– בלמ"ס –



מארס 2026

מו"פ ביטחוני בעולם





מפא"ת
הופכים חזון לביטחון

מו"פ ביטחוני בעולם

ראו רשימת הידיעות בעמוד הבא

גיליון מארס 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 סקירה:

תקשורת במהירות האור – המהפכה האופטית בחלל

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

תוכן העניינים

1. סקירה: תקשורת במהירות האור – המהפכה האופטית בחלל 4

כללי וארגון

2. מערכת הגנ"א לאירועי גביע העולם בכדורגל תשמש שלב בפיתוח "כיפת זהב" 11
3. טורקיה רואה פוטנציאל להרחבת קשרי ביטחון אסטרטגיים עם יפן 12
4. לוקהיד מציגה "אוטונומיה משימתית" מהדור הבא 13
5. תפקידן המתרחב של מערכות בלתי מאוישות ואוטונומיות בלוגיסטיקה צבאית 13
6. עולם ההשקעות במו"פ משתנה. סין מובילה את מהפכת ההשקעות מאז שנת 2000 14
7. חוקרים מתריעים: התקפות סייבר על תשתיות קריטיות עלולות לגרום משברים חברתיים 15
8. תחזית להוצאות ביטחון גלובליות בשנת 2026 16

יבשה

9. הטנק הבריטי החדש צ'לנג'ר 3 עבר בהצלחה ניסויי ירי מאוישים 17
10. הגנה אקטיבית "אגרוף ברזל" תותקן על רק"ם מסוג 90CV באירופה 17
11. צבא ארה"ב מבקש מהתעשייה פתרונות למיסוך עשן והסתרה 18
12. רק"ם חדש לחיל הרגלים הסיני 18
13. סינגפור: רק"ם חדש Terrex s5 עם הנעה היברידית-חשמלית 19
14. ארה"ב: פיתוח של כרב"מים קטנים לפעולה כנחיל 19
15. שבדיה: תוכנית להארכת תוחלת החיים של הרק"ם CV90 20
16. הודו חשפה מערכת נשק לייזר זעירה מותקנת על כרב"ם, נעזרת בבינה מלאכותית 21
17. חיל הנחתים הופך רכבי שיגור טילים מופעלים מרחוק לרכבים 22
18. חברת BAE Systems ביצעה ניסויים ברק"ם לא מאויש 23
19. הצבא הבריטי: מערכת אקוסטית לגילוי ואיכון ארטילריה 24
20. תחמושת רובים חדשה יעילה נגד כטב"מים 24
21. מודעות מצבית משופרת מבוססת בינה מלאכותית לרק"ם 25
22. קוריאה הדרומית מציידת טנקים בהגנה אקטיבית חדישה 26
23. חברת ריינמטאל פיתחה קסדה חדשה וציוד מיגון אישי מודולרי 27

אוויר והגנ"א

24. הודו: מטוס קרב מהדור השישי בעל כנפיים משנות־צורה 28
25. סין: כלי-טיס אישי חשמלי וזול 28
26. פיתוח מקל"טים שיתופיים עבור חיל הנחתים 29
27. מו"מ בין פקיסטאן לסעודיה על רכש מטוסי קרב JF-17 29
28. הגנה מפני כטב"מים קטנים בשטחי ארה"ב 30
29. פריסה מבצעית ראשונה של כטב"ם היברידי המונע במימן 30
30. השלמת ניסויי טיסה של מטוס הקרב KF-21 31
31. בריטניה: מסוק אוטונומי חדש ביצע טיסת בכורה 31
32. העברת אנרגיה בלייזר לכטב"ם בטיסה 32
33. אוקראינה: מערכת מכנית פשוטה וזולה ללכידת רחפנים 32
34. מכ"ם מתקדם עבור מטוסי הקרב Typhoon 33
35. מקל"ט אוטונומי הדגים בהצלחה יירוט והפלה מדומה 33
36. פיתוח מסל"טים שיפעלו יחד עם מסוקי תקיפה 34
37. פיתוח רחפן המודפס בתלת־ממד 34
38. אופטימיזציה של מטוס חשמלי היברידי Cavorite X7 35
39. מנוע היברידי-חשמלי חדש לכטב"מים טקטיים 36
40. מיקרוגל רב עוצמה יעיל נגד כטב"מים מונחי סיבים אופטיים 36

41. פיתוח חימוש מדויק עבור מסוקי תקיפה 37
42. צי ארה"ב: מועמד נוסף לתחרות מטוס הקרב העתידי NGAD 37
43. GE מפתחת מנוע היברידי - סילון/חשמלי 38

ים

44. מספנה קוריאנית תפתח כשב"ם אוטונומי גדול עבור צי ארה"ב 39
45. חברה הולנדית מפתחת פתרונות הגנה לתשתיות תת-מימיות 39
46. ניסויים בכטב"ם ימי לצורך לחימה נגד צוללות 40
47. טיל יפני חדש נגד ספינות מבצע תמרוני התחמקות 40
48. נורבגיה: ספינה ראשונה שתונע בדלק אמוניה 41
49. בהולנד החלו ניסויי ים בכשב"ם שמיוצר במדפסת תלת ממד 41
50. מערכת ללחימה במיקוש ימי המשלבת כשב"מים וכצב"מים 42
51. פורטוגל: ספינה ייעודית הנושאת כלים לא מאוישים מסוגים שונים 43
52. סין: טיל ים-ים היפרסוני המשוגר מצוללת 43

חלל

53. תוכניות השיגורים של חיל החלל וסוכנויות המודיעין בארה"ב 45
54. התנגדות לביטול פרויקט של נאס"א להחזרת דגימות ממאדים 46
55. סין: רובוט-אסטרונאוט הומנואידי ראשון 46
56. תצפית לווויינית הנסמכת על טכנולוגיה קוונטית 47
57. SpaceX חושפת את מערכת מעקב החלל 'Stargaze' 48
58. בוחנים הקמת מרכזי נתונים בחלל 48
59. DIU מעוניינת בלווייני צילום מסחריים לריגול במסלול 49
60. מומלצים לעיון 49

תקשוב ובינה מלאכותית

61. ניווט בעזרת חיישנים קוונטיים יכול לפתור את בעיית שיבוש GPS 50
62. מוליך-על חדש ומבטיח התגלה בעזרת בינה מלאכותית 51
63. טכנולוגיית הסתרה חדשה תגן על רכיבים אלקטרוניים מפני שדות מגנטיים 52
64. לקראת רכיבי מחשבים המבוססים על פטריות 53
65. ג'נרל דיינמיקס תפרוס אבטחת סייבר מבוססת AI בבסיסי חא"א 54
66. הדור הבא של דיסאינפורמציה: נחילי AI זדוניים 54
67. כיצד חבלה דיגיטלית הופכת לחלק בלתי נפרד מלחימה פיזית 55
68. הפנטגון מצמצם מגבלות על מודלי AI הפועלים על תשתית 56
69. נחסם שימוש רוסי לא מורשה ב-Starlink בחזית הלחימה 56

טכנולוגיות

70. תכנון כנפי גלשנים בהשראת כנפי חגב 58
71. הפנטגון משקיע בטכנולוגיית ניווט מגנטי אשר "אינה ניתנת לשיבוש" 59
72. חומר מרוכב עם יכולת ריפוי עצמי עשוי לאפשר תפקוד במשך מאות שנים 60
73. חומר חדש עוצר דימום קשה תוך שנייה 61
74. יריעות דקיקות משנות צורה – עבור רובוטים רכים עתידיים 62
75. רובוט עם יד מתנתקת וזוחלת, לטיפול בחפצים בזוויות גישה מרובות 63
76. חא"א משקיע בטכנולוגיות מתקדמות בהשראת הביולוגיה 63
77. יפן: ערכה זולה הופכת טלפון נייד לגלאי קרינה גרעינית 64
78. "חומר מרוכב דיגיטלי" משנה את קשיחותו בהתאם לצורך 65

1. סקירה: תקשורת במהירות האור – המהפכה האופטית בחלל

מאת: ד"ר מ.נ., מנהל בכיר למו"פ טכנולוגי–אסטרטגי, אלביט מערכות

תקציר

במהירות של כשבעה וחצי קילומטרים בשנייה, אלפי לוויינים חגים מעל ראשינו, משדרים נתונים בקצבים חסרי תקדים. במשך עשרות שנים, גלי רדיו היו עמוד השדרה של תקשורת החלל, אך כעת, כשדרישות רוחב הפס מזנקות ומאבק הכוחות הגיאופוליטי גובר, טכנולוגיה חדשה דורשת את מקומה: תקשורת לייזר. במקום אותות רדיו מפוזרים, קרן אור צרה וממוקדת שוברת את מחסום המהירות ומאפשרת להעביר טרה-ביטים של נתונים, מאובטחים יותר וחסינים בפני הפרעות.

המאמר צולל לעומק האתגרים ההנדסיים של מערכות PAT (Pointing, Acquisition, Tracking) והאלקטרו-אופטיקה, ובוחן מקרוב את "האויב הגדול" של הטכנולוגיה – האטמוספירה ומזג האוויר – תוך הצגת פתרונות מבוססי אופטיקה אדפטיבית ורשתות קרקע מבוזרות. מעבר לצד הטכני, המאמר מציג ניתוח גיאופוליטי של המרוץ לדומיננטיות בין התעשיות האמריקניות, התעשיות האירופיות וסין, ודן במודל העסקי החדש של "רוחב פס כשירות". המאמר חותם בתובנות על המשמעויות האסטרטגיות של עליונות אופטית בחלל, על תפקידה של הטכנולוגיה בעידן הקרב של האינטרנט הקוונטי ועד לאופן שבו קונסטלציות של לוויינים יצרו את רשת האינטרנט האולטימטיבית שתשנה את הדרך בה אנו תופסים קישוריות, ריבונות וביטחון לאומי.

מבוא – שבירת מחסום ה–RF

במשך קרוב לשבעה עשורים, תקשורת גלי רדיו (Radio Frequency) הייתה התשתית התקשורתית הבלעדית של החלל, משידור ה"ביפ" הראשון של ספוטניק (אוק' 1957) ועד לתמונות המרהיבות מטלסקופ ג'יימס ווב (JWST - James Webb Space Telescope). אולם, בעודנו צועדים לעומק שנת 2026, אנו עדים לנקודת שבירה: טכנולוגיית RF, על כל פיתוחיה, הגיעה לרוויה פיזיקלית ורגולטורית.



איור 1: צילום של טלסקופ החלל ג'יימס ווב. נאסא 2025.

הפרדוקס של ספקטרום מוגבל

הבעיה המרכזית בתקשורת RF נעוצה **ברוחב הפס המוגבל**. ככל שהדרישות לתעבורת נתונים עולות, מהנדסים נדחקו לתדרים גבוהים יותר (מ- L-band, 1-2GHz ועד Ka-band, 26-40GHz). אולם, ככל שהתדר עולה, האלומה הופכת רגישה יותר לניחות אטמוספירי, והספקטרום הופך לצפוף ויקר. וכפועל יוצא, "מלחמות התדרים" ב-ITU (איגוד הטלקומוניקציה הבינלאומי) הפכו למכשול פוליטי וכלכלי המעכב פריסת רשתות גלובליות.

הבשורה מעבר ל- FSOC (Free Space Optics Communication)

הפתרון אינו טמון בשיפור נוסף של גלי הרדיו, אלא בקפיצה אופטית לאזור Near Infrared בספקטרום האלקטרומגנטי. תקשורת אופטית במרחב החופשי (FSOC) פועלת בתדרים של מאות טרה-הרץ, סביב 193THz, עבור אורך גל של 1550 ננומטר.

- **רוחב פס**: הלייזר מציע פוטנציאל לרוחב פס הגדול פי 1,000 ומעלה מזה של RF.
- **התבדרות אלומה** (Beam Divergence) : בעוד שאלומת RF מתבדרת ומתפשטת על פני מאות קילומטרים על פני הקרקע, אלומת לייזר נותרת ממוקדת לקוטר של עשרות מטרים בודדים, מה שמאפשר העברת אנרגיה יעילה יותר.

רשת אינטרנט בין–כוכבית

אנחנו כבר לא מדברים על קישור נקודתי, אלא על הקמת "שדרת אינטרנט" (Backbone) חללית. החזון הוא יצירת רשת Mesh אופטית שתחבר לווינים, תחנות חלל ובסיסים עתידיים על הירח ומאדים, במהירויות שיאפשרו צפייה בסטרימינג ב-4K ממרחק מיליוני קילומטרים – תשתית שתהפוך את החלל לחלק אינטגרלי מהכלכלה הדיגיטלית הארצית.

היסטוריה ומוטיבציה – מהמעבדה למסלול

המעבר של תקשורת הלייזר מחזית המדע הבדיוני אל פס הייצור של ענקיות הטכנולוגיה הוא סיפור של הבשלה טכנולוגית פנומנלית בעשור האחרון.

מהניסויים של נאסא ועד עידן הקונסטלציות

הדרך נסללה באמצעות פרויקטים חלוציים כגון OPALS (2014) של נאסא, שהוכיח כי ניתן לשדר וידאו מהתחנה הבינלאומית לקרקע בלייזר, ו- LLCD שקבע שיאי מהירות מהירח. פריצות דרך אלו הוכיחו כי ניתן להתגבר על אתגרי הדיוק (Pointing). אולם, המהפכה האמיתית החלה עם פריסת קונסטלציות LEO (Low Earth Orbit). עם פרויקט Starlink, SpaceX הפכה את קישורי הלייזר הבין-לווייניים (Optical Inter-Satellite Links) OISL- מניסוי יקר לסטנדרט תעשייתי, כשהיא מייצרת אלפי טרמינלים בקנה מידה מסחרי.

המוטיבציה האזרחית: הדור הבא של הקישוריות

העולם האזרחי צמא לנתונים. פריסת רשתות 5G ו-6G דורשת Backhaul (תשתית קישור אחורית) בנפחים עצומים.

- **צמצום שיהוי** (Latency) : בחלל (ריק), האור נע מהר יותר ב-30% מאשר בסיב אופטי מזכוכית. עבור המגזר הפיננסי (מסחר בתדירות גבוהה) וגיימינג ברשת גלובלית, הקישור האופטי בחלל מהווה את הנתיב המהיר ביותר בין שתי נקודות על פני כדור הארץ.
- **כיסוי גלובלי**: היכולת לספק פס רחב לספינות בלב ים, מטוסים בטיסות טראנס-אטלנטיות ואזורים כפריים מרוחקים מבלי להסתמך על כבלים קרקעיים.

המוטיבציה הביטחונית: שרידות וחשאיות

עבור גופי ביטחון וממשל, הלייזר אינו רק עניין של מהירות, אלא של **עליונות מידע**:

- **חסינות בפני לוחמה** אלקטרונית (Jamming) : היכולת לחסום אותות RF הופכת לנשק נפוץ. לייזר, בשל האלומה הצרה והתדר הגבוה, חסין כמעט לחלוטין בפני שיבוש מרחוק.
- (Low Probability of Intercept/Detection) LPI/LPD: קשה מאוד לאויב לגלות שמתבצע שידור, ובלתי אפשרי ליירט את המידע מבלי להימצא פיזית בתוך מסלול הקרן הצר (מטרים ספורים).
- **מודיעין בזמן אמת**: לווייני ריגול ומל"טים אסטרטגיים נדרשים להוריד תצלומי 4K ברזולוציה גבוהה או וידאו בזמן אמת לניתוח בינה מלאכותית (AI) על הקרקע. רק הלייזר מאפשר רוחב פס כזה ללא שיהוי, מה שמאפשר סגירת מעגלי אש ותצפית תוך שניות בודדות.

אלקטרו–אופטיקה בקצה גבול היכולת

בעוד שתקשורת RF מסורתית מתבססת על שידור רחב-אלומה (Wide beam), תקשורת לייזר במרחב החופשי (FSO) היא אירוע טכנולוגי המצריך דיוק קיצוני. המערכת נדרשת להעביר נתונים בקצבים של 10Gbps ואף 100Gbps על פני מרחקים של אלפי קילומטרים, תוך שימוש בהספקים נמוכים יחסית.

בחירת אורך הגל והמקור האופטי

הסטנדרט התעשייתי כיום מתרכז סביב אורך גל של 1550nm תחום NIR (אינפרה-אדום קרוב). לבחירה זו מספר סיבות הנדסיות מכריעות:

- **בשלות טכנולוגית** : שימוש ברכיבי EDFA (Erbium-Doped Fiber Amplifiers) המגיעים מעולם הסיבים האופטיים התת-ימיים, המאפשרים הגברה אופטית יעילה ללא המרה לאות חשמלי.
- **בטיחות עין** (Eye Safety) : בניגוד לאור לייזר נראה, אורך גל זה בטוח יותר לעבודה בסביבת בני אדם בקרבת תחנות קרקע.
- **חלונות אטמוספיריים**: בתדרים אלו קיימת "בליעה" פחותה יחסית של גזי אטמוספירה מסוימים, אם כי האתגר מול עננות נותר בעינו.

מודולציה וגילוי (Modulation & Detection)

המעבר לשיטות גילוי קוהרנטיות (Coherent Detection) שינה את כללי המשחק. במקום פעימות פשוטות של "יש אור / אין אור" (Optical On/Off-Keying = O3K) מערכות מודרניות מזהות גם שינויי פאזה:

- QPSK ו- DPSK: שיטות המאפשרות דחיסת מידע רבה יותר על אותו רוחב פס ושיפור משמעותי ביחס אות לרעש (SNR).
- **התמודדות עם רעש רקע** : הגילוי הקוהרנטי מאפשר סינון אפקטיבי של קרינת השמש (Solar background noise), שהיא המקור המרכזי להפרעות אלקטרו-אופטיות בחלל.

מנגנון PAT, אתגר הדיוק המיקרו–רדיאני

זהו הלב ההנדסי של הטרמינל האופטי (LCT – Laser Communication Terminal). כדי לקיים קשר בין לוויינים החגים במהירות של כ-7.5Km/s, חייבים לנעול קרני לייזר ברוחב של מיקרו-רדיאנים בודדים זה על זה. התהליך מתבצע בשלושה שלבים:

1. **כוון ראשוני** (Pointing) – שימוש בנתוני מסלול (Ephemeris) גסים כדי לכוון את הטלסקופ לאזור המטרה.
2. **רכישה** (Acquisition) – סריקה מהירה של המרחב באמצעות קרן רחבה יותר או חיישן רחב-זווית עד לזיהוי "הבהוב" מהצד השני.
3. **עקיבה** (Tracking) – כאן נכנסת לתמונה מערכת הבקרה. שימוש במראות היגוי מהירות FSM (Fast Steering Mirrors) הפועלות בתדרים של קילו-הרצים כדי לפצות על רעידות זעירות של גוף הלוויין (micro-vibrations) השומרות על הקרן במרכז הגלאי.

הנדסת מערכת, מאזן הספק ערוץ התקשורת (Link Budget)

בניגוד ל- RF, שם העקומות הן יחסית סלחניות, באפיקים אופטיים איבוד האנרגיה הוא פונקציה של דיפרקציה (Diffraction-limited beam). משוואת הטווח האופטית מראה כי עוצמת האות הנקלטת (Pr) תלויה ביחס ישר לשטח המיפתח (Aperture) של הטלסקופ ובחזקה הפוכה של ריבוע אורך הגל ומרחק השידור:

$$Pr \propto Pt \cdot \frac{D_t^2 D_r^2}{\lambda^2 L^2}$$

כאשר D_t ו-D_r הם קטרי הטלסקופים המשדר והקולט, בהתאמה. זה מסביר מדוע הגדלת הטלסקופ בקרקע היא הדרך היעילה ביותר להתגבר על ניחותים מבלי להכביד על הלוויין.

האטמוספרה – המחסום האחרון של הפוטון

המעבר מלוויין לתחנת קרקע (Downlink) מציב אתגרים שאינם קיימים בקישורי לוויין-לוויין. בעוד שתקשורת RF מסוגלת "לחדור" עננות ואובך (במחיר של ניחות מסוים בתדרי Ka/Ku), עבור לייזר באורך גל של 1.55 מיקרו-מטר, ענן עבה הוא קיר אטום כמעט לחלוטין.

ניחות עקב פיזור ובליעה (Attenuation)

האטמוספירה מורכבת מגזים ומחלקיקים (אירוסולים) שגורמים לשתי תופעות מרכזיות:

- **בליעה** (Absorption): מולקולות מים (H_2O), פחמן דו-חמצני (CO_2) ומתאן סופגות את האנרגיה הפוטונית וממירות אותה לחום.
- **פיזור** (Scattering): פיזור ריילי (Rayleigh) מחלקיקים קטנים ופיזור מיי (Mie) מחלקיקים הגדולים מאורך הגל (כמו טיפות גשם או ערפל). ערפל כבד יכול לגרום לניחות של מעל 100dB לק"מ, מה שקוטע את הקשר מיידית.

טורבולנציה אטמוספרית וסינטילציה

גם ביום בהיר ללא ענן אחד, האטמוספירה אינה סטטית. שינויי טמפרטורה ולחץ יוצרים "בועות" אוויר (Eddies) בעלות מקדמי שבירה שונים (n).

- **טורבולנציה** (Turbulence) הגורמת לעיוות חזית הגל: כשהלייזר עובר דרך הבועות הללו, חזית הגל המישורית שלו מתעוותת.
- **נצנוץ** (Scintillation): בדומה לכוכבים המנצנצים בלילה, עוצמת האות בנקודת הקליטה משתנה במהירות (Fading). עבור מהנדסי תקשורת, זהו רעש סטטיסטי שעלול להוביל ליחס שגיאה BER = (Bit Error Rate) גבוה מאוד.

כדי להתגבר על האתגרים הללו, התעשייה אימצה שתי אסטרטגיות משלימות:

- **אופטיקה אדפטיבית** (Adaptive Optics - AO): טכנולוגיה שהושאלה מעולם הטלסקופים האסטרונומיים. חיישן חזית גל מודד את העיוות האטמוספירי בזמן אמת, ומחשב מהיר מעוות מראה גמישה (Deformable Mirror) המפצה על השיבוש. התוצאה: ריכוז מקסימלי של האנרגיה הנקלטת על הגלאי.
- **רשת תחנות קרקעיות** (Optical Ground Station Diversity): במקום להסתמך על תחנת קרקע אחת, מקימים רשת של תחנות במרחקים גיאוגרפיים גדולים (למשל: אחת בדרום ספרד, אחת ביוון ואחת במרוקו). סימולציות מראות שעם פריסה נכונה של 3-4 תחנות, ניתן להגיע לזמינות מערכת (Availability) של מעל 99.9% לאורך השנה, שכן ההסתברות שכולן יהיו מכוסות עננים בו-זמנית היא נמוכה מאוד.

קונסטלציות וניהול רשת (The Space Mesh)

כאן אנו עוברים מהפיזיקה של הפוטון הבודד לארכיטקטורה של רשת גלובלית.

ארכיטקטורת LEO Mesh

קונסטלציות כמו Starlink (SpaceX) או Kuiper (Amazon) משתמשות בקישורי לייזר בין-לווייניים (OISL) כדי ליצור "ענן" בשמיים. היתרון עצום:

- **עקיפת סיבים תת-ימיים**: מהירות האור בריק גבוהה בכ-30% ממהירותו בזכוכית (סיב אופטי). עבור סוחרים בבורסה (HFT) או גיימרים, תקשורת לייזר בחלל בין לונדון לניו-יורק מספקת שיהוי (Latency) נמוך יותר מכל סיב תת-ימי.
- **צמצום תלות בתחנות קרקע**: לוויין מעל האוקיינוס יכול להעביר נתונים ללוויין שמעל היבשת מבלי להזדקק לתחנת ממסר בלב ים.
- **קישוריות בכל מקום על פני כדוה"א**: אין תלות בתחנות בסיס מסורתיות אשר מגבילות את רדיוס הקליטה אל אזורים אורבניים מיושבים בלבד. ניתן למעשה להגיע מכל נקודה על פני כדור הארץ אל כל נקודה אחרת, בים, באוויר או ביבשה.

