזיות ברובוטיקה – הצורך באיסוף נתונים מהעולם האמיתי שהוא תהליך יקר, איטי וכרוך בסיכונים בטיחותיים, במיוחד במשימות הדורשות אינטראקציה פיזית אינטנסיבית.

היכולת להסתגל לתנאים משתנים ללא הגדרה מחדש נרחבת הופכת את המערכות הללו ליעילות במיוחד בתחומים שבהם רמת אי-הוודאות גבוהה, לרבות סביבות עבודה מסוכנות כמו פירוק מתקנים גרעיניים שבהן הגישה האנושית מוגבלת. החוקרים שואפים להוביל ליצירת מערכות רובוטיות תבוניות במודל "Plug-and-Play", שניתן יהיה לאמן בסימולציה ולפרוס במהירות בתוך סביבות עבודה חדשות במינימום קונפיגורציה, ובכך להפחית באופן דרמטי את עלויות הפיתוח, לקצר את זמני הפריסה ולעודד חדשנות במערכות תעשייתיות אוטונומיות.

מאמר מדעי

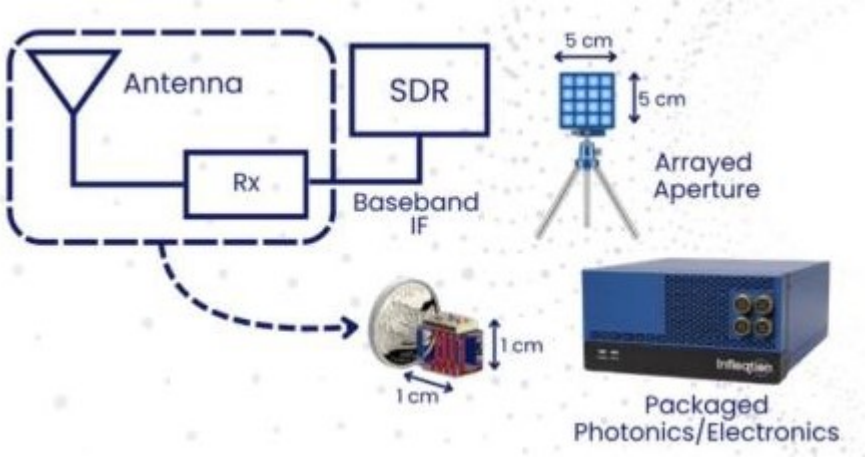
טכנולוגיות

78. חישת RF רובוסטית בסביבה מאתגרת בעזרת אטומי רידברג

21 במאי 2026

Infleqtion Is Using Atoms to Listen for Signals in Jammed Battlefields

חישה קוואנטית של קרינה אלקטרומגנטית בספקטרום רחב וברגישות גבוהה אפשרית בעזרת שימוש באטומי רידברג. בסביבה רוויית הפרעות ושיבוש, חישה רגישה בספקטרום רחב מאפשרת גילוי מוקדם, סיווג ואימות שידור RF טוב בהרבה מגישות קונבנציונליות. חברת Infleqtion פיתחה במשך כעשור את מערכת Quantum Spectrum שמספקת חישה בתחום התדר Hz-THz [12 סדרי גודל] במפתח יחיד.



ארכיטקטורת מערכת Quantum spectrum של Infleqtion (תמונה: Infleqtion)

החברה בונה כעת אבות-טיפוס, מבצעת ניסויי שדה, ומקשיחה את המערכת ליישום מבצעי. המערכת נבדקת במסגרת מספר יוזמות ביטחוניות בארה"ב, אנגליה ואוסטרליה, וכן משתתפת בתוכנית RIQER (Robust, Integrated Quantum Electromagnetic Receiver) של מעבדת המחקר של הצבא האמריקני. במסגרת תוכנית זו מפותחת גרסה ניידת של המערכת לדרישות ניווט ותזמון (positioning, navigation, and timing) ולבקרת הספקטרום האלקטרומגנטי תחת סביבה חסומת GPS. תוכנית RIQER אמורה לקרב יישום חישה קוואנטית של RF ליישום מבצעי.

טכנולוגיות





לברורים ושאלות:
מס' הטלפון במפא"ת
03-6976081