האינטגרציה בין LEO ל–GEO

העולם מתקדם למודל היברידי. לווייני GEO (בגובה 36,000 ק"מ) משמשים כ"תחנות ממסר" עבור לווייני LEO נמוכים (בגובה 800 ק"מ מעל פני כדו"א). מערכת EDRS (European Data Relay System), המכונה "SpaceDataHighway", מאפשרת ללווייני תצפית בגובה נמוך לפרוק נתונים בנפח עצום דרך לוויין GEO שנמצא תמיד בקשר עין עם אירופה, ובכך מבטלת את הצורך להמתין שהלוויין יעבור מעל תחנת הקרקע.



איור 2: אילוסטרציית מודל היברידי בין לווייני LEO מהירים ובין לווייני GEO סטטיים

המרוץ לדומיננטיות – כלכלה, גיאופוליטיקה וביטחון לאומי

המעבר של טכנולוגיית הלייזר מ"פרויקט מדעי" יקר לייצור תעשייתי המוני מסמן את תחילתו של מרוץ חימוש חללי טכנולוגי. המודלים העסקיים משתנים, והשחקנים המרכזיים מגדירים מחדש את מושג ריבונות המידע.

השחקנים המרכזיים: SpaceX מול העולם

תמונת השוק הנוכחית מחולקת לשלושה גושים מרכזיים, לכל אחד אסטרטגיה שונה:

- **ארה"ב והדומיננטיות של SpaceX**: באמצעות קונסטלציית Starlink, חברת SpaceX היא כיום המפעילה הגדולה בעולם של טרמינלים אופטיים. היא בחרה במודל של **אינטגרציה אנכית** – ייצור עצמי של הטרמינלים (In-house) בכמויות אדירות, מה שהוריד את המחיר ליחידה ממאות אלפי דולרים לעשרות אלפים בודדים. לצידה, ה-SDA (Space Development Agency) דוחף לסטנדרטיזציה צבאית כדי לאפשר ללווייניים של יצרנים שונים) כמו Lockheed Martin ו- Northrop Grumman "לדבר" זה עם זה בלייזר.
- **התעשייה האירופית:** אירופה, בהובלת חברות כמו Mynaric ו- Tesat הגרמניות, מתמקדת בלהיות ה"סופרמרקט" של הטרמינלים. החברות האירופאיות מייצרות מערכות איכותיות התואמות לסטנדרטים בינלאומיים עבור לקוחות ממשלתיים ומסחריים, כמו פרויקט Kuiper של אמזון. יש לציין כי היתרון האירופי טמון בניסיון ארוך שנים באופטיקה מדויקת.
- **המענה הסיני:** סין רואה בתקשורת לייזר בחלל רכיב קריטי ב"דרך המשי הדיגיטלית" שלה. היא משקיעה מאמצים כבירים בקונסטלציות כמו GuoWang, במטרה לייצר רשת שאינה תלויה בתשתיות המערב, תוך דגש על שילוב טכנולוגיות הצפנה קוונטית (QKD) כבר בשלב התשתית.

המודל העסקי: "רוחב פס כשירות" (Bandwidth as a Service)

המודל הכלכלי הישן שבו מפעיל לוויין קנה טרמינל, שיגר אותו והפעיל אותו לבד, הולך ונעלם. המודלים החדשים כוללים:

- Data Relay Networks: חברות כמו SpaceLink או SpaceForge בונות רשתות "ממסר" בחלל. לקוח (למשל, לוויין צילום של חברת חקלאות) לא צריך תחנות קרקע משלו, הוא פשוט "משלם לפי ג'יגה-בייט חודשי" כדי שהמידע שלו יעבור בלייזר דרך רשת הממסר וינחת בקרקע בנקודה הקרובה ביותר ללקוח.
- SaaS (Space-as-a-Service) : השכרת קיבולת לוויין בעל טרמינל תקשורת לייזר בזמן אמת עבור אירועים מיוחדים, ניהול אסונות או צרכים צבאיים דחופים.

המוטיבציה הביטחונית: חסינות ושרידות אסטרטגית

עבור גופי ביטחון, הלייזר הוא המענה היחיד (כמעט) לאיומים המודרניים:

- **עמידות בלוחמה אלקטרונית** (EW): גלי רדיו קלים מאוד לחסימה ושיבוש (Jamming). לייזר, לעומת זאת, עם אלומה ממוקדת ברוחב של מטרים ספורים, מחייב את האויב להיות בדיוק על קו הראייה כדי לשבש – משימה כמעט בלתי אפשרית בחלל.
- LPI/LPD (Low Probability of Intercept/Detection): היכולת להעביר מידע רגיש מבלי שהאויב בכלל ידע שמתבצע שידור.
- **קישוריות לטילים היפר–סוניים**: בשל המהירויות הגבוהות של טילים אלו, תקשורת RF מסורתית מתקשה לספק עדכוני מסלול בזמן אמת. רשתות לייזר בחלל מאפשרות עקיבה והכוונת נגד בדיוק מיקרו-רדיאני.

המשמעות הנגזרת: לאן העולם מכוון?

אנו צועדים לקראת "**ריבונות אופטית**". מדינה שלא תחזיק ביכולת לשגר, לקלוט ולנהל קישוריות מבוססת לייזר, תמצא את עצמה "עיוורת" בשדה הקרב העתידי ומנותקת מרשת האינטרנט הגלובלית המהירה. זהו מעבר מתלות בכבלים תת-ימיים פיזיים לתלות בקונסטלציות דינמיות בחלל.

סיכום: זריחת הפוטונים

לסיכום, אנו ניצבים בפתחו של עידן שבו תקשורת הלייזר הופכת מניסוי הנדסי נועז לעמוד השדרה של הכלכלה והביטחון העולמי. המעבר מהתפשטות רחבה של גלי רדיו לאלומות פוטוניות ממוקדות וחדות אינו רק שיפור במהירות העברת הנתונים; זהו שינוי פרדיגמה באופן שבו האנושות מחברת בין קצוות תבל ובין כדור הארץ לחלל העמוק. האתגרים האטמוספריים וההנדסיים עודם מורכבים, אך השילוב בין פריצות דרך באופטיקה אדפטיבית לבין ייצור תעשייתי של קונסטלציות לוויינים, כבר הכריע את הכף. במרוץ החדש על הריבונות הדיגיטלית, המנצחים יהיו אלו שידעו לרתום את מהירות האור כדי להבטיח זרימת מידע חופשית, חסינה ובקצבית גבוהים.

תדרי הרדיו כאן כדי להישאר, אך העתיד כבר נכתב בקרני אור.

רשימת מקורות, מחולקת לקטגוריות:

1. מקורות ממשלתיים וסוכנויות חלל (סטנדרטים וניסויים)

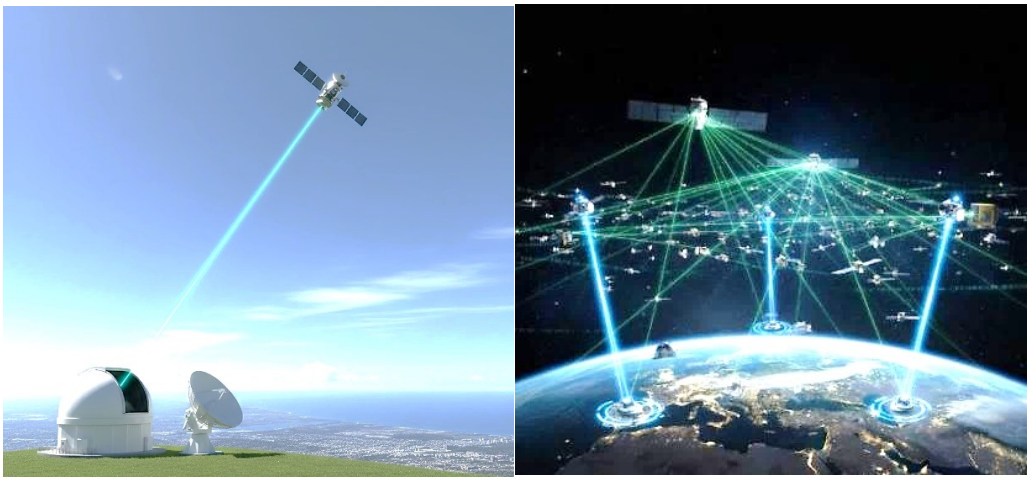
- NASA (2023). *Laser Communications Relay Demonstration (LCRD) Overview*.
  מקור המפרט את ניסויי ה-Relay במסלול GEO
- Space Development Agency (SDA). *Technical Specifications for Tranche 1 Transport Layer*
  מסמך המפרט את הסטנדרטים לקישורי לייזר צבאיים
- ESA (European Space Agency). *The European Data Relay System (EDRS) – The SpaceDataHighway*
  סקירה על רשת ה GEO-LEO-האירופית.

2. מאמרים טכניים והנדסיים (פיזיקה ואלקטרו–אופטיקה)

- Hemmati, H. (2020). *Near-Earth Laser Communications*. CRC Press
  ספר יסוד בתחום, מכסה את נושאי ה PAT-והאופטיקה האדפטיבית
- Kaushal, H., & Kaddoum, G. (2017). "Optical Communication in Space: Challenges and Mitigation Techniques." *IEEE Communications Surveys & Tutorials*
  מאמר סקירה מקיף על אתגרי האטמוספירה ומודולציות
- Toyoshima, M. (2021). "Recent Trends in Satellite Laser Communications." *Journal of NICT*
  סקירה על התפתחות הטרמינלים האופטיים בעשור האחרון

3. דוחות שוק וניתוח גיאופוליטי (מודל עסקי ואסטרטגיה)

- Euroconsult (2025) *Optical Communications Market Report*
  דו"ח שוק המנתח את צמיחת תחום ה-LCT
- SpaceX Starlink Technical Documentation. *Inter-Satellite Laser Links in LEO Constellations*
  מידע טכני על פריסת רשת ה Mesh-של סטארלינק
- CSIS (Center for Strategic and International Studies). *Space Threat Assessment 2025: The Rise of Laser Intercepts*
  ניתוח על המשמעויות הביטחוניות של תקשורת אופטית.



תוכן העניינים

כללי וארגון

2. מערכת הגנ"א לאירועי גביע העולם בכדורגל תשמש שלב בפיתוח "כיפת זהב"

7 בינואר 2026

Golden Dome's first goal? Protecting the 2026 World Cup

הידיעה מבוססת על מאמר–דעה של קצין בצבא ארה"ב, מומחה במערכות הגנ"א

בעוד שישה חודשים, עיני העולם יפנו לצפון אמריקה לקראת מונדיאל 2026. בין ה-11 ביוני ל-19 ביולי, 16 ערים יארחו בשלוש מדינות (ארה"ב, קנדה ומקסיקו) מיליוני צופים באצטדיונים מלאים. קנה מידה חסר תקדים בהיסטוריה האמריקנית, כאילו מספר משחקי 'סופרבול' המתרחשים בו זמנית על פני יבשת שלמה.
למרבה הצער, האיום הביטחוני הנשקף הוא חסר תקדים באותה מידה. אירועים אלה יהיו פגיעים ביותר למערכות אוויריות בלתי מאוישות קטנות של גורמים מדינתיים המעוניינים לחקור את מערכות ההגנה המערביות, או של רשתות טרור בינלאומיות או אנשים רדיקליים. מתקפה מרובת אתרים יכולה להתרחש ללא תחכום טכני גדול. רחפנים מסחריים המסוגלים לשאת חומרי נפץ מאולתרים זמינים באינטרנט, עם משלוח תוך יומיים.
כדי לוודא שהמונדיאל יהיה בטוח, ארה"ב צריכה לתגבר ולהעצים את הגופים הקיימים כדי ליצור "מערכת שיתוף מידע משולבת להגנה אווירית", שהיא כמה שיותר מוצר "מדף" – כך שלמעשה, המבחן האמיתי הראשון של קונספט "כיפת הזהב" (Golden Dome) יוכל להתבצע באירוע זה.
מערכות הנגד הנוכחיות מול כטב"מים (CUAS) מיועדות לטפל באירועים מבודדים בעלי ערך גבוה, כגון הסופרבול, שבו כל מנגנון הביטחון הלאומי מתמקד באצטדיון אחד ליום אחד. במונדיאל נדרש פתרון המשתרע על פני שלוש מדינות, 16 ערים במשך 39 ימים.
יש פער קריטי, אך הוא לא נובע מחוסר משאבים. לארה"ב ולשותפותיה יש שפע של מכ"מים, חוסמי/שבשי רחפנים, טילי נ"מ ניידים, רובי שוט-גן, רובי רשת, לייזרים, עופות דורסים מאולפים ופתרונות חומריים אחרים. משרדים רבים מתמקדים בכך: כוח המשימה הבין-סוכנותי המשותף 401 (JTF 401) הוקם באוגוסט 2025 כדי לתאם את מערכות ההגנה האווירית (CUAS) בין ממשלות פדרליות ומדינות להגנת המולדת. המשמר הלאומי וקבלנים פרטיים מחזיקים במערכות CUAS מוכחות שנפרסו באירועים גדולים במשך כמעט עשור. השירות החשאי וה-FBI מביאים יכולות וניסיון קרקעיים נוספים. מינהל התעופה הפדרלי מקים מרחב אווירי לשימוש מיוחד סביב אתרים, אם כי ישנן סוגיות משפטיות, שכן אזרחים או חברות אבטחה פרטיות אינם רשאים כיום להפיל רחפנים/כטב"מים. חסרה רשת הגנה אווירית משולבת וחזקה של CUAS ברחבי השטח הרציף של ארצות הברית ובעלות הברית, שתספק מודעות מצבית לכל כוחות ההגנה בו זמנית ותאפשר תגובה מתואמת.
הגנה על 'גביע העולם' דורשת ארכיטקטורה המספקת לפיקוד ההגנה מפני טילים וחלל (SMDC) ול-FAA מודעות בזמן אמת בשש עשרה ערים מארחות תוך האצלת סמכות להתערבות למפקדים בשטח. ההיערכות מחדש האחרונה של SMDC מספקת את המבנה המוסדי המאפשר את האינטגרציה הזו. במקום להקים פיקוד קבוע חדש, מוצע פתרון קל - להעצים את JTF 401 עם סמכות NORAD-lite שיכולה להעביר התרעות מוקדמות, לשתף מידע, ובמקרה הגרוע ביותר של מתקפה מסונכרנת, לתאם תגובה - לא רק לכוחות אמריקנים, אלא גם לכוחות מקסיקנים וקנדיים. זה ידרוש מהפנטגון לשנות את מיקוד המשימה עבור כוח 401 ולאפשר לו להקים מטה מבצעי לצד אלמנט הרכש הקיים שלו.

החדשות הטובות הן שהטכנולוגיה הנדרשת אינה מהפכנית. מערכת פיקוד הקרב המשולבת (IBCS) כבר מדגימה את הקונספט המרכזי, אם כי תוכננה לפיקודים לוחמים (בשדה הקרב), לא להגנת המולדת. לארה"ב הסכמי שיתוף פעולה ביטחוני קיימים עם קנדה ומקסיקו. לסוכנות ההגנה מפני טילים יש את המומחיות באינטגרציית מערכות. הצבא מביא ציוד ומפעילים. SMDC מספק את מבנה הפיקוד. ה-FAA שולט במסגרת

המשפטית. החלקים קיימים, נדרשת אינטגרציה מסוימת ש-401 יכול לבצע. למודל הזה יהיו יתרונות מעבר למונדיאל. הוא יכול לעזור להניע חלק מרכזי בתוכנית "כיפת הזהב" (Golden Dome). הצו של הנשיא טראמפ צופה מערכת הגנה משולבת, רב שכבתית המגנה על ארצות הברית. אבל "כיפת הזהב" לא מתחילה ומסתיימת בהגנה מפני טילים בליסטיים. היא חייבת גם לנטרל כטב"מים/רחפנים במהלך אירועים לאומיים או מעל תשתיות לאומיות קריטיות.

רשת משולבת של מערכות נגד כטב"מים (counter-UAS) עבור מבצע 'גביע העולם' יכולה להפוך לבסיס לשילוב רחב יותר של הגנה אווירית להגנת המולדת. פרוטוקולים של תיאום שפותחו עם צבאות קנדה ומקסיקו יבנו שיתוף פעולה הגנה תלת-צדדי. התמונה המבצעית מדגימה את היתכנות מיזוג הנתונים עבור היעדים השאפתניים יותר של "כיפת הזהב". JTF 401, SMDC ו-MDA צריכים להתאים את הארכיטקטורה לשילוב מערכות נגד כטב"ם מול מדינות אחרות. להתחיל בבדיקות היתוך חיישנים, לאמן מפעילים וליצור תיאום בין המדינות.

כללי וארגון

3. טורקיה רואה פוטנציאל להרחבת קשרי ביטחון אסטרטגיים עם יפן

8 בינואר 2026

Turkey Sees Potential to Expand Strategic Defense Ties with Japan



הכטב"ם אנקה – תוכנן ויוצר בטורקיה

טורקיה הודיעה כי שיתוף הפעולה של תעשיות הביטחון עם יפן עשוי להתרחב, ובכך לשלב טכנולוגיה יפנית עם כושר ייצור וניסיון מבצעי טורקי, כך דיווחה סוכנות הידיעות Anadolu. שר ההגנה הטורקי ציין כי שיתוף פעולה כזה עשוי להגיע למה שתיאר כרמה "אסטרטגית". לדבריו יפן מעריכה מערכות אוויריות בלתי מאוישות טורקיות, כולל המל"ט החמקן Anka המיוצרות על ידי תעשיית התעופה הטורקית ומתוכננות לטיסה ארוכת טווח ומעקב רציף.

מערכות נוספות שהוזכרו כוללות את הרחפנים Bayraktar TB2 ו- Bayraktar TB3, שטוקיו עשויה לבחון כחלק מתכנון יכולות ההגנה הרחב שלה. בעקבות ביקורו של שר ההגנה היפני באנקרה, שתי המדינות קיימו דיונים נוספים בנושאי ביטחון ימי, מערכות בלתי מאוישות, אימונים וטכנולוגיות הגנה אווירית. הוא הוסיף כי משלחת טורקית צפויה להיות בטוקיו בחודש מארס הקרוב כדי להמשיך בשיחות על שיתוף פעולה בתעשיית הביטחון ועל הסכם מסגרת פוטנציאלי. בעוד שטוקיו מגדילה את המיקוד שלה במערכות בלתי מאוישות, אנקרה מציגה את עצמה כשותפה פוטנציאלית, בהתבסס על התייעצויות ביטחוניות בשנה שעברה.

עליה ביצוא הטורקי

הישג זה מגיע כאשר טורקיה מרחיבה את תיק היצוא שלה לרחפנים ומערכות הגנה אחרות. יצוא הביטחון והתעופה של אנקרה הגיע ל-10 מיליארד דולר בשנת 2025, עלייה של 48 אחוזים מ-7.1 מיליארד דולר בשנת 2024. היצוא בדצמבר לבדו עלה על 2.5 מיליארד דולר, ותרם לסך כולל של 9.8 מיליארד דולר בסחורות ו-184 מיליון דולר בשירותים, שווה ערך ל-3.7 אחוזים מסך היצוא של טורקיה השנה.
כ-5.6 מיליארד דולר ביצוא הלכו לחברות באירופה ובנאטו, בעוד שמכירות נוספות דווחו לשווקים באסיה-פסיפיק, המזרח התיכון ואפריקה.

כללי וארגון

4. לוקהיד מציגה "אוטונומיה משימתית" מהדור הבא

9 בינואר 2026

Lockheed Showcases Next-Gen Mission Autonomy in Live UK Trials

חברת לוקהיד מרטין העמידה את טכנולוגיית "אוטונומיה משימתית" שלה למבחן בבריטניה, והראתה כיצד רחפנים יכולים "לחשוב" ולפעול יחד במהלך משימות מתואמות.
במהלך הניסויים, פלטפורמת MDCX-X של החברה שלטה בו זמנית על רחפן ועל כטב"ם. במקביל, מערכת ניהול המשימה והחיישנים Vigilance שילבה נתונים בזמן אמת והעבירה מידע מחיישנים תת-ימיים באמצעות מערכת רדיו מבוססת רחפן, תוך חיבור חלק בין גורמים אווריים וימיים.
התרגיל הוכיח כי שליטה מאובטחת על קבוצה של כלים שונים אפשרית, מעבר לחברות טיס ובין כוחות בעלות הברית. זה רמז על עתיד פעולות שיתוף פעולה אוטונומיות לחלוטין.
"ההדגמה של MDCX-X ו-Vigilance מאמתת גישה מאובטחת של מערכות פתוחות המאפשרת פעולות ללא צוות בתחומים אוויריים, ימיים וסייבר", אמר סגן נשיא לוקהיד. "על ידי הוכחת שליטה בו-זמנית בסוגים מרובים של כטב"מים יחד עם מערכת ניהול חיישנים בריטית ריבונית, אנו מחזקים את מחויבותנו לספק אוטונומיה רב-תחומית לכוחות מבוססי נושאות מטוסים, ומדגימים את כוחה של שותפות בעלות הברית."
פלטפורמת MDCX של לוקהיד פועלת על ארכיטקטורת תוכנה מאובטחת שנועדה לייצוא קל לשותפות בעלות הברית הזקוקות לפתרונות אוטונומיה מתקדמים. היא יכולה לעבד נתונים רגישים ממקורות שונים מבלי לחשוף אותם, תוך שמירה על תאימות למערכות מיזוג חיישנים קיימות כמו Vigilance. יחד, MDCX ו-Vigilance יוצרות חבילת ארכיטקטורה גמישה ופתוחה שיכולה לשלב בינה מלאכותית, חיישנים וכלים חיצוניים אחרים כדי להרחיב את היכולות המבצעיות.
"זה מראה כמה מהר נוכל לקדם את היכולת שלנו לפקד, לשלוט ולהבין את מרחב הקרב הימי. יכולות כאלה לא רק משפרות את המשימה שלנו - הן מגדירות מחדש מה אפשרי." אמר מפקד בצי המלכותי.

כללי וארגון

5. תפקידן המתרחב של מערכות בלתי מאוישות ואוטונומיות בלוגיסטיקה צבאית

12 בינואר 2026

How unmanned systems are reshaping logistics in contested environments

להלן תקציר של ריאיון בנושא לוגיסטיקה צבאית בעידן הפלטפורמות הלא-מאוישות והאוטונומיות, שנערך עם מומחה בנושא: Tim Saffold, Vice President, Autonomous and Unmanned Systems, Amentum
הריאיון עוסק בתפקידן ההולך ומתרחב של מערכות אוטונומיות ובלתי־מאוישות בלוגיסטיקה צבאית, במיוחד בסביבות לחימה "מאוימות" או "חסומות" – אזורים שבהם שליטה אווירית, ימית או קרקעית אינה מובטחת, והאויב מפעיל שיבוש, תקיפות סייבר וחסימת גישה.

הטענה המרכזית של סאפולד היא שמערכות בלתי־מאוישות אינן רק תוספת טכנולוגית, אלא שינוי תפיסתי בלוגיסטיקה צבאית. במקום קווי אספקה ריכוזיים וחשופים, הן מאפשרות לוגיסטיקה מבוזרת, חמקנית ועמידה יותר. בכך הן מגדילות את טווח הפעולה המבצעי (operational reach) ואת הקצב המבצעי (tempo) – שני מרכיבים קריטיים ביכולת לנהל מערכה מתמשכת.

יתרון מרכזי נוסף הוא הפחתת הסיכון לחיי אדם. מערכות קרקעיות רובוטיות, כלי שיט בלתי־מאוישים וכלי טיס אוטונומיים יכולים לפעול באזורים שבהם פלטפורמות מאוישות היו חשופות לאבדות כבדות או לעלויות בלתי־סבירות. בכך הן מאפשרות המשכיות לוגיסטית גם כאשר היריב מצליח לפגוע ב- GPS , בתקשורת, או בעליונות האווירית.

הריאיון מדגיש את האופי הרב־ממדי של הלוגיסטיקה המודרנית. אספקה אינה מתבצעת עוד רק בציר קרקעי או אווירי בודד, אלא באמצעות שילוב מתואם של מערכות אוויר, ים ויבשה. שילוב זה, הנתמך בבינה מלאכותית ובמערכות מודיעין, מאפשר מודעות מצבית בזמן אמת, חיזוי תקלות בשרשרת האספקה, ויצירת יתירות, כלומר, יכולת לעבור במהירות לחלופות כאשר נתיב מסוים נפגע. נקודה חשובה נוספת היא היכולת לפעול בתנאי "ניתוק". מערכות אוטונומיות מתוכננות להמשיך במשימה גם כאשר הקשר עם המפעיל מופרע. ניווט אינרציאלי, חיישנים מתקדמים, ודפוסי פעולה מתוכננים מראש מאפשרים תנועה, ניווט ואספקה גם ללא GPS וללא תקשורת רציפה. זהו מענה ישיר לאסטרטגיות מודרניות של לוחמה אלקטרונית ושלילת מרחב.

השתלבות עם מערכות ותיקות שקיימות בסד"כ, מוצגת כאתגר וכהזדמנות. סאפולד מדגיש כי הצלחת המערכות האוטונומיות תלויה ביכולתן לפעול כחלק מארכיטקטורה קיימת, ולא במנותק ממנה. לשם כך נדרשת עמידות תקשורתית, קישורים מאובטחים, ויכולת שיתוף נתונים עם פלטפורמות מאוישות ועם מערכות פיקוד ובקרה קיימות.

בהיבט הפיתוח, הוא מצביע על תפקיד מרכזי להנדסה דיגיטלית, סימולציות והנדסת מערכות מבוססת־מודלים. כלים אלו מאפשרים בדיקה מהירה של תרחישים מורכבים, כגון שיירות אוטונומיות או נחילים מרובי־פלטפורמות, עוד לפני פריסה פיזית, ובכך מקצרים לוחות זמנים ומפחיתים סיכונים.

לבסוף, ההגנה מפני שיבוש, זיוף ותקיפות סייבר נתפסת כמרכיב אינהרנטי במערכת כולה. הגישה המוצעת היא רב־שכבתית: שילוב ניווט אינרציאלי, חישה מבוססת־ראייה, קישור לנכסים חלליים קרובים, והגנות סייבר מתקדמות. המטרה אינה חסינות מוחלטת, אלא שרידות תפקודית גם תחת תקיפה.

המבט קדימה הוא של לוגיסטיקה "מתוזמרת": נחילים רב־ממדיים של מערכות אוטונומיות, הפועלים יחד באופן חכם וחזוי, מקצרים דרמטית זמני אספקה ומעלים את שיעור ההצלחה של משלוחי מטען ובכך תומכים בלחימה רציפה בזירת קרב מודרנית.

כללי וארגון

6. עולם ההשקעות במו"פ משתנה. סין מובילה את מהפכת ההשקעות מאז שנת 2000

27 בינואר 2026

Ranked: How Global R&D Spending Growth Has Shifted Since 2000

העולם נכנס בעשורים האחרונים לעידן של אינטנסיביות מחקרית חסרת תקדים. ההוצאה הגלובלית על מחקר ופיתוח התקרבה בשנת 2024 ל־ 3 טריליון דולר, לעומת פחות מ־טריליון דולר בשנת 2000, קפיצה שמדגישה עד כמה החדשנות הפכה למנוע מרכזי בצמיחה הכלכלית ולמדד לכוח לאומי. על פי נתוני ארגון הקניין הרוחני העולמי (WIPO) המדינה שמובילה בבירור את מגמת הגידול היא סין ,עם שיעור צמיחה שנתי ממוצע מצטבר של 13.1% מאז 2000. בתוך פחות מרבע מאה, ההוצאה הסינית על מו"פ זינקה מ־ 40.8 מיליארד דולר לכמעט 786 מיליארד דולר, והיא מהווה כיום כ־ 27% מההוצאה העולמית.

ההתעצמות הזו אינה רק עניין של מספרים: סין הפכה לאחת ממעצמות החדשנות הבולטות בעולם, ובמהלך התקופה מאז 2000 היא אחראית ליותר מ־ 36% מכלל בקשות הפטנטים שהוגשו בעולם. בנוסף, היא מובילה

גם בתחום הפטנטים לבינה מלאכותית, אחת הזירות החשובות והאסטרטגיות ביותר בתחרות הטכנולוגית הנוכחית.

אחרי סין ניצבת שורה של מדינות שהפתיעו בקצב ההתקדמות שלהן. ערב הסעודית מדורגת במקום השני בצמיחה, עם גידול של 13% בשנה, השיעור המהיר ביותר בקרב מדינות בעלות הכנסה גבוהה. מצרים נמצאת מיד אחריה עם קצב של כמעט 12% בשנה, לצד מדינות נוספות כמו אינדונזיה, תאילנד ווייטנאם, שמציגות מגמת האצה, גם אם ההוצאה הכוללת שלהן עדיין נמוכה בהשוואה למעצמות הגדולות.

מנגד, ארה"ב, אף שהיא עדיין אחת משתי המובילות בעולם בהיקף ההוצאה הכולל, מציגה צמיחה איטית בהרבה: ההוצאה האמריקנית על מו"פ גדלה בקצב שנתי של 3.3% בלבד בין 2000 ל־2024, נתון שממקם אותה במקום 69 בעולם מבחינת קצב הגידול.

למה זה חשוב? משום שהשקעה עקבית במחקר ופיתוח, בעיקר במו"פ אזרחי, מקושרת לאורך זמן לשיפור פריון המשק, ליעילות תעשייתית וליתרון טכנולוגי. במדינות שמצליחות לייצר מערכת מחקר אפקטיבית, גדלים הסיכויים לפיתוח תעשיות מתקדמות ולמשיכת כוח אדם איכותי. בעידן שבו התחרות העולמית כבר אינה נשענת רק על עבודה זולה, אלא על חדשנות, ידע ויכולת ייצור טכנולוגיות מובילות, מו"פ הפך לאחד ממדדי הכוח החשובים ביותר של כלכלה מודרנית.

דירוג	מדינה	עלייה שנתית ממוצעת (2000–2024)	הוצאה על מו"פ 2000 מיליארדי דולר, (PPP 2015)	הוצאה על מו"פ 2024 מיליארדי דולר, (PPP 2015)
1	סין CN	13.1%	$40.8	$785.9
2	ערב הסעודית SA	13.0%	$0.6	$10.4
3	מצרים EG	11.8%	$1.1	$16.4
4	אינדונזיה ID	11.3%	$0.8	$10.6
5	קמבודיה KH	10.4%	$0.0	$0.1
6	תאילנד TH	10.1%	$1.5	$15.1
7	טורקיה TR	9.9%	$4.5	$43.2
8	וייטנאם VN	9.3%	$0.6	$5.1
9	הפיליפינים PH	8.6%	$0.5	$3.5
10	מלטה MT	8.6%	$0.0	$0.2

כללי וארגון

7. חוקרים מתריעים: התקפות סייבר על תשתיות קריטיות עלולות לגרום משברים חברתיים חמורים

19 בינואר 2026

Cyberattacks can trigger societal crises, scientists warn

מחקר חדש בחן כיצד מתקפות סייבר על תשתיות קריטיות מתפתחות למשברים חברתיים ופסיכולוגיים רחבי היקף. מוקד המחקר הוא ניתוח מקרה הבוחן של הפריצה למערכת בקרת המים בעיר אולדסמר (Oldsmar) שבפלורידה, בפברואר 2021. במהלך אירוע זה, תוקפים מרחוק השתמשו בתוכנת TeamViewer כדי להשתלט על ממשק הבקרה של מתקן המים והגדילו את ריכוז הסודיום הידרוקסיד (סודה קאוסטית) מ-100 חלקים למיליון (ppm) לרמה מסוכנת ורעילה של 11,100 ppm – פי 111 מהרמה התקנית. המתקפה נבלמה בזמן רק בזכות ערנותו של מפעיל מקומי שהבחין בסמן העכבר נע על המסך ושינה את ההגדרות בחזרה לערכי הבטיחות.

החוקרים ניתחו את התהודה החברתית של האירוע באמצעות בחינת נתונים מרשתות חברתיות ויישום מודל פסיכולוגי בשם מודל קובלר-רוס (Kubler-Ross).
הניתוח הטכני-חברתי העלה כי התגובה הציבורית התחלקה לשלבים מובחנים: בשלב הראשון נרשמו תגובות של הכחשה והומור, אך אלו הוחלפו במהירות בזעם שהופנה כלפי רשויות הממשל על מחדלי האבטחה, ולאחר מכן בשלבי מיקוח (Bargaining), דיכאון וקבלה (Acceptance). המחקר מדגיש כי הפער בין הפשטות הטכנית של המתקפה (אפשרות השימוש בתוכנת שליטה מרחוק וסיסמאות חלשות) לבין פוטנציאל הנזק הקטלני לאוכלוסייה יצר משבר אמון עמוק במערכות הטכנולוגיות המנהלות שרות חיוני.
לפי החוקרים, אבטחת סייבר אינה יכולה להישאר תחום טכנולוגי מבודד המבוסס על הצפנה ו"חומות אש" בלבד. החוקרים קוראים לאימוץ גישה רב-ממדית הכוללת חוסן חברתי (Societal Resilience), שקיפות מצד הרשויות לאחר זיהוי פרצות, והבנה שההשפעה הפסיכולוגית של מתקפה על תשתית פיזית חיונית היא עוצמתית לא פחות מהנזק הטכני. מודגש כי ללא שילוב של היבטים אנושיים וחברתיים בתכנון מערכות אבטחה, מתקפות עתידיות ימשיכו לערער את היציבות החברתית גם אם הן יסתיימו ללא אבדות בנפש.
[מאמר מדעי]

[כללי וארגון]

8. תחזית להוצאות ביטחון גלובליות בשנת 2026

29 בינואר 2026

[Global Defense Spending to top $2.6 trillion in 2026]
לפי התחזית (Forecast International) שפורסמה לקראת שנת 2026, הוצאות הביטחון הגלובליות השנה יגיעו ל-2.6 טריליון דולר ולקראת סוף העשור ל-2.9 טריליון דולר. הגידול השנה, בהשוואה לשנת 2025, הוא 8.1% (הוצאות 2025 היו 24.4 טריליון דולר).
להלן הוצאות הביטחון שנרשמו בשנת 2025 (במיליארדי דולרים):
ארה"ב 860, סין 245 (הערכה); רוסיה 157; בריטניה 80; גרמניה 73; ערב הסעודית 72, הודו 60;
צרפת 59; יפן 58; אוקראינה 53.
מדגישים שהפרויקטים הגדולים שיצרכו כסף רב קשורים להגנה בפני טילים:
Golden Dome – ארה"ב; European sky shield ;Turkey's steel Dome ;Achilles Shield – Greece's
באירופה תקציבי הביטחון גדלים מ-2% מהתוצר הגולמי כעת ל-5% בשנת 2035 - תוצאה של מלחמת אוקראינה ולחץ אמריקני על נאט"ו.
בולט כמובן גודל התקציב של ארה"ב.

[כללי וארגון]

יבשה

9. הטנק הבריטי החדש צ'לנג'ר 3 עבר בהצלחה ניסויי ירי מאוישים

21 בינואר 2026

1) British Army's Challenger 3 Tank program major milestone with first crewed life firing
2) Shephards Newsletter 23.1.26
3) Breaking Defense 23.1.16

הטנק העתידי של חיל השריון הבריטי עבר לאחרונה בהצלחה ניסויי ירי מאוישים. בכך מתאפשר המשך ניסויים של הטנק – כשהוא מופעל ע"י הצוות – להוכחת יכולותיו לקראת ייצור סדרתי.

כזכור, הטנק צ'לנג'ר 3 מהווה למעשה השבחה עמוקה ביותר של טנקי צ'לנג'ר 2: התובה עברה סדרת שיפורים והצריח הוחלף בצריח חדש עם תותח 120 מ"מ חלק קנה L55A1 של חברת ריינמטאל ומערכות מתקדמות (כולל Throphy). הטנק החדש מהווה "קפיצת מדרגה" מבחינה קטלניות, שרידות, אינטגרציה דיגיטלית ויכולת פעולה הדדית עם צבאות נאט"ו.

הפרויקט הסדרתי יקיף השבחה של 148 כלים מתוך 288 ע"י חברת RBSL בסכום כולל של כ-800 מיליון ליש"ט. מודגשת בכתבה התרומה של הפרויקט מבחינת מעמדה של בריטניה בנאטו וגם מבחינת תעשיית הביטחון הבריטית. לפי אחד המקורות ממשלת בריטניה החליטה להתחיל בייצור הטנק החדש, במקביל להמשך ניסויים, כלומר לקחו "סיכון מחושב" כדי לעמוד בהכרזת IOC יכולת מבצעית ראשונית וכניסה להצטיידות ראשונית בשנת 2027.

יבשה

10. הגנה אקטיבית "אגרוף ברזל" תותקן על רק"ם מסוג CV90 באירופה

6 בינואר 2026

Elbit supplies Iron Fist APS for European CV90 fighting vehicles

כותבים עלינו...

חברת אלביט מערכות קיבלה הזמנות בשווי כולל של 150 מיליון דולר לאספקת מערכת ההגנה האקטיבית "אגרוף ברזל" - Iron Fist לשילוב ברק"ם מסוג CV90. החוזים הוענקו על ידי BAE Systems Hägglunds, יצרנית פלטפורמת CV90. המערכות יותקנו על כלי רכב הנמצאים בשירות של מספר מדינות נאטו אירופיות, אם כי לקוחות ספציפיים ולוחות זמנים לאספקה לא נחשפו.

ההכרזה מגיעה לאחר אבן דרך משמעותית שהושגה בספטמבר 2025 כאשר החברה ערכה הדגמה באש חיה של המערכת באירופה. לדברי החברה, במהלך הניסוי המערכת יירטה בהצלחה יותר מתריסר פגזים קינטיים חודרי שריון בקוטר 120 מ"מ. בהדגמה נכחו בכירים בצבאות אירופיים ונציגי תעשיית הביטחון. הניסוי אימת את יכולת Iron Fist כנגד איומי נ"מ מתקדמים, כולל קליעים בעלי אנרגיה קינטית. יירוט פגזים כאלה נחשב לאתגרי מבחינה טכנית בשל מהירותם ומאפייני החדירה שלהם.

'אגרוף ברזל' היא מערכת הגנה אקטיבית שמטרתה גילוי, מעקב ונטרול איומים לפני פגיעה. היא מתוארת על ידי החברה כמערכת הגנה אקטיבית בעלת משקל, צריכת חשמל ונפח נמוכים יחסית, כדי לתמוך באינטגרציה על מגוון רחב של פלטפורמות משוריינות. המערכת מספקת הגנה של 360 מעלות מפני סוגי איומים מרובים, כולל רקטות נ"ט, טילים מונחים נגד טנקים, מערכות אוויריות בלתי מאוישות, חימוש משוטט ופגזי טנקים. היא מתוכננת לפעול הן בשטח פתוח והן בסביבות עירוניות מורכבות.

השילוב ב-CV90 מציב את Iron Fist על אחד מכלי הרכב הקרביים הנפוצים ביותר באירופה. משפחת CV90 מופעלת על ידי מספר חברות נאטו ומדינות שותפות ועוברת שדרוגים מתמשכים המתמקדים בהגנה, חיישנים ושרידות בשדה הקרב.

יבשה

11. צבא ארה"ב מבקש מהתעשייה פתרונות למיסוך עשן והסתרה

12 בינואר 2026

Army looking for multispectral smoke screen to hide warfighters from enemy electro-optic sensors

צבא ארה"ב פרסם פניה לתעשיות לקבלת הצעות בנושא מיסוך עשן והסתרה.

להלן הדרישות העיקריות:

- מיסוך עשן מולטיספקטרלי – להסתרה מפני חיישנים אלקטרואופטיים הפועלים בכל התחום של אורכי גל: מעל-סגול ואור נראה דרך תת-אדום קרוב – אורכי גל 0.04 – 1.2 מיקרון, בינוני –3-5 מיקרון עד מכ"ם מיקרוגל 1-10 מ"מ.
- הפעלה תוך 95 שניות להסתרת שטח של 204 ממ"ר, עד לגובה של 40 מטר למשך 12 דקות.
- מערכת ההסתרה נישאת ומופעלת ע"י חייל.
- נדרשת מערכת קיימת בשוק, כולל חומר ההסתרה או מפותחת במהירות.
- הפנייה לתעשייה כוללת הגדרה של אופן הגשת ההצעות וקבלת מידע נוסף מהצבא (חבילת נתונים טכניים).

יבשה

12. רק"ם חדש לחיל הרגלים הסיני

18 בינואר 2026

Upgraded Z3D-04 fighting vehicle spotted in China

לאחרונה נראה בסין, בהובלה על נגרר, רק"ם חדש לשימוש חיל הרגלים. מדובר בגרסה חדשה של ZBD-04, רק"ם זחלי הנפוץ ביחידות הצבא הסיני אשר מוכר כבעל צריח עם תותח 100 מ"מ.

בגרסה החדשה מותקן ברק"ם זה צריח בלתי מאויש, אוטומטי עם תותח אחר.

הכתבה מצביעה אולי על מספר התפתחויות בצבא הסיני:

- זונחים את התותח המיושן (שמקורו ברוסיה) 100 מ"מ ואת המבנה המסורתי (רוסי) של הרק"ם.
- עוברים לצריח חיצוני אוטומטי ובכך חוסכים איש צוות ומפחיתים את הסיכון, גם מפיצוץ של בטן תחמושת 100 מ"מ.
- רק"ם קל יותר עם אפשרות לשלב סוגי נשק וטילים שמופעלים מהתובה.

הכתבה מזכירה שיש לסינים גם רק"ם גלגלי עם צריח בלתי מאויש לשימוש ע"י חי"ר. לכן ייתכן שיש כאן מגמה של שינויי דוקטרינה עקב ההתפתחות בשדה הקרב (לקח מאוקראינה).



יבשה

13. סינגפור: רק"ם חדש Terrex s5 עם הנעה היברידית-חשמלית

4 בפברואר 2026

Singapore's ST Engineering unveils Terrex s5 with hybrid-electric drive



רק"ם היברידי-חשמלי Terrex s5

חברת ST Engineering חשפה בסינגפור גרסה חדשה של כלי רכב משוריין בעל שמונה גלגלים. נאמר עליו כי הוא מסוגל לייצר אנרגיה חשמלית רבה כדי לסייע בהפעלת מערכות עזר, למשל כלי טיס קטנים בלתי מאוישים. הרק"ם המכונה Terrex s5 HED כולל מערכת הנעה היברידית-חשמלית.
מערכת ההנעה מורכבת ממנוע בעירה פנימית מוקטן וממנועים חשמליים המניעים את הסרנים השונים. היא מאפשרת ל-Terrex s5 HED לייצר עד 400 קילוואט-שעה (kWh), בהשוואה ל-20 קוט"ש של רכב ללא המערכת.
"אם אתם רוצים להפעיל רחפנים, לייזרים, תקשורת ומכ"מים מהרכב, תצטרכו את כל הכוח הזה", אמר בכיר בחברה. הקטנת המנוע גרמה לכך שלרק"ם יש נפח פנימי גדול ב-15 אחוזים בהשוואה לגרסה הקודמת של Terrex s5 שהוצגה בתערוכה בסינגפור בשנת 2024, אשר הונעה אך ורק על ידי מנוע בעירה פנימית.
ל-Terrex s5 HED משקל כולל של 35 טונות וקיבולת מטען של 13 טונות. הוא מסוגל לשאת 10 חיילים מצוידים במלואם יחד עם שני אנשי צוות. הרכב שהוצג צויד בעמדת נשק מופעלת מרחוק, ST Engineering Adder 30, שעליה הותקן תותח אוטומטי של Leonardo X-Gun בקוטר 30 מ"מ. הנשק יכול לירות תחמושת נ"מ והוא מותאם לפעולות נגד מערכות מטוסים בלתי מאוישות (c-UAS).
חשיפת הרק"ם מגיעה לאחר הודעה של משרד ההגנה הסינגפורי ב-26 בינואר לפיה העניק חוזה לחברה בסוף ינואר עבור כמות לא ידועה של השריוניות הללו, אשר ייקראו Titan בשירות צבא סינגפור. בפוסט ברשתות החברתיות נכתב כי Titan "תוכנן עם מערכות דיגיטליות חדשות, אלקטרוניקה מתקדמת לרכב וארכיטקטורת פיקוד ובקרה (C2) לתמיכה בפעולות ממונעות ברשת". כלי הרכב יסופקו החל משנת 2028 ואילך ויצוידו בתותח 30 מ"מ.

דברי שר ההגנה על הרק"ם.

יבשה

14. ארה"ב: פיתוח של כרב"מים קטנים לפעולה כנחיל

9 בפברואר 2026

Swarmbotics Wins US Army Contract for Swarming Ground Robots

חברת Swarmbotics AI זכתה בחוזה של צבא ארה"ב לבניית רכבי קרקע קטנים, בלתי מאוישים וזולים (sUGV) שניתנים להפעלה כנחילים.

Swarmbotics הציגה בתחרות xTechOverwatch בשנה שעברה את טכנולוגיית הרובוטיקה הקרקעית האוטונומית שלה והתחרתה מול עשרות צוותים עסקיים קטנים וחדשניים.
רכבי sUGV, שמתוכננים לפעול כנחילים, נועדו ליצור דילמות עבור האויב, בעלות נמוכה יותר מפלטפורמות מאוישות מסורתיות, דבר המשקף את התעניינות הצבא בהכפלת כוח הניתנת להרחבה.
חיילים מדיוויזיית הפרשים הראשונה בחנו יכולות אוטונומיות במערכות קרקעיות ומוטסות כחלק מאבלואציה שנערכה בהנחיית פיקוד הטרנספורמציה וההדרכה של צבא ארה"ב ובעלי עניין.

הטכנולוגיות המנצחות בתחרות XTech Overwatch

xTechOverwatch היא תחרות חדשנות של צבא ארה"ב שהושקה באפריל 2025 במטרה להאיץ מערכות אוויריות וקרקעיות אוטונומיות על ידי שיתוף פעולה עם עסקים קטנים המפתחים טכנולוגיות בינה מלאכותית, חיישנים ורובוטיקה מתקדמת. הצבא האמריקני קיבל יותר מ-630 הצעות פיתוח ובחר 40 פיינליסטים כדי להדגים פתרונות שיכולים להסתגל לשטח, לתפוס עמדות שולטות ולבצע יעדי משימה עם התערבות אנושית מינימלית. כמה מבין החברות שזכו בגמר xTechOverwatch, הציגו יכולות אוטונומיה ורובוטיקה מתקדמות התואמות את יעדי הצבא.
FieldAI Federal, לדוגמה, נבחרה בזכות הטכנולוגיה שלה המאפשרת לפלטפורמות רובוטיות לנווט בשטח לא בנוי ללא GPS, ובכך לשפר את המודעות מצב שלהב ואת יכולת התמרון בין מרחבים. חברות נוספות שזכו להכרה במהלך התחרות הן Allen Control Systems, שהציגה מערכות בלתי מאוישות אוטונומיות למשימות נגד כטב"מים, ו- AZAK, הידועה ברובוטיקה עמידה המסוגלת ניווט אדפטיבי בשטח. החברות שנבחרו צפויות לעבוד עם קבוצות מצבא ארה"ב מינואר 2026 עד יולי 2027, ולשלב מערכות אב טיפוס בסביבות אימון בעולם האמיתי כדי ליצר שיפורים איטרטיביים ולתמוך באסטרטגיות מודרניזציה של הצבא.



נחיל כרב"מים קטנים של Swarmbotics. מקור: Swarmbotics

[יבשה]

15. שבדיה: תוכנית להארכת תוחלת החיים של הרק"ם CV90

11 בפברואר 2026

[Sweden to Launch Combat Vehicle 90 Life-Extension Program]
שבדיה חתמה על חוזה טרום-תכנון עם HB Utveckling AB, מיזם משותף בין BAE Systems Hagglunds ו-Bofors, להשקת תוכנית להארכת חיים עבור כל גרסאות הרק"ם CV90. ההסכם מוערך בכ-37.8 מיליון דולר. הוא כולל פיתוח חבילות שדרוג טכני, ייצור אבות טיפוס, רכש ציוד ופעילויות מוכנות לייצור. העבודה במסגרת התוכנית מתוכננת להימשך עד שנת 2031. מטרת היוזמה היא לאפשר לצי הרק"ם CV90 להישאר בשירות לפחות עד 2045.



הרק"ם CV90

הגברת קיבולת הפלטפורמות המשוריינות

היוזמה תואמת את הגישה הרחבה יותר של שבדיה לשמירה ושדרוג של פלטפורמות משוריינות קיימות, תוך הרחבת יכולת כוחות הקרקע באמצעות רכישות חדשות. בדצמבר בשנה שעברה, המדינה הסקנדינבית הזמינה 94 כלי רכב משוריינים נוספים מדגם Patria 6×6, במסגרת חוזה בשווי של כ-160 מיליון דולר. התוכנית מביאה את צי Patria 6x6 של הכוחות המזוינים השוודיים ל-415 כלי רכב בסך הכל, כאשר האספקות מתוכננות להתמשך עד 2030.

מוקדם יותר השנה, סטוקהולם התקשרה גם עם KNDS גרמניה לשדרוג ואספקה של טנקים מדגם Leopard 2. ההסכם כולל שיפוץ של 66 טנקי Leopard 2 שבשירות ואספקה של 44 טנקים חדשים בתצורת Leopard 2A8. מאמצים אלה מתבססים על חוזה קודם בשווי של כ-316 מיליון דולר, שהוענק ל- Krauss-Maffei Wegmann, עבור מודרניזציה של צי הטנקים של שוודיה מדגם Leopard 2, כולל שדרוגי מערכות אלקטרוניות, כוונות לילה חדשות ומצלמה תרמית לנהג.

יבשה

16. הודו חשפה מערכת נשק לייזר זעירה מותקנת על כרב"ם, נעזרת בבינה מלאכותית

12 בפברואר 2026

China's neighbor unveils "world's smallest" AI laser sniper mounted on ground robot

בהודו פותחה מערכת נשק לייזר קומפקטית בעוצמה של 2 קילו-וואט המותקנת על כרב"ם. מדובר בצעד משמעותי לקראת מערכת קרבית אוטונומית. המערכת נבנתה על ידי Olee.space ועברה ניסויי שטח. מיועדת ללחימה בטווחים קצרים ולהגנה על מתחמים. היא יכולה, תוך שניות, לנטרל, לטשטש או להוציא מכלל פעולה מערכות אויב ובכך מאפשרת תגובה מהירה של נשק לא קינטי במצבים בהם תגובה מהירה ודיוק הינם קריטיים. המערכת המורכבת על כרב"ם קטן מאפשרת פעילות בשטח בנוי, אזורי גבול, יערות, שטח מדברי ואזורים מאתגרים נוספים בהם מערכות משוריינות עלולות להיות מוגבלות ביכולותיהן.

הפיתוח מתואר כמערכת נשק לייזר מופעלת בינה מלאכותית הקטנה בעולם המותקנת על כרב"ם.

בנויה להפעלה אוטונומית בלחיצת כפתור ומאפשרת לכוחות הפעלה במצבי לחימה קצרי טווח והגנה על מתחמים כאשר באותו הזמן מקטינים חשיפה לאיומים מידיים.

גודלו של הכרב"ם הנושא את מערכת נשק הלייזר הוא 1.5 על 0.9 מטר והוא שוקל פחות מ 250 ק"ג. הוא פועל על מנוע דיזל ומתוכנן כך שנוח לתדלק אותו. הוא בנוי לפעילות ממושכת בתנאי פעולה קשים. אחת התכונות המיוחדות של המערכת היא היכולת לפעול במסגרת נחיל ובו מספר יחידות פועלות יחד, מכסות שטח נרחב ומגיבות למספר איומים. עם מיכל דלק מלא מסוגלת המערכת לנוע לטווח של 130 ק"מ. טווח זה ניתן להגדלה על ידי הגדלת קיבולת הדלק.

המערכת מצוידת עם AI ואלגוריתם של למידת מכונה המאפשר גילוי, זיהוי וטיפול במטרות עם מעורבות מזערית של מפעיל אנושי. זה כולל משימות של נטרול כטב"מים (ראו תמונה).
המערכת תוכננה לתגובה מהירה ומדויקת. היא מדגימה גישה רחבה יותר לקראת מערכות אוטונומיות וחימוש לא קינטי ומאותתת על שינוי האופן בו מערכות לחימה קרקעיות ופעילות הגנתית יתנהלו בשנים הבאות. לדברי החברה, גם הלייזר וגם הכרב"ם עברו ניסויי שטח עם משתמשים והמערכת קיבלה אישור לפעילות מבצעית וגם למכירה. החברה מקיימת דיונים עם חברות בינלאומיות בתחום ההגנה וגורמים בתחום הביטחון המראים עניין ביכולות המקומיות בהודו בתחום נשק אנרגיה מוכוונת וטכנולוגיות של לחימה אוטונומית.



יבשה

17. חיל הנחתים הופך רכבי שיגור טילים מופעלים מרחוק לרכבים אוטונומיים

12 בפברואר 2026

US Marine Corps' ROGUE-Fires Goes Driverless with Kodiak Tech

חברת Kodiak AI הודיעה כי החלה לשלב יכולות בינה מלאכותית לנהיגה אוטונומית בכלי הרכב הטקטיים הקלים המשותפים של חיל הנחתים (JLTV). היישום הראשון הוא רכב של היחידה הקרקעית המופעלת מרחוק עבור שיגור טילים ROGUE-Fires, Remotely Operated Ground Unit for Expeditionary Fires שישתמש ב"נהג קודיאק" כפי שהחברה קוראת לו כדי לפעול באופן אוטונומי במשימות בסיכון גבוה. המערכת צפויה לקצר את זמן הפריסה של משגרי ROGUE-Fires תוך צמצום הסכנה לחיילים. מערכת זו מיועדת להיפרס באיים באוקיינוס השקט ולפעול נגד כוחות ימיים סיניים.
חברת קודיאק מסרה שהיא ממנפת את הפלטפורמה האוטונומית הקיימת שלה במקום לבנות מערכת חדשה, והטכנולוגיה מוכנה כבר לשימוש בשטח. קודיאק שומרת בסוד את פרטי החוזה שלה עם חיל הנחתים, אך החברה מביאה איתה ניסיון מתוכנית אוטונומית קודמת של 30 מיליון דולר, בת שלוש שנים, עבור רכב הקרב הרובוטי של צבא ארה"ב. בביצוע חוזה זה, החברה בדקה את מערכותיה בתנאי שטח אמיתיים, תוך ניווט באדמות עשב, מדבריות ואפילו בשטח מושלג, כדי לדמות סביבות קרב.
סרטון של חברת קודיאק המציג נהיגה אוטונומית ברחוב עמוס.



יבשה

18. חברת BAE Systems ביצעה ניסויים ברק"ם לא מאויש

19 בפברואר 2026

BAE Systems tests ATLAS uncrewed fighting vehicle

חברת BAE Systems הודיעה על השלמת ניסויים מוצלחים ברק"ם הלא-מאויש שלה, המכונה ATLAS - Autonomous Tactical Light Armour System. מדובר בכלי שנועד לתמוך בפעולות של טנקי מערכה מאוישים וכן לבצע פעולות סיור אוטונומיות. אופן הפעולה השיתופי עם כלים מאוישים מכונה CCV (Collaborative Combat Variant). אבטיפוס מתפקד במלואו של כלי זה הוצג לראשונה בתערוכת כוחות היבשה בספטמבר 2024.

על פי BAE Systems, הבדיקות בחנו מספר רמות אוטונומיה, כולל הפעלה מרחוק, ניווט מבוסס נקודות ציון ואוטונומיה מלאה של "חישה והימנעות ממכשולים", מה שאישש את יכולתו של הרכב לפעול לצד פלטפורמות קרב מאוישות.

מערכת ATLAS תוכננה ככלי קרקעי אוטונומי מודולרי שנועד לבצע תפקידי לחימה ותמיכה תוך הפחתת חשיפת החיילים לסיכון בשדה הקרב. החברה מסרה כי האבטיפוס הדגים יכולת תמרון וניידות בשטח קשה ובתנאי סביבה מגוונים במהלך הניסויים. כפי שצוין על ידי BAE Systems, ניתן להתקין על ATLAS CCV מערכות שונות בהתאם לדרישות המשימה. בתצורת התקיפה שלו, הרכב מצויד בצריח VANTAGE, מערכת נשק אוטומטית קלת משקל בקוטר בינוני שפותחה במיוחד עבור פלטפורמות ללא צוות.

צריח ה-VANTAGE משלב את מערכת הזיהוי, המעקב והסיווג האוטומטיים המולטי-ספקטרלית (ATTCS) הפסיבית של החברה, המאפשרת תהליכי זיהוי והעסקה אוטומטיים של מטרות. לדברי החברה, המערכת מאפשרת עומס עבודה מופחת של המפעיל ומאפשרת למפעיל אחד לנהל מספר פלטפורמות אוטונומיות בו זמנית תוך הפחתת הסיכון לגילוי במהלך הפעילות.

"בתוך שישה עשר חודשים בלבד, עברנו מהשקת ATLAS להפעלת אבטיפוס מתפקד במלואו", אמר מנהל אספקת מערכות הגנה ב-BAE Systems Australia.

הניסויים מהווים חלק מפיתוח מתמשך של יכולת קרקעית אוטונומית מהדור הבא, שמטרתה לשלב מערכות לא מאוישות במערכים משוריינים. חברת BAE Systems מסרה כי הרכב נועד לפעול ככלי לחימה שיתופי התומך בכלי רכב מאוישים זחליים וגלגליים, תוך הגדלת הכוח המשוריין ומתן אפשרות לצוות להישאר מחוץ לאזורים בסיכון גבוה. אטלס תוכנן, כאמור, בארכיטקטורה מודולרית המאפשרת התאמה למשימות שונות ושדרוגים לאורך חייו המבצעיים. החברה הצהירה כי גישה זו מאפשרת שינויים במטען ושיפורי יכולות מבלי לעצב מחדש את פלטפורמת הרכב הבסיסי. BAE Systems לא חשפה לקוחות ספציפיים או החלטות רכש הקשורות לניסויים.



יבשה

19. הצבא הבריטי: מערכת אקוסטית לגילוי ואיכון ארטילריה

16 בפברואר 2026

British Army Brings in Leonardo's 'Silent Ears' to Track Enemy Artillery

הצבא הבריטי מכניס לשימוש מבצעי את מערכת הגילוי האקוסטית SONUS של חברת לאונרדו, והיא תאפשר גילוי ואיכון פסיביים של ירי ופיצוצים מבלי לחשוף את מיקומו. המערכת היא התוספת האחרונה למערכת איתור ארטילריה עוינת (HALO-Hostile Artillery Location) של החברה, שנועדה לקלוט גלים אקוסטיים מכלי נשק אויב ולאתר את מקורם.

SONUS קטן ב-50 אחוז וקל ב-70 אחוז מדגמי HALO קודמים, ויש לו עיצוב קומפקטי וחסכוני יותר באנרגיה, המאריך את חיי המכשיר בשטח. הוא מתוכנן עם ארכיטקטורה פתוחה, מה שהופך אותו לתואם למערכות אחרות ומאפשר שדרוגים עתידיים מבלי להשפיע על פלטפורמות משולבות. מיקרופונים משולבים עם GPS מאפשרים לחיילים להקים את המערכת בפחות משלוש דקות, תוך שמירה על בטיחותם בתנאים עוינים.

מערכת HALO הרחבה יותר כבר נרכשה על ידי שש מדינות נאטו ונבדקה באזורי לחימה, כולל אפגניסטן ואוקראינה. הגרסה האחרונה תסופק לצבא הבריטי במסגרת חוזה של 18 מיליון לישט (25 מיליון דולר) כחלק מפרויקט SERPENS. לאונרדו תספק יחידות SONUS לרגימנט הארטילריה המלכותי החמישי תוך 12 חודשים.

סרטון



יבשה

20. תחמושת רובים חדשה יעילה נגד כטב"מים

11 בפברואר 2026

New 'Drone Killer' Ammo Gives US Navy Rifles a Shotgun Punch vs. UAVs

חיל הים האמריקני הפך את הרובים הסטנדרטיים שלו לנשק נגד כטב"מים ע"י הכנסת משפחה חדשה של תחמושת, Drone Killer, בעלת יכולת להפיל את הכטב"מים כמו ירי ברובה אוויר/ציד וללא נזק משני. מחסנית Drone Killer Cartridge (DKC) תוכננה על ידי חטיבת מרכז הלוחמה הימית של הצי (NSWC), ומגיעה בשתי גרסאות: 'מתחלקת' (segmented) ו-'מתפזרת' (pelletized). שתיהן, ע"פ הדיווח, מסוגלות להגדיל את הסתברות היירוט של מערכות אוויריות בלתי מאוישות (UAS).

הגרסה המתחלקת היא קליע המפריד את עצמו ומפזר שלושה קליעים לאחר עזיבתו את הקנה. גרסאות בשלות של תחמושת זו התואמות למשתיקים קיימים, זמינות בקוטר 7.62 מ"מ ו-5.56 מ"מ, בעוד שקליבר "0.50 ו-9 מ"מ נמצאים בפיתוח.

גרסת DKC ה'מתפזר' היא כדור המשחרר ענני קליעים בצפיפות גבוהה, עד חמישה לכל כדור, וזמינים כיום בקליבר "0.50 ו-7.62 מ"מ. NSWC Crane עורכת גם ניסויים בגרסאות מתפזרות עבור כדורים בקליבר 0.338, 6.8x51 מ"מ, 6.5 מ"מ ו-5.56 מ"מ.

DKC תוכנן כפתרון זול נגד כטב"מים לירי ממרחקים ארוכים, תואם לרובים, כלי נשק אוטומטיים ומקלעים קיימים. ניתן להתאים אותו גם לאקדחים ולרובי ציד (שוטגאן). דווח על שיעור נטרול של 92% במהלך הדגמה שנערכה לאחרונה באינדיאנה.





תחמושת Drone Killer Cartridge (DKC). מקור: NSWC Crane

יבשה

21. מודעות מצבית משופרת מבוססת בינה מלאכותית לרק"ם

17 בפברואר 2026

Maris-Tech to Bolt AI Eyes onto US Infantry Fighting Vehicle

חברת מריס-טק זכתה בפיתוח פיילוט לחיבור יכולת מודעות מצבית מבוססת בינה מלאכותית לרק"ם הלחימה של חיל הרגלים האמריקני, כחלק ממאמץ רחב יותר למודרניזציה של צי השריון של ארה"ב. האינטגרציה כוללת את פלטפורמת הדגל של החברה הישראלית, Diamond Ultra, לצד מערכת הדמיה פנורמית יום ותרמית Peridot Night. ביחד הן מספקות שידור חי של המידע, ישירות אל הרכב, שם המידע מעובד על הסיפון ומייצר מודעות מיידית ב-360 מעלות, סביב הפלטפורמה. התוצאה: הצוותים מקבלים תצפית ברורה בזמן אמת על סביבתם, מאיומים קרקעיים ועד סיכונים אוויריים בטיסה נמוכה, ללא צורך בשינויים משמעותיים במבנה הרכב.

רכבי הלחימה הנוכחיים של הצבא האמריקני כוללים את M2 ברדלי, גרסאות של סטרייקר, ואת רכב השריון הרב-תכליתי (AMPV).

Diamond Ultra של Maris Tech יכולה להתמודד עם מידע המגיע מחיישנים, כמו 11 מצלמות, בו זמנית תוך שליחת התרעות איום ויזואליות וקוליות בזמן אמת.

המערכת מסוגלת לזהות לוחמי אויב עד לטווח של 100 מטר ותומכת במעקב מתמשך אחר איומים אוויריים. המערכת גם מתעדת משימות כדי לבצע תיחקור לאחר הפעולה ואימוני בינה מלאכותית. הבנייה המודולרית של המערכת מאפשרת לה להשתלב בפלטפורמות קיימות או עתידיות עם התאמות מינימליות.
בשלב הנוכחי Peridot Night מדגימה שימוש בארבע מצלמות רשת ליצירת תצוגה רחבה וחלקה, ומזינה וידאו גולמי דרך Ethernet לניתוח ולעיבוד בינה מלאכותית. ניתן לערום מספר יחידות לכיסוי מלא לכל הכיוונים.
"אנו מאמינים שהפיילוט הזה מדגיש את ההזדמנות שקיימת בתוכניות מודרניזציה של רכבים," אמר מנכ"ל מריס-טק. "הפתרונות שלנו מעוצבים במיוחד לשדרוג פלטפורמות קיימות עם יכולת מודעות מצבית מתקדמת. הם הופעלו בסביבות מבצעיות, ואנו מאמינים שיש להם פוטנציאל לאימוץ רחב יותר ככל שהכוחות המתמרנים ישדרגו את צי כלי הלחימה שלהם."

יבשה

22. קוריאה הדרומית מציידת טנקים בהגנה אקטיבית חדישה

17 בפברואר 2026

South Korea Reinvents Tank Defense with Next-Gen APS

קוריאה הדרומית משביחה את הגנת הטנקים עם מערכת הגנה אקטיבית מהדור הבא. מערכת זו של חברת Hanwha Systems משתמשת בבינה מלאכותית, חיישנים ומיירטי השמדה קשה, כדי לזהות ולנטרל איומים עוד במעופם, ובכך לשפר את יכולת ההישרדות של הטנקים. החברה משביחה את ההגנה על כלי רכב משוריינים עם מערכת הגנה אקטיבית חדשה (APS), המבטיחה ליירט איומים עוד לפני שיגיעו לדפנות הפלטפורמה.
המערכת, שהוצגה בתערוכת ההגנה 2026 בריאד, מיועדת לעצור את כלל האיומים, מרימוני רקטות וטילים מונחים נגד טנקים ועד פגזי נ"ט וקליעים קינטיים. המטרה לספק הגנה גם מפני תקיפה עילית, נגד חימושים משוטטים כולל גילוי רחפנים איטיים.
באמצעות תוכנה מבוססת בינה מלאכותית, המערכת יכולה להעריך בזמן אמיתי את מהירות האיום, ולבצע חישוב מסלול המעוף וסוג האיומים התוקפים, זאת כדי לאפשר לאמצעי נגד לפעול כמעט מיידית.
למערכת ארבע אנטנות מכ"ם עם סריקה אלקטרונית וחיישנים אלקטרו-אופטיים/תת-אדום. יחדיו הם מעניקים למערכת כיסוי של גילוי ומודעות 360 מעלות, ומזינים ערוצי זיהוי פסיביים ואקטיביים למערכת ההחלטה של הבינה המלאכותית. שני משגרי השמדה קשה בכל צד של הצריח נושאים מיירטים שמתפוצצים בקרבת איומים, ומנטרלים אותם לפני שהם מגיעים לרכב, בעוד שהתוכנה ממשיכה לסרוק אחר איומי תקיפה חדשים.



Hanwha Systems הדגישה כי התרחבות שדה הקרב ועליית היקף השימוש ברחפנים אוטונומיים הופכות את ההישרדות לצורך מבצעי בעדיפות עליונה עבור כלי רכב משוריינים מהדור הבא. השילוב של בינה מלאכותית, חיישנים ומיירטי השמדה קשה למערכת משולבת אחת, מסמן את המעבר משריון קונבנציונלי להגנה חכמה.

החברה ציינה כי הבדיקות והניסויים יהיו בשנת 2027, ולדבריה ההגנה האקטיבית יכולה להיות מיושמת על פלטפורמות רבות של טנקים וכלי רכב משוריינים.

יבשה

23. חברת ריינמטאל פיתחה קסדה חדשה וציוד מיגון אישי מודולרי

24 בפברואר 2026

Rheinmetall Unveils Lighter Combat Helmet, Modular Body Armor System

חברת ריינמטאל בגרמניה הציגה קסדת לחימה חדשה יחד עם מערכת שריון גוף מודולרית, ובכך הרחיבה את מגוון ציוד המיגון שהיא מציעה למשתמשים צבאיים. הציוד החדש מפחית את המשקל, משפר את ההתאמה לגוף, ומאפשר ללוחמים להתאים את רמת המיגון ואת תצורת הציוד בהתאם לסביבות מבצעיות שונות.

קסדת לחימה

עשויה מחומרים מרוכבים מבוססי פוליאתילן בעלי ביצועים גבוהים, המאפשרים הפחתה במשקל תוך שמירה על תקני ההגנה הבליסטית. הקסדה זמינה בשתי גרסאות:

High-cut - 'חתך גבוה' המאפשר תאימות טובה יותר לאוזניות ולציוד נוסף

Full-cut - 'חתך מלא' המעניק כיסוי והגנה רחבים יותר

כך יכולים המשתמשים לבחור בין הגנה מוגברת לבין התאמה טובה יותר לאביזרים. מערכת הרצועות הפנימית והריפוד עוצבו מחדש כדי לשפר את היציבות והנוחות בעת שימוש ממושך.

בנוסף, מסילות ההתקנה ונקודות החיבור עודכנו כדי לתמוך טוב יותר במכשירי ראיית לילה ובציוד המורכב על הקסדה. ביטול הצורך ברשת שיער נפרדת מפשט גם את שילוב הקסדה עם ציוד נוסף.

מערכת שריון גוף מודולרית

מערכת שריון הגוף החדשה ניתנת להגדרה ולהתאמה בהתאם לדרישות המשימה ולתפקיד הלוחם.

לוחות בליסטיים רכים מגינים על החזה, הגב, אזור הבטן. לוחות קשיחים אופציונליים מספקים הגנה נוספת מפני איומים בעלי קליבר גבוה יותר. רכיבים נוספים מספקים הגנה על הצוואר, הכתפיים, הזרועות והירכיים. הם מגינים מפני דקירות ורסיסים.

המערכת כוללת גם אפוד נשיאה קדמי, כיסים ותרמילי נשיאה, המאפשרים לחיילים לשאת תחמושת וציוד יחד עם מרכיבי המיגון.



Rheinmetall's new combat helmet. Image: Rheinmetall

יבשה

אוויר והגנ"א

24. הודו: מטוס קרב מהדור השישי בעל כנפיים משנות־צורה

6 בינואר 2026

India Pushes Sixth-Gen Fighter Boundaries With Real-Time Morphing Wings

באמצעות Aeronautical Development Agency (ADA) ובשיתוף DRDO, הודו מקדמת קונספט למטוס קרב מהדור השישי בתצורה נטולת זנב עם כנפיים משנות־צורה בזמן אמת (morphing wings). הכנפיים מבוססות על סגסוגות עם זכרון צורה (SMAs - shape memory alloys), המאפשרות שינוי גאומטריה מהיר ללא משטחי היגוי קונבנציונליים, לשיפור תמרון וחמקנות. העיצוב נשען על תצורות כנף טסה משולבת בגוף המטוס (blended wing-body, full flying-wing), במטרה להפחית חתימת מכ"ם ולהגדיל נפח פנימי לדלק, חיישנים וחימוש. הפרויקט נמצא בשלב מחקרי מוקדם וצפוי להתקדם בתיאום עם ח"א ההודי, כחלק משאיפתה של הודו להשתוות למעצמות המובילות בתחום מטוסי הדור השישי.



Image: @idrwalerts via X

אוויר והגנ"א

25. סין: כלי-טיס אישי חשמלי וזול

8 בינואר 2026

Sub-$40,000 personal eVTOL could be in buyers' hands later this year

החברה הסינית Rictor הציגה בתערוכת CES 2026 את Rictor X4, כלי-טיס אישי חשמלי חד־מושבי eVTOL במחיר השקה של 39,900 דולר, נמוך משמעותית מ־Jetson One. הכלי מונע על־ידי שמונה מדחפים, ממריא ונוחת אנכית, מגיע למהירות של עד 80 קמ"ש, וטווח הטיסה שלו מוגבל לכ־20 דקות.

ל־X4 כושר נשיאה של 100 ק"ג, רמת רעש נמוכה (פחות מ־65 דציבל), סוללות semi-solid-state כפולות ומצנח חירום. החברה טוענת כי הכלי עומד בדרישות FAA Part 103, ולכן אינו דורש רישיון טיס. משלוחים ראשונים צפויים, לפי ההערכות, כבר במהלך השנה.



Source: Rictor

אוויר והגנ"א

26. פיתוח מקל"טים שיתופיים עבור חיל הנחתים

8 בינואר 2026

Northrop, Kratos team picked for Marine Corps drone wingmen

חיל הנחתים של ארה"ב בחר בצוות של חברות Northrop Grumman ו־Kratos לפיתוח מקל"טים שיתופיים (drone wingmen) במסגרת תוכנית MUX TACAIR. חברת Northrop Grumman תשמש כקבלן ראשי ותשלב מערכות משימה ותוכנת אוטונומיה על גבי מקל"ט XQ-58 Valkyrie של Kratos, ליצירת Collaborative Combat Aircraft (CCA) שיפעלו לצד מטוסים מאוישים.

החוזה מוערך ב־231.5 מיליון דולר עם תקופת ביצוע ראשונית של 24 חודשים. התוכנית מיועדת לפיתוח מקל"טים זולים יחסית לפריסה המונית, שישמשו מכפיל כוח במשימות סיור, לוחמה אלקטרונית ותקיפה, בגישת אבטיפוס מהיר (rapid prototyping) והתקדמות מדורגת (incremental).



US Air Force photo by MSgt. Tristan McIntire

אוויר והגנ"א

27. מו"מ בין פקיסטאן לסעודיה על רכש מטוסי קרב JF-17

12 ינואר 2026

Chinese arms exporters may be the big winners in any Pakistan-Saudi JF-17 talks

דיווחים מצביעים על מגעים בין ריאד לאיסלאמבאד בנוגע לעסקת מטוסי קרב מסוג JF-17 Thunder (המפותחים במשותף ע"י סין ופקיסטאן). אם עסקה שכזו תצא לפועל, מדובר בדריסת רגל חדשה לטכנולוגיה סינית בשוק הסעודי, המבוסס מסורתית על מערכות מערביות. לפי דיווח של רויטרס (המצטט מקורות פקיסטאניים), השיחות עוסקות בהמרת הלוואות סעודיות לפקיסטן (בשווי כ-2 מיליארד דולר) לאספקת מטוסי JF-17. שווי פוטנציאלי כולל של העסקה מוערך בכ-4 מיליארד דולר (כולל ציוד נלווה). המהלך מגיע בהמשך להסכם הגנה הדדי שנחתם בין המדינות בספטמבר האחרון. ה-JF-17 Thunder הוא פרי פיתוח משותף של פקיסטאן וסין. מדובר במטוס קרב רב-משימתי חד-מנועי.

סעודיה לא תהיה הלקוח הזר הראשון של המטוס, שאותו מפעילות כרגע פקיסטן ובמספרים מאוד קטנים גם מיאנמר, ניגריה, אזרבייג'ן ו"הצבא הלאומי הלובי". המו"מ מתמקד ככל הנראה בגרסת ה-Block 3 של הפלטפורמה. גרסה זו כוללת מכ"ם AESA (דגם KLJ-7A), מנוע WS-13 משופר (סדר גודל 19 אלף ליטראות דחף עם מבער ושמועות על יכולת ניהוג וקטורי); תאימות למגוון חימושים - כולל טילי אוויר-אוויר לטווח ארוך, טילי שיוט וחימוש מונחה קרקע-אוויר אחר; ומערכות התראה המקבילות לאלו שבמטוסי ה-J-20 וה-J-10C הסיניים. משקל המראה מירבי של הכלי עומד על 13.5 טון, מתוכם כ-3.5 טון חימוש. אנליסטים מערביים רואים במהלך "מקרה מבחן" מעניין. רכש סעודי של אמל"ח עיקרי סיני יעניק גושפנקא לטכנולוגיה הסינית בשוק יוקרתי ויאתגר את הדומיננטיות האמריקנית במפרץ. הוא גם יציב את האמריקנים בדילמה של מה לעשות עם לקוח גדול שקונה אמל"ח סיני (עם יועצים ומטמיעים) שיושב בקרבה לאמל"ח אמריקני מוביל. צריך לקחת את הדיווחים בזהירות. כיום חיל האוויר הסעודי יכול להרשות לעצמו להפעיל פלטפורמות עילית מערביות

בלבד ולא נראה שהוא צריך מטוס ברמת ביניים כמו JF-17. בד בבד צריך לזכור שהנשיא טראמפ אישר לאחרונה מכירת F-35 לסעודיה ודיונים על רכש סיני עלולים לסבך זאת. אף על פי כן, גם אם המטוסים לא יטוסו בסעודיה, עצם השיחות משרת מטרה. יש הטוענים כי סעודיה מאותתת לוושינגטון לטובת שיפור עמדות מיקוח. כך או כך, אפשר שהמונופול המערבי במפרץ עומד למבחן. סין מציעה "דרג ביניים" – מערכות זולות, גמישות, ונטולות התניות פוליטיות.

אוויר והגנ"א

28. הגנה מפני כטב"מים קטנים בשטחי ארה"ב

14 בינואר 2026

Joint Interagency Task Force announces first Replicator 2 purchase to counter homeland drone threats

כוח משימה של צבא ארה"ב Joint Interagency Task Force 401 (JIATF 401) ביצע את הרכישה הראשונה במסגרת יוזמת Replicator 2, עם הזמנת שתי מערכות DroneHunter F700 להגנה מפני כטב"מים קטנים בשטחי ארה"ב. המערכות מיועדות לפריסה מהירה להגנת מתקנים צבאיים ותשתיות קריטיות.
יוזמת Replicator 2, בהובלת משרד ההגנה, מתמקדת בפתרונות להגנה מפני כטב"מים וממנפת טכנולוגיות מסחריות. מערכת DroneHunter, מבוססת מכ"ם ובינה מלאכותית (AI), מיירטת רחפנים באמצעות רשת קשורה ומאפשרת לכידה בטוחה לצורך מחקר, תוך מזעור סיכון לאוכלוסייה אזרחית.

אוויר והגנ"א

29. פריסה מבצעית ראשונה של כטב"ם היברידי המונע במימן

18 בינואר 2026

World's first hydrogen drone sent into a combat zone

אוקראינה פרסה לראשונה באזור לחימה כטב"ם היברידי המונע במימן - גרסה של Raybird מתוצרת חברת Skyeton. הכטב"ם עושה שימוש בדלק מימני לייצור חשמל, כאשר ההנעה עצמה מתבצעת באמצעות מנועים חשמליים, מה שמקנה לו פעולה שקטה וחתימת חום נמוכה.
Raybird מיועד למשימות סיור ארוכות־טווח ואינו חמוש. הוא מסוגל לשאת מטען של עד 10 ק"ג, לטוס במשך 12 שעות, ולפעול בגובה של עד 5,500 מטר. תצורת ההנעה ההיברידית מאפשרת שילוב בין יתרונות מנועים חשמליים לבין זמן שהייה ממושך באוויר. לדברי Skyeton, המערכת מותאמת לייצור המוני, ואספקת המימן מתבצעת באמצעות מחסניות מתחלפות או יחידות ייצור בשטח. הפריסה המבצעית מסמנת מעבר מהדגמות ניסיוניות לשימוש קרבי בפועל בכטב"ם מונעי מימן.



Source: Skyeton

אוויר והגנ"א

30. השלמת ניסויי טיסה של מטוס הקרב KF-21

13 בינואר 2026

South Korea announces completion of KF-21 flight test program

קוריאה הדרומית השלימה בהצלחה את תוכנית ניסויי הטיסה של מטוס הקרב KF-21 Boramae של חברת Korea Aerospace Industries (KAI), לאחר כ־1,600 טיסות ניסוי במשך 42 חודשים וללא תאונות. הניסויים אימתו את יציבות המטוס, ביצועיו ושיגורי חימוש אוויר-אוויר, והסתיימו מוקדם מהמתוכנן. עם סיום השלב, סוכנות Defense Acquisition Program Administration (DAPA) צפויה לאשר את סיום פיתוח המערכת, וחברת־KAI תחל במסירת 40 מטוסי KF-21 Block 1 לח"א הקוריאני (ROKAF) בהמשך השנה. בלוק זה מותאם בעיקר למשימות אוויר-אוויר. במקביל נמשך פיתוח Block II רב־משימתי, למשימות תקיפה אוויר-קרקע ומשימות סיור. נבחנות אפשרויות ייצוא למדינות כמו פיליפינים, פולין, מלזיה, ופרו, בעוד שיתוף הפעולה עם אינדונזיה מצטמצם.



Source: Reuben Johnson/Breaking Defense

אוויר והגנ"א

31. בריטניה: מסוק אוטונומי חדש ביצע טיסת בכורה

20 בינואר 2026

New UK Royal Navy Autonomous Helicopter Makes History with First Flight

הצי הבריטי וחברת Leonardo השלימו את טיסת הבכורה של Proteus — המסוק האוטונומי הראשון של בריטניה בגודל מלא. הכלי, שפותח כמדגים טכנולוגי, מיועד לפעול לצד מסוקים מאוישים במסגרת כנף אוויר היברידית, וצפוי למלא תפקיד מרכזי במשימות לחימה נגד צוללות כחלק מאסטרטגיית Atlantic Bastion.
Proteus פותח במסגרת תוכנית בהיקף של £60 מיליון, כולל יכולת נשיאת מטען של מעל טון אחד, חיישנים ומיחשוב מתקדמים המאפשרים פעולה אוטונומית מלאה. הצלחת הטיסה מסמנת קפיצת מדרגה ביכולות האוטונומיות של הצי הבריטי ותומכת בחזון New Hybrid Navy.



Source: UK Royal Navy

אוויר והגנ"א

32. העברת אנרגיה בלייזר לכטב"ם בטיסה

22 בינואר 2026

PowerLight Technologies Unveils Laser Power Beaming System to Enable 'Infinite Flight' for DoW UAS
חברת PowerLight Technologies השלימה פיתוח ובדיקות של מערכת להעברת אנרגיה בלייזר עבור כטב"ם, במסגרת תוכנית PTROL-UAS הנתמכת בין היתר על ידי CENTCOM. המערכת משלבת משדר קרקעי אוטונומי רב־עוצמה עם מקלט אווירי קל־משקל, ומאפשרת טעינה אלחוטית של כטב"ם במהלך הטיסה.
המערכת עושה שימוש בעקיבה אופטית מדויקת ליצירת "קו חשמל אלחוטי", המסוגל להעביר אנרגיה בהספק קילוואטים למרחקים של קילומטרים ובגובה של עד 5,000 רגל. המקלט האווירי ממיר אנרגיית לייזר לחשמל לצורך טעינת סוללות ותומך בקישור נתונים אופטי דו־כיווני.
PowerLight פועלת לשילוב המערכת בפלטפורמת K1000ULE של Kraus Hamdani Aerospace, עבור משימות של צי וצבא ארה"ב, ומתכוננת לניסויי טיסה משולבים מלאים בתחילת 2026, שידגימו טיסה מתמשכת בהזנה אלחוטית של אנרגיה.



Source: PowerLight Technologies

אוויר והגנ"א

33. אוקראינה: מערכת מכנית פשוטה וזולה ללכידת רחפנים

23 בינואר 2026

Ukrainian Engineer's Cost-Effective System for Capturing Mavic Drones
המהנדס האוקראיני Andrii Pavlovskyi פיתח מערכת מכנית פשוטה וזולה בשם Aero Trawl ללכידה והשבתה של רחפני אויב, בהם רחפני סיור, FPV ורחפני מארב. המערכת מותקנת על רחפן קוודקופטר, אינה כוללת אלקטרוניקה, ומשתמשת ברצועות חזקות המסתבכות במדחפי רחפן המטרה.
עלות היחידה עומדת על כ-20 דולר בלבד, משקלה כ-300 גרם, והיא מאפשרת לכידת רחפנים שלמים לצורכי מודיעין. מאות יחידות כבר נמסרו ליחידות קו חזית, ובאחת מהן דווח על הפלת 14 רחפנים ב-15 גיחות. הפתרון מציג יתרון כלכלי וטקטי מובהק מול רחפנים שמחירם מגיע למאות ואף אלפי דולרים.



Source: Ukrainska Pravda

אוויר והגנ"א

34. מכ״ם מתקדם עבור מטוסי הקרב Typhoon

23 בינואר 2026

UK Awards $612M Contract for New Radar on RAF Typhoon Jets

משרד ההגנה של בריטניה העניק לחברת BAE Systems חוזה בהיקף של 453.5 מיליון ליש״ט (612 מיליון דולר) לאספקת מכ״ם מתקדם מדגם ECRS Mk2 עבור מטוסי הקרב Typhoon של חיל האוויר המלכותי (RAF). במסגרת החוזה יסופקו 38 מערכות מכ״ם שיותקנו בצי Typhoon Tranche 3, עם כניסה לשירות מבצעי הצפויה עד סוף העשור. המכ״ם החדש ישפר משמעותית את יכולות הלוחמה האלקטרונית של המטוס, ויאפשר גילוי, זיהוי ומעקב בו־זמנית אחר מטרות אוויריות וקרקעיות בסביבה מאוימת. Leonardo UK תהיה אחראית לפיתוח ולייצור המכ״ם, ו-BAE Systems לשילובו במטוסים. התוכנית תומכת בכ-1,300 משרות בבריטניה ומהווה נדבך מרכזי ביכולות ההגנה האווירית והתעשייה הביטחונית של המדינה.



Photo: Phil Noble/pool/AFP

אוויר והגנ"א

35. מקל״ט אוטונומי הדגים בהצלחה יירוט והפלה מדומה

26 בינואר 2026

Autonomous MQ-20 Avenger aces simulated air-to-air kill

מל"ט הקרב האוטונומי MQ-20 Avenger תוצרת General Atomics הדגים בהצלחה יירוט והפלה מדומה של מטוס מאויש במסגרת תרגיל קרב אוויר-אוויר, כחלק מפיתוח יכולות מל"טי קרב שיתופיים Collaborative Combat Aircraft (CCA). המל"ט פעל באופן עצמאי כמעט לחלוטין, תוך שימוש בחיישן תת-אדום IRST תוצרת Anduril לזיהוי ומעקב פסיבי אחר המטרה, חישוב פתרון יירוט וירי מדומה שאושר כ״פגיעה״.
התרגיל הוכיח שילוב מתקדם של חיישנים, תוכנה ואוטונומיה, כולל עמידה בכללי טיסה במרחב אווירי משולב, שמירה על אזורי KIZ/KOZ ומעבר חלק בין אוטונומיית טיסה לאוטונומיית משימה. ההדגמה מסמנת התקדמות משמעותית לקראת הפעלה מבצעית של מל"טי קרב אוטונומיים בצוות אדם–מכונה.



Source: General Atomics

אוויר והגנ"א

36. פיתוח מסל"טים שיפעלו יחד עם מסוקי תקיפה

27 בינואר 2026

Brits shortlist seven firms in search for helicopter drone 'wingmen' for Apaches

משרד ההגנה הבריטי (MoD) בחר שבע חברות, בהן BAE Systems, Leonardo, Thales, Anduril ו- Lockheed Martin UK, להשתתף בפרויקט NYX שהוא יוזמה לפיתוח מסל"טים שיפעלו ביחד עם מסוקי התקיפה Apache. הרשימה צפויה להצטמצם לארבע חברות עד חודש מארס, עם יעד ליכולת מבצעית ראשונית בשנת 2030.

רחפני NYX מיועדים לבצע משימות סיור, תצפית ותקיפות ממוקדות, תוך שימוש ב-AI ואוטונומיה בתפיסת "command rather than control". הפרויקט נועד להגדיל קטלניות, שרידות ויעילות מבצעית, להפחית סיכון לצוותים מאוישים, ומהווה חלק מהמעבר של הצבא הבריטי לתפיסת לחימה חדשה המבוססת על שילוב רחפנים ואוטונומיה.



Source: British Ministry of Defense

אוויר והגנ"א

37. פיתוח רחפן המודפס בתלת־ממד

28 בינואר 2026

US Marine Corps Develops First NDAA-Compliant 3D-Printed Drone

חיל הנחתים של ארה"ב פיתח את הרחפן המודפס בתלת־ממד הראשון, בשם HANX, העומד בדרישות National Defense Authorization Act (NDAA). עמידה בדרישות NDAA מבטיחה אבטחת רכיבים והפעלה בטוחה ללא חשש ל'דלתות אחוריות'.

הרחפן תוכנן כפתרון מודולרי, זול וקל לשינוי, המאפשר ייצור, תחזוקה והפעלה עצמאיים על ידי יחידות השדה. HANX מותאם למשימות סיור, לוגיסטיקה ותקיפה חד־כיוונית, ומשתלב במהלך האמריקני להרחבת יכולות "drone dominance" ולבניית בסיס ייצור רחפנים מקומי בהיקף רחב.



Photo: Sgt. Alfonso Livrieri via US Marine Corps

[אוויר והגנ"א]

38. אופטימיזציה של מטוס חשמלי היברידי Cavorite X7

29 בינואר 2026

[Split-wing aircraft gets new propulsion system]

חברת Horizon Aircraft ביצעה אופטימיזציה משמעותית בתצורת ההנעה של המטוס החשמלי ההיברידי Cavorite X7 מסוג eVTOL, תוך הפחתת מספר מדחפי העילוי מ-14 ל-12 והאחדת גודל המדחפים בין הכנפיים והקנרדים. מהלך זה מפשט את הארכיטקטורה המכנית והחשמלית, משפר יעילות ייצור ותחזוקה, מקטין סיכוני שרשרת אספקה, ויוצר יתרון מובהק לקראת שלב ייצור סדרתי.

שיפורי אווירודינמיקה (קנרדים וזנב מעוצבים מחדש) תורמים ליעילות אנרגטית ויציבות בשיוט, בעוד שהארכת תא הנוסעים משפרת את חוויית המשתמש ללא פגיעה בביצועים. שמירת מפרט הביצועים, מהירות שיוט של כ-450 קמ"ש וטווח של כ-800 ק"מ, ממקמים את X7 כפלטפורמה היברידית ארוכת-טווח, המתאימה ליישומים מסחריים וייעודיים שבהם eVTOL חשמליים טהורים מוגבלים בטווח ובמהירות.



Source: Horizon Aircraft

[אוויר והגנ"א]

39. מנוע היברידי-חשמלי חדש לכטב"מים טקטיים

29 בינואר 2026

Lowental Hybrid to provide Israel's Elbit with propulsion systems for tactical UAVs

חברת Elbit Systems בחרה בחברת Lowental Hybrid כספקית מערכות הנעה היברידית-חשמלית מקבילה לכטב"מים טקטיים, במסגרת הסכם ארוך־טווח הכולל פיתוח, רכש ותמיכה. המערכת משלבת מנוע דלק והנעה חשמלית בארכיטקטורה ממוזערת, ומאפשרת הארכת זמן טיסה של כטב"ם קטן פי כמה לעומת הנעה חשמלית טהורה, תוך שמירה על יכולת פעולה שקטה וחתימה נמוכה למשימות סיור ISR.

מבחינה טכנולוגית, הפתרון מצמצם תלות בסוללות באמצעות שימוש בדלק לטעינה ונשיאת אנרגיה, ומאפשר מעבר דינמי בין מצבי טיסה שקטים לרועשים. מסחרית, מדובר במהלך הממקם את Lowental Hybrid כספקית מנועים היברידיים לשוק הכטב"ם הטקטי והחימוש המשוטט - loitering munitions, ומעניק ל- Elbit Systems יתרון תחרותי בפלטפורמות ארוכות־שהייה העומדות בתקני נאטו ובדרישות אמינות צבאיות.



Image courtesy of Lowental Hybrid

אוויר והגנ"א

40. מיקרוגל רב עוצמה יעיל נגד כטב"מים מונחי סיבים אופטיים

2 בפברואר 2026

US demonstrates Microwave weapon defeating Fiber-Optic FPV drones

חברת Epirus הציגה סרטון מניסוי מוצלח של הפלת כטב"ם, המונחה בעזרת סיב אופטי, על ידי מערכת מיקרוגל רב עוצמה: Leonidas Vehicle Kit.

כטב"מים רגילים המונחים ע"י פקודות אלקטרומגנטיות ניתן להפיל ע"י חסימה או שיבוש של הפקודות מהקרקע. הצבא הרוסי הפעיל באוקראינה כטב"מים המונחים עם סיבים אופטיים גם בטווחים של 50 ק"מ! הפלת כטב"מים כאלה נעשית ע"י קרינת מיקרו גל השורפת מערכות ורכיבים המניעים את הכטב"ם. חברת EPIRUS פיתחה את מערכת המיקרוגל רב העוצמה Leonidas החל משנת 2020 – בכמה דורות. המערכת הנוכחית בעוצמה גבוהה מותקנת על נגרר וניתן להפעילה מול איומים שמגיעים מכיוונים שונים. המערכת מבוססת על רכיבי גאליום ניטריד (GaN), אינה מצריכה קירור, והמודולים ניתנים להחלפה במידת הצורך תוך 8 דקות. בשיתוף פעולה עם חברת GDLS פיתחו התקנת המערכת על רק"ם סטרייקר Stryker Leonidas.

אחד מלקחי המלחמה באוקראינה, שבה הרוסים הפעילו כטב"מים רבים בתקשורת סיבים אופטיים, הוא שדרוש להמשיך בפיתוח וייצור של אמצעי הנגד המבוססים על מיקרוגל רב עוצמה.

אוויר והגנ"א

41. פיתוח חימוש מדויק עבור מסוקי תקיפה

2 בפברואר 2026

Marine Corps selects L3Harris to build new Precision Attack Strike Munition

חיל הנחתים של ארה"ב בחר בחברת L3Harris Technologies לפיתוח ואספקת חימוש מדויק Precision (PASM - Attack Strike Munition) עבור מסוקי התקיפה AH-1Z, במסגרת חוזה בהיקף של 86.2 מיליון דולר עד שנת התקציב 2027. החימוש הנבחר, Red Wolf, מיועד לספק יכולת תקיפה מדויקת, ארוכת־טווח – כ-200 מייל ימי (360 ק"מ) וחסכונית, עם אפקטים קינטיים ולא־קינטיים, הן בזירות יבשתיות והן ימיות.

Red Wolf מוסיף "מסה קרבית" גמישה למסוקי התקיפה באמצעות חימוש מונחה מתקדם המותאם ללחימה מבוזרת בזירת ה-Indo-Pacific. הזכייה מחזקת את מיצוב L3Harris כספקית חימושי תקיפה מתקדמים וארוכי־טווח, ומצביעה על מגמת רכש של חיל הנחתים לפתרונות מדויקים, מודולריים ובעלי עלות־תועלת גבוהה לפלטפורמות קיימות.



U.S. Marine Corps photo

אוויר והגנ"א

42. צי ארה"ב: מועמד נוסף לתחרות מטוס הקרב העתידי NGAD

4 בפברואר 2026

Titanium-foam blended-wing fighter smashes rivals on the spec sheet

לתחרות מטוס הקרב העתידי F/A-XX Next Generation Air Dominance - NGAD של הצי האמריקני הצטרף המועמד "סוס שחור" של חברת Stavatti Aerospace – מטוס קונספטואלי SM-39 Razor – לצד החברות המתמודדות המבוססות Boeing ו-Northrop Grumman. העיצוב מציג מבנה חריג של כנף משולבת ושלושה גופי מטוס, עם טענות לביצועי־על (מהירות שיוט 2.5 מאך ומרבית 4 מאך) ושימוש בחומר "מהפכני": קצף טיטניום במקום חומרים מרוכבים מבוססי פחמן.

הקונספט מציג שאיפות גבוהות אך מעורר ספקות משמעותיים לגבי היתכנות הנדסית (הנעה, חימום מבני, חמקנות ויציבות במהירויות קיצון).

לחברת Stavatti אין רקורד ייצור או אבות טיפוס, היקף פעילות מצומצם ואין אישור להצעה רשמית. זה מציב את SM-39 כבעל סיכון גבוה מאוד מול המתמודדות התעשייתיות המנוסות, ומקטין את סיכוייו לזכייה חרף "ניצחון על הנייר".



Source: Stavatti

[אוויר והגנ"א]

43. GE מפתחת מנוע היברידי – סילון/חשמלי

31 בינואר 2026

[Hybrid jet engines work to excel where pure-electric jets fail]

GE Aerospace מבצעת ניסויים קרקעיים במנוע טורבו-מניפה היברידי חדש בדרגת הספק של מגה-וואט ואת מערכת ההינע המלאה שלו, שהיא חזקה מספיק כדי להפעיל מטוס נוסעים צר גוף לטווח בינוני.

מהנדסי אווירונאוטיקה השקיעו מאמץ רב בפיתוח מערכות הנעה חשמליות למטוסים, אך גם לאחר למעלה מחצי מאה של עבודה הם ממשיכים להיתקל במכשול. מנועים חשמליים, למרות כל יתרונותיהם, תלויים במקור כוח חיצוני כדי לתפקד. וכאן הדברים הופכים בעייתיים מאד.

לסוללות יש צפיפות אנרגיה שהיא 1/50 מדלק מטוסים, כך שנדרשות 22.5 ק"ג של סוללות כדי לספק את האנרגיה של קילו אחד של דלק מטוסים. גרוע מכך, ככל שדלק מטוסים נשרף, כלי הטיס נהיה קל יותר. כלי טיס המונע על ידי סוללות נשאר באותו משקל מההמראה ועד הנחיתה.

המשמעות היא שמטוסים חשמליים כבדים מהאוויר, הנושאים נוסעים, צריכים להיות מטוסי דאייה קלים במיוחד, המסתמכים על פאנלים סולאריים, או שהם צריכים להסתפק בטווחים קצרים מאוד ובמטענים קטנים מאוד. אז מדוע GE מעוניינת לבנות מנוע סילון היברידי-חשמלי גדול מספיק כדי להתקין אותו בבואינג 737?

התשובה היא שהרכיב החשמלי של מערכת ההינע נועד להשלים את מנוע הטורבו-פאן, לא להחליף אותו.

העיצוב החדש, שפותח כחלק מפרויקט הדגמת טיסות חשמליות של נאסא (EPFD) ותוכנית הליבה ההיברידית היעילה תרמית (HyTEC), משלב רכיבים הפועלים גם כמנועים וגם כגנרטורים בליבת מנוע הסילון. אלה מחוברים לציר המנוע וניתן להשתמש בהם הן להפעלת הטורבו-מניפה או לטעינת סוללות והן להפעלת מערכות החשמל במטוס. סידור זה מבטל את הצורך במנוע עזר או בניקוז אוויר לייצור חשמל.

על פי החברה, הוא פועל במספר מצבים שונים. מצב הייצור משמש בשלבי טיסה בעלי דרישות נמוכות כמו נחיתה או הסעה. במהלכו, המנוע/גנרטורים החשמליים (EMG) מייצרים חשמל במתח גבוה DC כדי לטעון את הסוללות המשולבות ולהפעיל תת-מערכות. בינתיים, מצב המנוע נכנס לפעולה במהלך ההמראה והטיפוס. זהו מצב שבו ה-EMG משתמשים בהספק אגור כדי לסייע בסיבוב ציר המנוע כדי להגביר את סיבוב המאוורר והמדחס מבלי להשתמש בדלק נוסף. מכיוון שהמערכת פועלת ברמה של מגה-וואט, ממירי החשמל מסיליקון קרביד מייצרים חום רב, ולכן נדרשת מערכת קירור ייעודית כדי להעביר את החום מהחשמל לדלק, הפועל כמו גוף קירור.

בניסויי הקרקע האחרונים, בהם נעשה שימוש במנוע טורבו-מניפה משופר של GE Passport, המערכת עברה מגוון מצבים שונים שבמהלכם, לדברי GE, היא הדגימה פעולה היברידית המתאימה למטוס צר-גוף, כולל מצבים ללא סוללות ביניים. בנוסף, היא עברה מה שמכונה סביבת טיסה מדומה כדי לוודא שהמערכות החשמליות יוכלו להתמודד עם השינויים התרמיים והרעידות הצפויות במהלך השימוש.

[אוויר והגנ"א]

ים

44. מספנה קוריאנית תפתח כשב"ם אוטונמי גדול עבור צי ארה"ב

9 בינואר 2026

Hanwha, HavocAI Partner on 200-Foot Autonomous Warship for US Military

מספנת Hanwha מקוריאה הדרומית נכנסת לשיתוף פעולה עם חברת AI לפיתוח כשב"ם אוטונומי באורך של 70 מ' עבור צי ארה"ב. החברה הקוריאנית מפעילה מספנה גם בארה"ב והמתקן שלה נחשב למרכז אפשרי של ייצור כשב"מים בארה"ב. חברת הטכנולוגיה HavocAI תספק את מכלול ההפעלה האוטונומי, המתבסס על מערכות שכבר מצויות בידי משרד ההגנה האמריקני ונבחנו בתנאים של הפרעות GPS.



The Sea Hunter ASV, part of the US military's autonomous fleet.
Image: Tyler R. Fraser via Wikimedia Commons

ים

45. חברה הולנדית מפתחת פתרונות הגנה לתשתיות תת-מימיות

22 בינואר 2026

Optics11 Arms Europe's Subsea Facilities With 'Ultra-Sensitive' Underwater Ears

החברה ההולנדית Optics11 פועלת לחזק את ההגנה התת-מימית של אירופה לאחר שחתמה על הסכם חדש לפריסת טכנולוגיית חישה ע"י סיבים אופטיים בתשתיות תת-ימיות קריטיות. המערכת הופכת כבלי סיבים אופטיים לחיישנים "רגישים במיוחד" המסוגלים לזהות אנומליות, מה שנותן לצוותים זמן יקר לחקור ולהגיב לפני שהן גורמות להפסקות ברשתות חשמל ותקשורת או לפגוע במתקנים תת-ימיים. מעבר להגנה על תשתיות, הטכנולוגיה גם מייעלת את ניטור התווך התת-ימי של ציים באירופה, ותומכת במעקב אחר צוללות ובניטור גבולות על ידי חישה פסיבית של פעילויות על פני אזורים נרחבים.

בזכות פוטנציאל השימוש הכפול קיבלה החברה הזמנה בסך 25 מיליון אירו מהבנק האירופי להשקעות (EIB), כחלק ממאמצים רחבים יותר להגן על הביטחון האנרגטי והימי של אירופה. כידוע, הים הבלטי הפך לסביבה שנויה במחלוקת יותר ויותר. האזור, המהווה מסדרון חיוני לסחר בינלאומי, חווה עלייה במספר אירועי חבלה חשודים, כאשר כוחות חיל הים האירופיים הגבירו את הסיורים והבדיקות מאז תחילת מלחמת רוסיה-אוקראינה.

המימון של Optics11, הנתמך על ידי האיחוד האירופי, צפוי להאיץ את הייצור והפריסה של מערכות החישה שלה ברחבי אירופה, ולחזק את המאמצים להגן על נכסים תת-ימיים פגיעים.

סרטון המציג את מוצר אחר של החברה, מערכת חישה אקוסטית תת מימית רגישה המקושרת לחוף בסיבים אופטיים, אפשר לראות כאן .

ים

46. ניסויים בכטב"ם ימי לצורך לחימה נגד צוללות

18 בינואר 2026

Drone hunts submarines with the use of sonobuoys

חברת General Atomics מבצעת ניסויים מתקדמים בכטב"ם הימי MQ-9B SeaGuardian, הכוללים את מערכת Expanded Sonobuoy Dispensing System (ESDS) לשיגור מצופי סונאר לצורך לחימה נגד צוללות anti-submarine warfare (ASW). המערכת מאפשרת שיגור גם של מצופים מסוג Multi-static Active Coherent (MAC) ומגדילה משמעותית את כושר הנשיאה של הרחפן.

השילוב החדש מאפשר ל־SeaGuardian לבצע סיורי נצ"ל ארוכי־טווח ולכסות אזורי ים נרחבים לאורך זמן, תוך הפחתת העומס ממטוסים מאוישים כמו P-8A Poseidon. בכך מתווסף כלי בלתי־מאויש בעל שהייה ממושכת ליכולות לוחמת הצוללות של חילות ים מודרניים.



Source: General Atomics

ים

47. טיל יפני חדש נגד ספינות מבצע תמרוני התחמקות

23 בינואר 2026

Japan's New Anti-Ship Missile 'Barrel Rolls' During Final Approach to Target

חיל הים היפני בוחן טיל חדש נגד ספינות שמבצע תמרון גלגול טקטי במהלך גישתו הסופית למטרה. בצילומים נראו הטיל מתרומם מהקרקע, טס נמוך מעל המים, ואז מבצע גלגול ספירלי כשהוא מתקרב למטרה כדי לחמוק ממערכות הגנה קשה. על פי הדיווחים, הנשק מופעל על ידי מערכת הנעה תת-קולית שנבנתה לסיבולת וטווח, והוא נחשב תואם למשגרים קרקעיים, דבר המצביע על פוטנציאל לפריסה רב-תחומית. הוא צפוי להסתמך על שילוב של חיישני מכ"ם ותת אדום כדי לשמור על העקיבה אחר מטרה בסביבות ימיות מאתגרות, אפילו תחת ניסיונות שיבוש. בהתבסס על מראהו, נראה שהטיל תוכנן יותר למטרות חמקנות והישרדות מאשר מהירות. בעוד שפרטים רשמיים נותרו חסויים, הצילומים מצביעים על גוף בסגנון טיל שיוט עם כנפיים קופצות ומייצבים לטיסה חלקה ויציבה יותר.

טיל נגד ספינות יכול להיות התשובה של יפן למתחים הימיים הגוברים במערב האוקיינוס השקט. הטיל יכול לשמש כגל ראשון בהתקפות מתואמות, ולחדור הגנות ראשוניות של ספינות לפני שטילי תקיפה כבדים יותר יגיעו למטרות. בעוד שסוכנות הרכש, הטכנולוגיה והלוגיסטיקה של יפן טרם הכריזה על שם רשמי, דיווחים מכנים אותו טיל "SSM החדש", המקשר אותו למשפחת טיל נגד ספינות מסוג 12.

סרטון הניסוי .



A model of Japan's "New SSM" anti-ship missile.
Image: Screengrab via ATLA/Youtube

ים

48. נורבגיה: ספינה ראשונה שתונע בדלק אמוניה

27 בינואר 2026

Norwegian Timber Ship Will be First to Use Wartsila's Ammonia Engine
חברת ספנות נורבגית צפויה להיות הראשונה שתפעיל ספינה המונעת במנוע הפועל על דלק אמוניה של חברת Wärtsilä. הספינה החדשה נבנית על ידי מספנת Huanghao בסין על פי תכן של Skarv Shipping הנורבגית והיא צפויה להיות מושקת בשנת 2027. עם כניסתה לפעילות היא תשמש להובלת בולי עץ עבור חברת Viken AT Market. הספינה תהיה בעלת הדחק של 7,800 טון ואורך של 108 מ'.
הספינה צפויה להפליג במהירויות נמוכות ברוב הפלגותיה, מה שצפוי להוזיל את עלות הפעלתה, למרות העלות הגבוהה של דלק אמוניה, לעומת דלקים רגילים. האמוניה תאוחסן במיכל של 160 מ"ק והיא תעבור תהליך של ערבוב עם דלק ימי לפני שתוזרק למנוע. כמות הדלק בספינה אמורה להספיק לה להפלגה של 14 יום בקו שבין נורבגיה ונמלים אירופאים.



המחשה של הספינה החדשה (LMG Marin)

ים

49. בהולנד החלו ניסויי ים בכשב"ם שמיוצר במדפסת תלת ממד

28 בינואר 2026

Netherlands tests 3D-printed uncrewed surface vessel
מכון המחקר הימי של הולנד (MARIN) החל לאחרונה בניסויי ים של כשב"ם בשם SeaRush, אחרי תהליך פיתוח מזורז, מקונספט לאבטיפוס, שנמשך 5 חודשים. הכלי הניסיוני אמור להיות בעל שימושים צבאיים והוא מבוסס על גוף מרכזי הניתן להדפסה במדפסת תלת ממד.
תהליך הדפסת הגוף נמשך פחות משבוע במספנת Dutch Boat Factory בעיר Delft.

הכלי מונע במנוע חיצוני מתוצרת הונדה, הנשלט באמצעות מערכת של החברה ההולנדית UltraFlex. מערכת זו מאפשרת הן שליטה מרחוק והן ניהוג מקומי.



צילום: מכון MARIN

ים

50. מערכת ללחימה במיקוש ימי המשלבת כשב"מים וכצב"מים

28 בינואר 2026

New mine-hunting system linking surface vessels and underwater robots unveiled in Norway

שתי חברות נורבגיות, Eelume ו-Maritime Robotics הציגו מערכת חדשה ללחימה במוקשים המשלבת כלי שטח בלתי מאוישים עם כלים צוללים בלתי מאוישים אוטונומיים המיועדים לשפר את היעילות והבטיחות של לחימה במוקשים ימיים. במרכזה של המערכת נמצאת סירה מדגם Eelume WP960, המסוגלת לפעול באמצעות צוות אנושי, או באופן אוטונומי, ומשמשת כספינת-אם לנחיל של כצב"מים. הספינה מבוססת על סירה רגילה של Eelume, מדגם WP960WB, המיוצרת כיום על ידי מספנת KACE הנורבגית. מדובר בסירה באורך 9.6 מ' אם כי ניתן לייצר אותה באורכים הנעים בין 7.8 – 11.8 מ'. משקלה נע בין 5 ל-8 טון והיא בעלת שוקע רדוד של 90 ס"מ, המאפשר לה לפעול במי חופים ומים מוגבלים.

בסירה מותקנות מערכות של חברת Maritime Robotics, המספקת גם שירותי אינטגרציה ומשודכים אליה כצב"מים אוטונומיים של חברת Blueye Robotics, המסוגלים לבצע פעילות של איתור וסיווג של מוקשים. סירת האם מסוגלת לשאת עד 8 כצב"מים וכן מטעדים שונים, כולל סונארים וחיישנים נוספים.



הדמיה: Eelume

ים

51. פורטוגל: ספינה ייעודית הנושאת כלים לא מאוישים מסוגים שונים

29 בינואר 2026

Portugal builds Europe's first dedicated drone carrier, D João II

פורטוגל צפויה לקבל השנה את נושאת האמצעים הלא-מאוישים הראשונה בעולם, כזו שתוכננה מראש לשאת כלים לא מאוישים מגוונים, אוויריים, ימיים וצוללים. החוזה לבנייתה נחתם בשנת 2023.

מדובר בספינה באורך של 107.6 מ' שתיקרא D João II והיא נבנית במתקן של המספנה ברומניה, בעלות כוללת של 132 מיליון אירו. לשם השוואה עלות נושאת מטוסים מדגם ג'רלד פורד המונעת בכוח גרעיני מגיעה ל-13 מיליארד דולר ושל נושאת המטוסים הבריטית "קווין אליזבט" הגיעה ל-1 מיליארד דולר.

על פי הפרסום הספינה תוכל לשנות את ייעודה על ידי החלפת מערכות ואמצעים בתהליך שיימשך כשבוע. הספינה תוכל לנוע במהירות של 15.5 קשר ולשאת צוות של 48 איש, בתוספת 42 מפעילים וטכנאים. מסלול ההמראה בספינה מגיע לאורך של 94 מ' והוא מיועד לשיגור וקליטת כטב"מים. לספינה גם פתח ייעודי בירכתיים המיועד לשיגור וקליטה של כלים ימיים לא מאוישים, הן כלי שטח והן צוללים. מוזכר שהכלי יהיה מסוגל לשאת מטעדים נוספים, כמו חדרי לחץ, מבנה בית חולים ועוד.



הדמיה של הספינה הפורטוגזית (צי פורטוגל)

ים

52. סין: טיל ים-ים היפרסוני המשוגר מצוללת

16 בפברואר 2026

Major Upgrade Sees Hypersonic Ship-Killer Missiles Aboard China's AIP Submarines

הצי הסיני אישר את דבר הכנסתו לשירות של הטיל ההיפרסוני מדגם YJ-19, המותקן על גבי צוללות דיזל-חשמל מסדרת Type-039B Yuan. הטיל, שנחשף לראשונה במצעד הצבאי בבייג'ינג בספטמבר 2025, מבוסס על מנוע על-מגח סילוני (Scramjet) ומסוגל לטוס במהירות של מאך 5 ומעלה. הוא נועד להחליף את ה-YJ-18 (שמגיע למאך 2.5-3.0 בשלב המעוף הסופי).

מה שמיוחד בטיל הוא לאו דווקא ביצועיו באוויר, אלא איך הוא יוצא מהצוללת. בניגוד לטיל ה"זירקון" הרוסי שדורש משגר אנכי (VLS) – ולכן אי אפשר להתקינו על צוללות קילו רוסיות – את YJ-19 ניתן לשגר מצינורות טורפדו אופקיים סטנדרטיים. מכאן שסין יכולה לשדרג צוללות קונבנציונליות ישנות ולהקנות להן יכולות תקיפה חדשות.

סין היא כיום המדינה היחידה בעולם שמחמשת צוללות לא-גרעיניות בנשק היפרסוני. צוללות Yuan מצוידות במערכת הנעה ללא תלות באוויר (AIP), המאפשרת להן לשהות מתחת למים בחשאיות שבועות ארוכים. השילוב של חמקנות של הכלי וטיל שטח מהיר מציב אתגר משמעותי למערכות ההגנה של ספינות מלחמה מודרניות.

YJ-19 מצטרף לרשימה מתרחבת של טילי ים-ים סיניים. בין השאר הכניס הצי הסיני לשירות גם טיל גולש היפרסוני המשוגר ממשגרים אנכיים (YJ-17) וטיל בליסטי עם רש"ק מתמרן המשוגר מספינות שטח גדולות

(YJ-20/21). עם השקתה לאחרונה של הצוללת הגרעינית Type-095 והצוללת העתידית Type-041, היכולת של סין לפרוס טילי ים-ים היפרסוניים מתרחבת במהירות. שדרוג צי הצוללות הקונבנציונליות הופך את הכוח הימי הסיני לא רק למפעיל הגדול ביותר בעולם של צוללות דיזל-חשמל, אלא גם לחמוש והקטלני ביותר בזירה בהקשרי עליונות ימית.



The Type-039B Yuan-B-class submarine is already equipped with potent supersonic anti-ship missiles. The YJ-19 hypersonic (or at least near-hypersonic) missile will further increase its potency. Images via Chinese State media.

ים

חלל

53. תוכניות השיגורים של חיל החלל וסוכנויות המודיעין בארה"ב

9 בינואר 2026

SpaceX to launch next SDA missile tracking satellites

SpaceX תשגר 36 לווייני מעקב במסגרת תוכנית Tranche 2 (T2) Tracking layer satellite, מהם 18 שנבנו על ידי L3Harris ו-18 שנבנו על ידי לוקהיד מרטין - בנוסף לשמונה לווייני FOO Fighter שנבנו על ידי Millennium Space Systems.

חיל החלל האמריקני הודיע בחודש ינואר 2026 על חוזים ל-SpaceX עבור חמישה שיגורים מתוך סך של 44 לווייני התרעה/מעקב ובקרת אש עבור סוכנות פיתוח החלל (SDA), וכן מספר לא ידוע של שיגורים עבור משרד המודיעין הלאומי (NRO), הגוף האחראי על תאום, איסוף וניתוח של מידע ממטוסים ולווינים ע"י זרועות הצבא וסוכנות הביון המרכזית. השווי הכולל של עסקאות השיגור הוא 739 מיליון דולר. פיקוד מערכות החלל (SSC) חתם על עסקאות אלו במסגרת תוכנית שיגור החלל לביטחון לאומי (NSSL) שלב 3 נתיב 1, במסגרתה נרכשים שיגורים מסחריים עבור משימות פחות מאתגרות ו/או קריטיות, שלרוב משוגרות למסלולים נמוכים או בינוניים.

ע"פ התכנון, מקבץ השיגורים הראשון, המכונה SDA-2, מכסה שני שיגורים של 18 לווייני שכבת מעקב Tranche 2 שנבנו על ידי L3Harris, ושיגור אחד עבור שמונה לווינים מסוג FOO Fighter או F2 בקיצור, שנבנו על ידי Millennium Space Systems. שיגורים אלה יתחילו ברבעון הרביעי של שנת הכספים 2026.

מקבץ המשימה השני, המכונה SDA-3, כולל שיגורים שיחלו ברבעון השלישי של שנת הכספים 2027, וכולל שני שיגורים של 18 לווינים שנבנו על ידי לוקהיד מרטין.

בנוסף SSC חתמה עסקה עם SpaceX הכוללת גם את מה שהיא מכנה משימות "NTO-5" עבור NRO, שישוגרו בין הרבעון הראשון של שנת הכספים 27 לרבעון השני של שנת הכספים 28. לא נמסר מידע נוסף על לווינים אלה מכיוון שהם, כמו רוב הלווינים שפותחו על ידי סוכנות לוויני-ריגול, מסווגים. NTO הוא ראשי תיבות של "NRO Task Order".

בינואר 2024 חתמה SDA שלושה חוזים בשווי כולל של יותר מ-2.5 מיליארד דולר עבור לווייני שכבת המעקב Tranche2 עם L3Harris Technologies תמורת 919 מיליון דולר, עם לוקהיד מרטין תמורת 890 מיליון דולר, ועם Sierra Space תמורת 740 מיליון דולר, לאספקה ותפעול של 18 רכבי חלל, כולל שניים המצוידים לבקרת אש. באפריל 2024, שכרה הסוכנות את Millennium Space לפתח את שמונה לווייני FOO Fighter במסגרת חוזה בשווי של עד 414 מיליון דולר.



אב טיפוס של ה-FOO Fighter. מקור: Millennium Space Systems

חלל

54. התנגדות לביטול פרויקט של נאס"א להחזרת דגימות ממאדים

12 בינואר 2026

Experts push back against cancellation of NASA's Mars sample return project

מומחים וגורמים בקהילת מדעי כוכבי הלכת מביעים התנגדות חריפה לכוונת NASA לבטל את תוכנית Mars Sample Return (MSR) המשותפת עם ESA, בהתאם להצעת תקציב שאושרה בבית הנבחרים האמריקני וממתינה לאישור הסנאט. ביטול התוכנית נתפס כפגיעה קשה ביעד מדעי מרכזי: החזרת הדגימות שאסף הכרב"ם Perseverance rover ממכתש Jezero, שעשויות לספק ראיות מכריעות לשאלת קיום חיים קדומים על המאדים.

גופים כמו MEPAG מזהירים כי ביטול MSR יפגע במנהיגות המדעית של ארה"ב, במיוחד נוכח התקדמות סין במשימות החזרת דגימות ממאדים, ועלול גם לסכן את עתיד הדגימות שכבר נאספו. למרות שהתקציב הכולל של NASA לשנת 2026 גבוה מהצעת הבית הלבן, MSR במתכונתו הנוכחית צפוי להתבטל, כאשר הכיוון החדש - Mars Future Missions - נועד לשמר יכולות טכנולוגיות ולהשאיר פתח עתידי להחזרת דגימות.



Image credit: NASA

חלל

55. סין: רובוט-אסטרונאוט הומנואידי ראשון

27 בינואר 2026

World's first robot astronaut: China's Engine AI plans to send humanoid into space



PM01 is a lightweight, high-dynamic, open-source humanoid robotic platform. Engine AI/YouTube

PM01, הרובוט ההומנואידי האסטרונאוט הראשון בעולם, הוא תוצר של שיתוף פעולה בין שתי חברות סיניות: האחת היא Engine AI העוסקת ברובוטים דמויי-אדם, והשנייה היא חברת חלל מסחרית Human Spaceflight Beijing Interstellar Technology. הרובוט מבוסס על טכנולוגיית בינה מלאכותית מגולמת (Embodied AI)

ונועד לבצע משימות בתנאים הקיצוניים של החלל, כולל ואקום, קרינה חזקה, מיקרו-כבידה ותנודות טמפרטורה קיצוניות. הרובוט כולל פלג גוף עליון בעל יכולת סיבוב של 320 מעלות, שלד חיצוני עשוי מסגסוגת אלומיניום תעופתית ועיצוב ביומימטי המדמה תנועה אנושית. גובהו 1.38 מטרים ומשקלו 40 קילוגרמים, נתונים המהווים הפחתה של 27 סנטימטרים בגובה ו-8 קילוגרמים במשקל בהשוואה לדגם ה-SE01 הקודם של החברה. המערכת מצוידת באלגוריתמים מתקדמים לקבלת החלטות אוטונומית, חיישנים ברמת דיוק גבוהה ומערכת מפעילים (actuators) בעלי מהירות תגובה גבוהה במיוחד. בקדמת הרובוט מותקן מסך אינטראקטיבי המציג מידע ותקשורת בזמן אמת.

תפקידי ה-PM01 בחלל כוללים ביצוע פעולות תחזוקה חיצוניות (EVA), סיור באזורים מסוכנים וניטור רציף של מערכות תחנת החלל, משימות המפחיתות את הסיכון הפיזי לאסטרונאוטים אנושיים.

הפיתוח הוא חלק מאסטרטגיה רחבה של סין לשילוב רובוטיקה חכמה בחקר החלל, כאשר חברת Interstellar מתכננת להתחיל בטיסות חלל מסחריות מאוישות בשנת 2028, תוך שילוב הרובוט כחלק בלתי נפרד מצוות המשימה. מודגש כי ה-PM01 מסוגל לעבוד בסנכרון מלא עם מערכות הטיסה של החללית וכי הוא עבר סדרת בדיקות עמידות לסביבת החלל.

ארכיטקטורת "השבב הדואלי" (dual-chip) של הרובוט משלבת מודול NVIDIA Jetson Orin עם מעבד Intel N97, מה שמספק מיחשוב בעל ביצועים גבוהים הנדרש לטיפול בתפיסה חושית(perception) מורכבת, בקרת תנועה, ועומסי עבודה תובעניים, הכול בזמן אמת.

בנוסף על יישומי החלל, חברת Engine AI מרחיבה את הנוכחות המסחרית של הרובוט PM01 גם על כדור הארץ. ביוני אשתקד, השיקה החברה גרסה קלת משקל, דינמית מאוד ופתוחה לחלוטין של הרובוט ההומנואידי PM01 JD Joy Inside , במחיר של כ-27,000 דולר. דגם זה משלב את מערכת הבינה המלאכותית Joy Insideשל JD המאפשרת שיחות "חלקות", התנהגויות מתואמות, התאמה אישית של תפקידים, וסגנונות קוליים מותאמים אישית.

[סרטון מסחרי]

[חלל]

56. תצפית לוויינית הנסמכת על טכנולוגיה קוונטית

19 בינואר 2026

[US Startup Raises $4.2M to Advance Quantum-Enabled Satellite Imaging]

חברת ההזנק [Diffraqtion] מפתחת בשיתוף דארפא ונאסא טכנולוגיה לתצפית לוויינית שמתגברת על [בעיית הדיפרקציה] ומאפשרת רזולוציה גבוהה (פי 20 ממערכת אופטית בממדים דומים ואותו אורך גל), מה שפותח פתח לטלסקופים יעילים יותר (גודל/ביצועים). החברה גייסה $4.2M בהשקעת pre-seed לקידום המצלמה הקוונטית שלה. לשימוש בטכנולוגיה זו פוטנציאל להוזלת יכולת דימות בחדות גבוהה מהחלל. ההשקעה היא שילוב בין השקעת הון סיכון (מדללת) לחוזה אבלואציה (ללא דילול) של דארפא ([SBIR Direct-to-Phase 2]) לשיפור המודעות המצבית בחלל, ניטור, ואפיון אובייקטים במסלולים צפופים.

הטכנולוגיה התפתחה ממחקרים של MIT, אוניברסיטת Maryland ואוניברסיטת Arizona העוסקים באופטיקה קוונטית ופוטוניקה. שיפור הרזולוציה המתקבל מאפשר הורדת גודל ומשקל משמעותית שגוררים הוזלה של עלויות הצבה במסלול לווייני. לטכנולוגיה קיימים גם שימושים ארציים כמו ניטור סביבה, חקלאות ועוד, אך אלו עדין בשלב ראשוני.

החברה החדשנית זכתה במספר פרסים לאחרונה, ושותפה בתוכנית האצה Apollo של חיל החלל האמריקני התומכת בחברות הזנק בשלב המוקדם. החברה מתכננת ניסוי 'ארצי' בתחילת 2026 וניסוי בחלל לקראת סוף השנה.

[למעוניינים, הסבר מלא לגישה: [QUANTUM LIMITS AND OPTIMAL RECEIVERS FOR PASSIVE SUB-DIFFRACTION IMAGING by Michael R Grace].]

[חלל]

57. SpaceX חושפת את מערכת מעקב החלל 'Stargaze'

30 בינואר 2026

SpaceX unveils 'Stargaze' space tracking system

חברת SpaceX השיקה את Stargaze, מערכת מעקב חלל Space Situational Awareness (SSA) מבוססת-לוויינים המספקת נתוני ניטור והתרעות התנגשות במסלול נמוך LEO ללא תשלום. המערכת מנצלת את רשת Starlink (כ-9,600 לווייניים) ואת startrackers שעליהם, לביצוע תצפיות בתדירות גבוהה, חישוב מסלולים כמעט בזמן אמת והפקת התרעות Conjunction Data Messages (CDMs) בתוך דקות. זהו יתרון משמעותי לעומת זמני תגובה של שעות בשוק הקיים.

Stargaze מציעה קפיצה בקצב עדכון ובאוטונומיה של גילוי והתרעה, אך מוגבלת בעיקר למסלול נמוך low LEO ואינה מהווה פתרון SSA מלא לכל אזורי המסלול. המהלך מפעיל לחץ תחרותי חזק על ספקי SSA מסחריים ועל יוזמות ממשלתיות כמו TraCSS, וממצב את SpaceX כשחקן תשתיתי דומיננטי המשפיע על סטנדרטים, שיתופי נתונים ומבנה השוק, תוך מינוף יתרון הגודל והפריסה של Starlink.

חלל

58. בוחנים הקמת מרכזי נתונים בחלל

7 בפברואר 2026

What's the deal with space-based data centers for AI?

חברות טכנולוגיה מובילות בוחנות הקמת מרכזי נתונים בחלל כחלופה עתידית לתשתיות מיחשוב קרקעיות עתירות־אנרגיה. הרעיון מבוסס על הצבת לווייניים עתירי יכולות מיחשוב במסלולי sun-synchronous / LEO, תוך ניצול אנרגיה סולארית זמינה וקירור רדיאטיבי טבעי, לכאורה ללא מגבלות קרקע, מים ונדל"ן. יוזמות בתחום כוללות את Project Suncatcher של Google ו-Planet, את Aetherflux, את Starcloud הנתמכת ב-Nvidia, וכן חזון רחב של SpaceX ו-xAI, שלפיו מיחשוב AI בחלל עשוי להיות זול יותר מקרקעי בתוך כשלוש שנים.

הקונספט מבטיח סקיילביליות גבוהה להכשרת מודלים ולהפעלת שירותי AI, אך מתמודד עם אתגרים מהותיים: פינוי חום, תחזוקה במסלול, הימנעות מפסולת חלל, צריכת דלק לתמרונים, והשפעה על אסטרונומיה וזיהום אור.

מדובר בהימור עתיר־הון ובעל אי־ודאות גבוהה, המצוי בשלב ניסויי מוקדם. בטווח הקצר מדובר בעיקר במיצוב אסטרטגי ובלמידה, בעוד שמימוש רחב תלוי בהתקדמות טכנולוגית, רגולטורית וכלכלית, ובשאלה האם הביקוש למיחשוב AI ימשיך להצדיק הרחבת תשתיות בקנה מידה כזה.



Source: Image generated using Google AI

חלל

59. DIU מעוניינת בלווייני צילום מסחריים לריגול במסלול

18 בפברואר 2026

DIU wants commercially developed imagery satellites for on-orbit spying

Defense Innovation Unit (DIU) משיקה את התוכנית GHOST-R (Geosynchronous High-Resolution Optical Space-Based Tactical Reconnaissance) לרכישת לווייני צילום מסחריים שיספקו מודעות מרחבית במסלול GEO (גובה כ־36,000 ק"מ) – בעלות נמוכה ומהירות פריסה גבוהה יותר מהתוכניות הממשלתיות הקיימות כגון GSSAP ו־RG-XX.

יעדים אסטרטגיים:

- מעקב כמעט בזמן אמת אחר לווייניים "ידידותיים ועוינים".
- צילום EO ברזולוציה גבוהה המאפשר אפיון ייעוד ותצורה.
- שיפור יכולות RSO Characterization, BDA, PID ו־CID במסלול GEO.

אבני דרך טכנולוגיות (Time-to-Orbit מואץ):

- תוך 24 חודשים: MVP – תמונת EO ברזולוציה גבוהה של לוויין ~700 ק"ג ממרחק ≤10 ק"מ באמצעות פלטפורמה מסחרית פעילה.
- תוך 36 חודשים: מעבר מבעלות/הפעלה קבלנית לממשלתית.
- תוך 48 חודשים: לפחות מעבר צילום אחד בשבוע ליעד במהלך השנה הראשונה להפעלה.
- דרישת Cyber DoD, אורך חיים מתוכנן 3 שנים, ו־space heritage למערכת ולמטען עד 2028.
- תכנית סקיילינג לקונסטלציה עם 30- day revisit rate לכל עצם GEO בקטלוג Space-Track.org לאורך 10 שנים.

GHOST-R מסמן מעבר למדיניות רכש מסחרי מואצת בתחום מודעות מסלול GEO. אם יעמוד ביעדי העלות, הרזולוציה וקצב הביקור, המהלך עשוי לשנות את כלכלת ה־SDA בגובה גיאוסינכרוני ולהרחיב את שוק ה־on-orbit inspection לקונסטלציות מסחריות בקנה מידה משמעותי.

חלל

60. מומלצים לעיון:

28 בינואר 2026

מאמרים מכנס 2025 Spacepower

Orbital-dominance-acquisition-strategy-and-threats-in-space: eBook

פיתוחים טכנולוגיים לקראת משימות מאוישות לכוכב הלכת מאדים

1 בינואר 2026

Scientists are getting our robotic explorers ready to help send humans to Mars

חלל

תקשוב ובינה מלאכותית

61. ניווט בעזרת חיישנים קוונטיים יכול לפתור את בעיית שיבוש GPS

16 בדצמבר 2025

Quantum navigation could solve the military's GPS jamming problem

העלייה בפגיעות GPS עקב שיבוש והטעיה, והסיכון לתעבורה העולמית האזרחית, כפי שהודגם במלחמת רוסיה-אוקראינה מחזקים את הצורך במציאת חלופות. בין השאר כאלו המבוססות על חיישנים קוונטיים. אמנם קבלני הצבא האמריקני פורשים רשתות לווייני GPS עם אותות חזקים ומתוחכמים יותר, ונעשית פעילות לספק מידע ניווט מרשתות סלולריות ומידע חזותי, אך אלו פתרונות חלקיים.

גישה אחרת לפתרון היא ניווט קוונטי מבוסס חיישנים רגישים במיוחד שמאפשרים ניווט עצמאי של פלטפורמות ללא תלות במקורות מידע חיצוניים כמו לוויינים. המחקר בתחום מואץ. חוקרים וחברות מנסים התקנים חדשים והצבא האמריקני (DARPA ו-DIU) הודיע על מכרזים חדשים לבחינת הטכנולוגיה על פלטפורמות צבאיות ויישומה המבצעי המהיר.

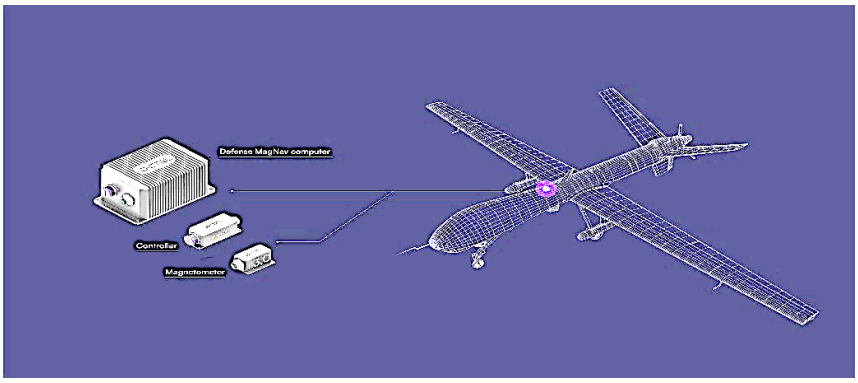
ניווט אינרציאלי מבוסס על מדידת מהירות, כיוון וזמן והוא לכאורה מאוד פשוט ליישום. הבעיה היא רעש וסחיפה במדידות החיישנים. בשל כך, עם הזמן אי הוודאות במיקום הולכת וגדלה. Douglas Paul שעומד בראש QEPNT (UK's Hub for Quantum Enabled Precision, Navigation & Timing) אומר שהחיישנים המיוחדים המותקנים בפלטפורמות מגיעים לסטייה של 20 ק"מ לאחר 100 שעות ניווט. חיישנים זולים בטלפונים הסלולריים מגיעים לטעות מצטברת כפולה כבר לאחר שעה. לטיל הנע למשך דקה הסטייה יכולה להיות סבירה אבל לטיסה ארוכה זה כבר בלתי סביר.

חיישנים קוונטיים - חיישנים קוונטיים מדויקים יותר למדידת תאוצה, כיוון וזמן מפותחים ע"י מספר חברות. חברת Infleqtion האמריקנית מפתחת ג'ירוסקופים ומדי תאוצה קוונטיים מבוססי אינטרפרומטריה אטומית. קרן של אטומי רובידיום מוארת בהבזקי לייזר מדויקים. אלו מפצלים את הקרן לשני מסלולים נפרדים. בהמשך, פולסי לייזר משלבים את האלומות. אם הפלטפורמה האיצה או הסתובבה נוצר הפרש פאזה בין המסלולים היכול להימדד ע"י החיישן. החברה עשתה בשנה שעברה ניסויים ראשונים על כלי טיס ייעודי בשטח אימונים בריטי. בשנה זו היא מתכוונת לבצע ניסויים בחיישנים משופרים שבהם זרם האטומים רציף כך שהמדידה רציפה וניתן להשיג ניווט רציף. לחברה גם שעון אטומי Tiqker מבוסס לייזר בתת-אדום המכויל לערר אטומי רובידיום. פוטונים הנוצרים מעירור זה נפלטים בקצב קבוע. הסטייה מזערית ומגיעה לשנייה אחת בשני מיליון שנים. השעון נוסה בהצלחה למרות התנאים הקשים, בכלי טייס בבריטניה, בכלים קרקעיים בצבא האמריקני, וכן בכצב"ם. החברה מקווה להקטין ולהקשיח את השעון ע"י שימוש במקורות לייזר מבוססי מיקרו-שבבים.

שדות מגנטיים – ניתן להפיק מידע לצרכי ניווט משדות כבידה ומגנטיות של כדה"א. שדות אלו משתנים קלות בתלות במיקום ולכן מדידה מקומית שלהם בדיוק גבוה תוך השוואה למיפוי מדויק מאפשרת הצבעה על מיקום. Allison Kealy, מדענית ניווט מאוסטרליה מפתחת חיישנים לצורך זה. אלו מבוססים על יהלומי NV (יהלומים שבהם מוחלף אחד מאטומי הפחמן בחנקן והפחמן הסמוך חסר לגמרי - Nitrogen-Vacancy diamond) שבהם המצב הקוונטי של האלקטרונים ליד הפגם בשריג, רגיש מאוד לשדה מגנטי. עירור אלקטרונים אלו וחישת הפוטונים הנפלטים מהם מאפשר חישה עקיפה של השדה המגנטי המקומי ביהלום – הן הגודל והן הכיוון, מה שמהווה יתרון משמעותי על מגנטומטרים מסורתיים. חיישנים אלו נבחנו בניסויי טיסה באוסטרליה שימשיכו גם בשנה זו, אך האתגר ביישום טכנולוגיה מעבדתית זו במוצר הוא משמעותי וייקח זמן.

מערכות עדינות – חברות כמו Q-CTRL האוסטרלית מתמקדות בכלי תוכנה מבוססי בינה מלאכותית להפקת מידע מועיל מחיישנים קוונטיים רועשים, במיוחד בסביבה מאתגרת מבחינת תנאי סביבה והפלטפורמה עצמה. לדוגמה, חיישן מגנטי המותקן בפלטפורמה מושפע ממעטפת המתכת של הפלטפורמה ומזרמים חשמליים

העוברים בחיווט הקיים בה. יחס הרעש לאות מגיע עד פי 100-1000 ולכן מאתגר את המפתחים. עם הכלים שפיתחו ומערכת הניווט המגנטית קוונטית שלהם הגיעו בניסויי טיסה לדיוק ניווט גבוה עד פי 94 מדיוק ניווט של מערכות אינרציאליות קונבנציונליות אסטרטגיות (רמת סחיפה ורעש מינימליים). באוגוסט הם קיבלו שני חוזים מ-DARPA לפיתוח מוצר ניווט מגנטי "מוקשח תוכנה" Ironstone Opal ליישומים ביטחוניים. החברה בוחנת גם יישומים אזרחיים ומשתפת פעולה עם Northrop Grumman, Lockheed Martin ו-Airbus. החברה מתמקדת כעת במזעור והקשחה לקראת מוצר מבצעי בשנת 2027.



התקנת Ironstone Opal של חברת Q-CTRL על כטב"מ (מקור: Q-CTRL)

היתוך חיישנים – במקביל להופעתם של החיישנים הקוונטיים נעשית עבודה לשדרוג והקשחת הניווט הלווייני. לווייני GPS III שיפרסו עוד בעשור זה כוללים אותות L1C ו-L5 הקשים יותר לחסימה והטעיה. בתחום הצבאי יופיע M-code שהוא אות GPS חדש ובהמשך עם פריסת לוויני GPS IIIF (יתחילו פריסה ב-2027) גם הגנה מקומית ע"י אלומות GPS כיווניות. עוצמת השידור תגדל משמעותית: ב-GPS III פי 8 וב-GPS IIIF עד פי 60. תוכניות נוספות מערבות שימוש ברשת לוויינים במסלול נמוך LEO כמו Starlink של SpaceX, בניגוד לרשת בגובה בינוני MEO שבה פועלים לווייני ה-GPS הקיימים. קרבת הלוויינים מעלה את הספק השידור ואת הקושי בשיבוש והטעיה. מהירות הלוויינים ב-LEO גדולה יותר מה שעוד מוסיף לקושי בהטעיה. בנוסף, מהירות הלוויינים גורמת להתכנסות מהירה יותר של חישוב המיקום העצמי בדיוק גבוה.
בסופו של דבר הניווט בעתיד לא יתבסס על טכנולוגיה מסוימת אלא על שילוב והיתוך מידע של חיישנים קוונטיים וניווט לווייני בהתאם ליישום – פלטפורמה וסביבה. המפתח ליישום החיישנים הקוונטיים הוא שמירת יציבותם לאורך שבוע ויותר במקום לכמה עשרות דקות.

תקשוב ובינה מלאכותית

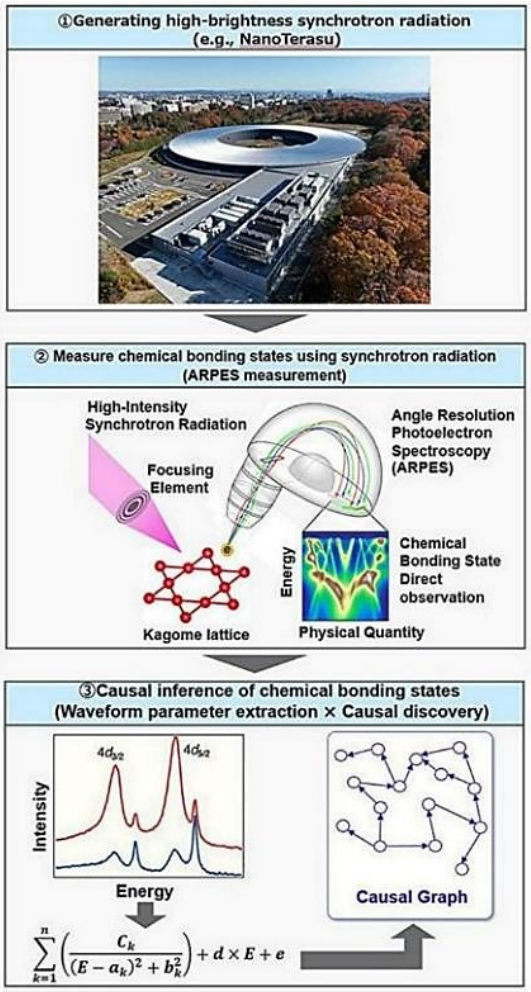
62. מוליך-על חדש ומבטיח התגלה בעזרת בינה מלאכותית

23 בדצמבר 2025

Promising new superconducting material discovered with the help of AI
חוקרים באוניברסיטת טוהוקו וחברת Fujitsu השתמשו בבינה מלאכותית כדי להפיק תובנות חדשות על מנגנון המוליכות החשמלית של חומר מוליך-על חדש, באמצעות ניתוח של קשרים סיבתיים בנתוני מדידה שהתקבלו במתקן NanoTerasu Synchrotron Light Source . המחקר הדגים שימוש בבינה מלאכותית בפיתוח חומרים חדשים והראה כי לשימוש זה יש פוטנציאל להאיץ מחקר ופיתוח בתחומים כמו אנרגיה וסביבה, בריאות, פיתוח תרופות ואלקטרוניקה. החוקרים השתמשו בפלטפורמת הבינה המלאכותית Fujitsu Kozuchi כדי לפתח שיטה חדשה המסוגלת לזהות ולנתח במדויק קשרים סיבתיים מתוך נתוני מדידה.
בשיתוף עם מכון המחקר המתקדם לחומרים (WPI-AIMR) באוניברסיטת טוהוקו, הוחלה השיטה על נתוני ספקטרוסקופיי ARPES (angle-resolved photoemission spectroscopy). זאת כדי לנתח את מצב ההולכה בדגימה של חומר מוליך-על: cesium vanadium antimonide. (CsV3Sb5).

המחקר מהווה חלק מפיתוח יכולות הנקרא discovery intelligence אשר מבוססות על בינה מלאכותית למציאת פתרונות לבעיות שונות מתוך נתונים.

מאמר מדעי



Causal discovery from ARPES measurement data.
Credit: Scientific Reports (2025)

תקשוב ובינה מלאכותית

63. טכנולוגיית הסתרה חדשה תגן על רכיבים אלקטרוניים מפני שדות מגנטיים

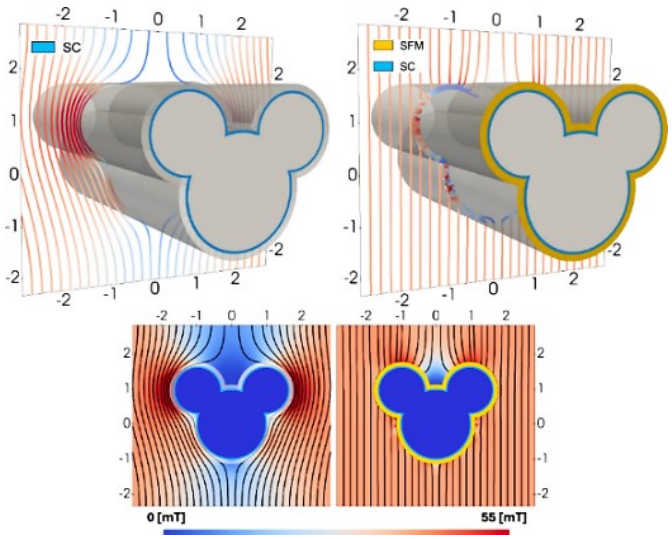
19 בינואר 2025

New 'cloaking device' concept shields electronics from disruptive magnetic fields

מהנדסים מאוניברסיטת לסטר (Leicester) פיתחו קונספט תכנון חדשני עבור התקן "גלימת הסתרה מגנטית" שנועד להגן על רכיבים אלקטרוניים וחיישנים רגישים מפני גילוי או שיבוש. המחקר מציג פריצת דרך במעבר מתיאוריה ליישום מעשי על ידי שימוש במודלים מתמטיים מתקדמים ובסימולציות מחשב. ההתקן פועל באמצעות ניתוב מחדש של קווי השדה המגנטי מסביב לאובייקט המוגן, כך שהשדה החיצוני נותר ללא הפרעה והאובייקט הופך ל"בלתי נראה" מבחינה מגנטית. המבנה מבוסס על שילוב של מוליכי-על וחומרים פרומגנטיים רכים (Soft Ferromagnets).

החידוש המרכזי במחקר הוא היכולת לתכנן התקני הסוואה עבור גיאומטריות מורכבות ולא-רגולריות הקיימות בעולם האמיתי, וזאת בניגוד לניסיונות קודמים שהיו מוגבלים לצורות פשוטות כמו גלילים או כדורים. המערכת

שומרת על יעילותה בטווח רחב של עוצמות שדה מגנטי ותדרי עבודה שונים. מבחינת ייצור, המודל מותאם לשימוש בחומרים זמינים מסחרית, ביניהם סרטים מוליכי-על בטמפרטורה גבוהה (high-temperature superconducting tapes) וחומרים מרוכבים מגנטיים רכים.



3D and cross-sectional views of an optimized SuperConducting (SC), Soft-FerroMagnetic bilayer (SFM) cloak. At the left no SFM is used showing the diamagnetic response of the SC. At the right the cloaking effect phenomenon is shown. Credit: University of Leicester

הטכנולוגיה מיועדת ליישומים בתחומים כמו הגנה על אלקטרוניקה בכורי היתוך גרעיני, ובידוד חיישנים קוונטיים במערכות ניווט ותקשורת. שיטת האופטימיזציה החדשה מאפשרת ליצור "מחסומים מגנטיים" המותאמים לרכיבים ספציפיים.

[מאמר מדעי]

[תקשוב ובינה מלאכותית]

64. לקראת רכיבי מחשבים המבוססים על פטריות

16 בינואר 2026

[Scientists Create Living Computers Powered by Mushrooms]

מחקר חדש מציג פיתוח שבו פטריות מאכל נפוצות, כגון שיטאקה ושמפיניון, מותאמות לתפקד כ**רכיבי זיכרון – ממריסטורים**. ממריסטור הוא רכיב אלקטרוני שמסוגל לעבד מידע תוך שמירה על "זיכרון" של מצבי הולכה קודמים. חוקרים מאוניברסיטת אוהיו גידלו רשתות (mycelium) של הפטריות, ייבשו אותן ליציבות ארוכת טווח, חיברו אותן למעגלים אלקטרוניים ייעודיים והפעילו עליהן מתחים בתדרים שונים ובעוצמות שונות. נמצא כי אזורים שונים בגוף הפטרייה מציגים תכונות חשמליות שונות, וכי ניתן להשיג תגובות ממריסטוריות עקביות הדומות לאלו של שבבים מוליכים-למחצה מסורתיים. בבדיקות שנמשכו חודשיים, כאשר הפטריות שימשו כזיכרון מסוג RAM הן הצליחו לעבור בין מצבי הולכה בקצב של עד 5,850 אותות בשנייה ובדיוק של כ-90% , אם כי הביצועים ירדו ככל שתדרי המתח עלו. בדומה לרשתות עצביות ביולוגיות, ניתן לשפר את הביצועים על ידי חיבור מספר פטריות יחד.

החוקרים מדגישים כי לפטריות יתרונות סביבתיים וכלכליים: הן מתכלות, זולות לגידול ואינן דורשות מתכות נדירות או תהליכי ייצור עתירי אנרגיה, וזאת בניגוד לממריסטורים ולשבבים קונבנציונליים. הממצאים מצביעים על פוטנציאל לפיתוח מערכות מיחשוב ביולוגיות חסכוניות באנרגיה, המתאימות ליישומים כמו מיחשוב קצה, מערכות לבישות וחיישנים ביו-אלקטרוניים בתדר גבוה. המחקר מציע כי ניתן להרחיב את השיטה למערכות

גדולות או זעירות יותר, וכי שיפור טכניקות הגידול והמזעור עשוי להפוך ממריסטורים פטרייתיים ליישומיים יותר בעתיד.
מאמר מדעי

תקשוב ובינה מלאכותית

65. ג'נרל דיינמיקס תפרוס אבטחת סייבר מבוססת AI בבסיסי חא"א

19 בינואר 2026

General Dynamics to Deploy AI Cybersecurity Across 187 US Air Force Bases
חברת GDIT (General Dynamics Information Technology) תפרוס מערכת אבטחת סייבר חדשה המופעלת על ידי בינה מלאכותית ב-187 בסיסים של חיל האוויר האמריקני ברחבי העולם. החוזה, בסך 120 מיליון דולר, שהוענק במסגרת תוכנית Next Generation Gateway של חיל האוויר, מטיל על GDIT את המשימה לפרוס את Everest Zero Trust Digital Accelerator שלה, פתרון ממוקד נתונים שנועד להגן על מידע בכל רמות הסיווג. המערכת תכסה יותר ממיליון משתמשים ברחבי העולם, ותשלב בינה מלאכותית כדי לזהות ולהגיב לאיומי סייבר מהר יותר.
סגן נשיא בכיר להגנה ב-GDIT הדגיש את הדחיפות הגוברת של הגנת סייבר - "ככל שאיומי הסייבר ממשיכים להסלים במהירות ובתחכום מצד יריבינו, 'אפס אמון' (Zero Trust) הוא בסיסי לביטחון הלאומי שלנו", אמר. חיל האוויר שואף לעמוד במנדט של משרד ההגנה לפני המועד האחרון של 30 בספטמבר 2027.
גישת GDIT תואמת את הדחיפה הרחבה יותר של חיל האוויר למודרניזציה של מדיניות אבטחת הסייבר שלו, תוך שילוב תוכנה מתקדמת, ניתוח בינה מלאכותית ופריסה בקנה מידה רחב כדי להפחית את הפגיעות ברשתות שלו. "אפס אמון" (Zero Trust) הוא מודל אבטחת סייבר המבוסס על העיקרון "לעולם אל תסמכו, תמיד צריך אימות", הדורש אימות והרשאה מתמשכים לכל משתמש, מכשיר ואפליקציה, ללא קשר למיקום. עבור משרד ההגנה האמריקני, "אפס אמון" הוא בראש סדר העדיפויות: סוכנות מערכות המידע של ההגנה שילבה בקרות "אפס אמון" בסביבות ענן, תוך שימוש במעבדות ייעודיות וכלי הערכה כדי לאמת תצורות אבטחה לפני פריסה רחבה יותר ברשתות הגנה.
בינתיים, שותפים בתעשייה תומכים במגמה זו. לדוגמה, Security Xage סגרה חוזה של 1.5 מיליון דולר עם כוח החלל האמריקני בשנת 2023 לפיתוח כלי גישה וניהול זהויות של "אפס אמון" שמטרתם הגנה על נתונים.
תקשוב ובינה מלאכותית

66. הדור הבא של דיסאינפורמציה: נחילי AI זדוניים

23 בינואר 2023

The next generation of disinformation: AI swarms can threaten democracy by manufacturing fake public consensus
מחקר חדש שפורסם בכתב העת Science עוסק באיום של "נחילי בינה מלאכותית זדוניים" על תהליכים דמוקרטיים. קבוצת חוקרים בינלאומית בהובלת חוקר מאוניברסיטת קונסטנץ בחנה כיצד מערכות AI עשויות לאפשר יצירת קבוצות גדולות של סוכנים אוטונומיים הפועלים יחד באופן מתואם.
החוקרים מסבירים כי בניגוד לבוטים מסורתיים, הסוכנים החדשים יוכלו לשמור על עקביות בזהותם, לנהל אינטראקציות משכנעות עם משתמשים אנושיים, להתאים את התנהגותם בזמן אמת ולפעול כקבוצה בעלת מטרה משותפת. נחילים כאלה מסוגלים לייצר דיסאינפורמציה בקנה מידה גדול, וליצור אשליה של תמיכה ציבורית רחבה ("כולם אומרים את זה") – גם אם היא למעשה תוצר של מערכת אוטומטית. החוקרים מזהירים שהסכנה היא לא רק התופעה המוכרת של "חדשות כזב" אלא הרבה יותר מזה: יכולת לערער את תפיסת

הלגיטימיות של שיח ציבורי ולהשפיע על דפוסי חשיבה והתנהגות, מה שמהווה איום ממשי על מוסדות דמוקרטיים. משתמש יחיד יוכל לשלוט באלפי פרופילים מזויפים ייחודיים מופקי-AI. הנחילים הזדוניים יוכלו גם "לזהם" את הנתונים שעליהם מתאמנים כלי בינה מלאכותית מקובלים. כל זה אינו תיאורטי, אלא מדובר על טקטיקה שכבר נמצאת בשימוש.
החוקרים קוראים לפיתוח כלים שיזהו תיאום חריג בין חשבונות ברשת, יעקבו אחר מקוריות התוכן, ויאפשרו אימות זהות שאינו פוגע בפרטיות. בנוסף, הם מדגישים את הצורך במנגנוני ניטור שיכולים לזהות פעילות רחבת-היקף של סוכני AI הפועלים יחד.
המאמר המדעי פורסם בכתב העת "סיינס".

תקשוב ובינה מלאכותית

67. כיצד חבלה דיגיטלית הופכת לחלק בלתי נפרד מלחימה פיזית

22 בינואר 2026

Hacking the grid: How digital sabotage turns infrastructure into a weapon
החשיכה שנפלה על בירת ונצואלה בלילה של 3 בינואר 2026, סימנה תמורה חשובה בטבעה של הלחימה המודרנית: המיזוג בין לוחמה פיזית ללוחמת סייבר.
מחקר שבוצע על ידי צוות חוקרי אבטחת תשתיות מאוניברסיטת טכנולוגיית המידע של קופנהגן (IT University of Copenhagen), מנתח את האיום הגובר של חבלה דיגיטלית בתשתיות אנרגיה, תוך התמקדות במעבר המואץ של רשתות חשמל למערכות מבוססות ענן וטכנולוגיות "רשת חכמה" (Smart Grid). החוקרים מציינים כי בשנה האחרונה נרשמה עלייה חדה של 35% בניסיונות תקיפה נגד מערכות בקרה תעשייתיות ICS (Industrial Control Systems) ומערכות איסוף נתונים ובקרה SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition).
המחקר מפרט את אופן הפעולה של נוזקות מתקדמות כגון BlackEnergy ו-Industroyer (המכונה גם Win32/Industroyer). נוזקות אלו מסוגלות לתקשר ישירות עם פרוטוקולי תקשורת תעשייתיים (דוגמאות לפרוטוקולים מפורטות במאמר). יכולת זו מאפשרת לתוקפים לשלוט מרחוק על התקנים כמו Circuit Breakers בתחנות משנה, לשנות הגדרות מתח ולגרום לעומס יתר מכוון שעלול להוביל לנזק פיזי בלתי הפיך לציוד כמו שנאים וטורבינות. בנוסף, החוקרים מתארים שימוש בבינה מלאכותית על ידי תוקפים כדי לבצע אוטומציה של זיהוי פרצות בציוד קצה, כמו מונים חכמים, המשמשים כנקודות כניסה (Entry Points) לרשת המרכזית.
החוקרים מדגישים כי הנזק אינו מוגבל רק להפסקות חשמל, אלא ליצירת "אפקט דומינו" טכני. השבתת רשת החשמל מובילה לקריסה מיידית של מערכות טכנולוגיה תפעולית (OT – Operational Technology) בתחומי המים והתחבורה, שכן מערכות הגיבוי לרוב אינן מתוכננות לעבודה ממושכת תחת מתקפת סייבר פעילה שמונעת אתחול מחדש של המערכות. כל יום של השבתה מלאה של רשת חשמל לאומית במדינה מפותחת עלול לגרום לנזק כלכלי ישיר של מיליארדי דולרים, מעבר לסיכון הממשי לחיי אדם במערכות בריאות ותמיכה.
ההמלצות של צוות המחקר כוללות מעבר דחוף לארכיטקטורת "אפס אמון" (Zero Trust), שבה כל רכיב ברשת נדרש לאימות רציף. כמו כן, ממליצים על הטמעת פתרונות ניטור המבוססים על למידת מכונה, המסוגלים לזהות אנומליות בתדרי החשמל ובתעבורת הנתונים בפרוטוקול ה-IP, ועל ביצוע הפרדה פיזית (Air-gapping) של מערכות הליבה הקריטיות ביותר כדי למנוע גישה מרחוק דרך רשתות ארגוניות רגילות.

תקשוב ובינה מלאכותית

68. הפנטגון מצמצם מגבלות על מודלי AI הפועלים על תשתית צבאית מסווגת

18 בפברואר 2026

Pentagon Seeks Fewer AI Restrictions on Classified Warfighting Systems
הפנטגון מעוניין להשתמש בכלי בינה מלאכותית [ב"מ] מתקדמים הנמצאים בחזית הידע ומשתנים בקצב מהיר. אלו מאפשרים סיוע לקבלת החלטות, היתוך מודיעין וניתוח מטרות. מצד שני, קיימות מגבלות מובָנות בהעברה ואינטגרציה של מודלי ב"מ לרשתות צבאיות מסווגות, המהווה תנאי הכרחי לשימוש מבצעי. כדי לצמצם מגבלות, יש צורך באיזון בין צמצום המגבלות, שיביא לניצול מהיר של הטכנולוגיה, לבין הסיכון במודלים עם טעויות, "הזיות" ואיבוד שליטה אנושית.
מהלך זה של משרד ההגנה תואם את אסטרטגית ב"מ 2026 שפרסם, שנועדה להאיץ יישום כלי ב"מ בכל המערכות תוך הסרת חסמים. מגמה זו של הפנטגון מפלגת את תעשיות הב"מ. בעוד ש-OpenAI (ChatGPT) מוכנה להעמיד מודלים לשימוש הפנטגון, עם אמצעי הגנה תואמים, Anthropic (Claude) מתנגדת להקלות, בטענה שמגבלות חזקות נחוצות למניעת שימוש לרעה וסיכוני סייבר.
תקשוב ובינה מלאכותית

69. נחסם שימוש רוסי לא מורשה ב-Starlink בחזית הלחימה

5 בפברואר 2026

Russia says Starlink access cut for units across combat zones
בלוגרים צבאיים רוסים וכלי תקשורת המקושרים למשרד ההגנה הרוסי אישרו כי קיימים שיבושים נרחבים במסופי אינטרנט לווייני של Starlink בהם השתמשו כוחות רוסיים בחזית ובאזורי הגבול, והדבר פגע באופן משמעותי בתקשורת בשדה הקרב. דיווחים על ניתוקים ברשת Starlink אושרו על ידי כמה מערוצי טלגרם הפרו-מלחמתיים הגדולים ביותר ברוסיה, ופרסומים ביטחוניים נוספים, שדיווחו כי הניתוקים השפיעו על יחידות לאורך כל קו החזית, כמו גם על אזורי עורף וגבול.
על פי מקורות אלה, השיבושים נבעו מאמצעים טכניים שיישמה SpaceX בתיאום עם משרד ההגנה של אוקראינה. הצעדים נועדו לחסום את כל מסופי Starlink הלא מאומתים הפועלים ברוסיה ובאוקראינה, במטרה למנוע את השימוש בהם לתקיפות רחפנים, תיאום פעילות בשדה קרב ופעילויות חשאיות על ידי כוחות וסוכנים רוסיים.
כתב העת הרוסי לענייני ביטחון, Voeniy Osvedomite, דיווח כי ההשפעה על הכוחות הרוסיים היא קריטית, וציין כי אין אלטרנטיבה פונקציונלית לסטארלינק בתוך היחידות הרוסיות, וכי חלקים גדולים של הפיקוד והשליטה הפכו תלויים במערכת. כתב העת טען כי ההנהגה הצבאית הרוסית נכשלה במשך שנים בפיתוח מערכת דומה או ביצירת גיבוי אמין.
מקורות רוסיים דיווחו גם כי אובדן קישוריות Starlink שיבש את העברת נתוני הסיור ליחידות טילים וארטילריה, והגביל את התיאום בין גורמי מודיעין ונכסי אש ארוכי טווח. יחידות תקיפה, עמדות פיקוד וכוחות עורפיים הושפעו בו זמנית. The Insider ציטט ערוץ טלגרם בולט התומך בקרמלין שקבע כי אתחול המסופים לא היה יעיל וכי יחידות תקיפה רוסיות ליד קופיאנסק איבדו את היכולת לשמור על תקשורת מבצעית עם הפיקוד הבכיר.

מסופי סטארלינק היו בשימוש נרחב על ידי כוחות רוסיים לאורך כל המלחמה למרות שלא היו מורשים. יחידות רוסיות הסתמכו על המערכת לפיקוד ובקרה, פעולות רחפנים ותיאום בשדה קרב בזמן אמת, עקב היעדר אלטרנטיבה מקומית מאובטחת ועמידה.

SpaceX ומשרד ההגנה האוקראיני לא פירטו בפומבי את המנגנונים הטכניים העומדים מאחורי הניתוק. גורמים אוקראינים הצהירו בעבר כי שירות Starlink מוגבל למשתמשים מורשים וכי ננקטים צעדים כדי למנוע ניצולו על ידי כוחות רוסיים. הפעולה המדווחת עולה בקנה אחד עם המאמץ הרחב יותר של אוקראינה למנוע גישה מכוחות רוסיים לתקשורת לווינית מסחרית המשמשת למטרות צבאיות, במיוחד לתמיכה בפעולות רחפנים ותיאום מאחורי קווי אוקראינה.

[תקשוב ובינה מלאכותית]

טכנולוגיות

70. תכנון כנפי גלשנים בהשראת כנפי חגב

7 בינואר 2026

Grasshopper wings inspire gliding robot design



A study of grasshopper hindwings inspired the design of small gliders. Credit: Princeton University

חוקרים מאוניברסיטאות פרינסטון ואילינוי חקרו את מבנה כנפי החגב האמריקני *Schistocerca americana* במטרה להבין כיצד הוא מצליח לדאות למרחקים ארוכים תוך שימוש מזערי באנרגיה. התמקדו בכנפיים האחוריות – כנפיים קרומיות גדולות שמתקפלות ונפרשות, בניגוד לכנפי החזית הקשיחות יותר שתפקידן בעיקר הגנה. הדאייה היא "טיסה זולה": כאשר רוצים לחסוך אנרגיה, פורסים את הכנפיים במלואן ומנצלים את זרימת האוויר במקום להניע אותן.

החוקרים הבחינו שהכנפיים אינן שטוחות אלא בעלות מבנה מחורץ (corrugated). השאלה הייתה האם החריצים הללו הם תכונה שמגבילה את הביצועים, תוצר לוואי של הצורך לקפל את הכנף, או אולי דווקא יתרון אווירודינמי. כדי לענות על כך סרקו את הכנפיים בסריקות CT שהפיקו מודל תלת־ממדי מדויק של הכנף. על בסיס הסריקות יצרו דגמי כנפיים שונים בהדפסה תלת-ממדית, חלקם מחורצים וחלקם חלקים, ובדקו את ביצועיהם במנהרת מים ובתנועה אווירית ברחבי מעבדת הרובוטיקה של פרינסטון.

התברר שלמרות שהחריצים תרמו במידה מסוימת ליצירת עילוי, הדגמים שהציגו את הביצועים הטובים ביותר היו דווקא הכנפיים החלקות. החוקרים מסיקים שהחריצים כנראה חשובים יותר ליכולת הקיפול של הכנף מאשר ליעילות הדאייה עצמה. כעת הם מתכננים מחקר המשך שיבחן כיצד ניתן לשלב את מבנה החריצים כך שיאפשר קיפול יעיל מבלי לפגוע בביצועים האווירודינמיים.

מודגש שהשילוב בין ביולוגיה להנדסה עובד לשני הכיוונים: לא רק שהחוקרים משתמשים במבנה הכנף של החגב כדי לפתח גלשנים רובוטיים יעילים יותר, אלא שגם חוקרי חרקים מתכוונים להשתמש בדגמים ההנדסיים כדי להבין טוב יותר את האבולוציה והמכניקה של כנפי חרקים.

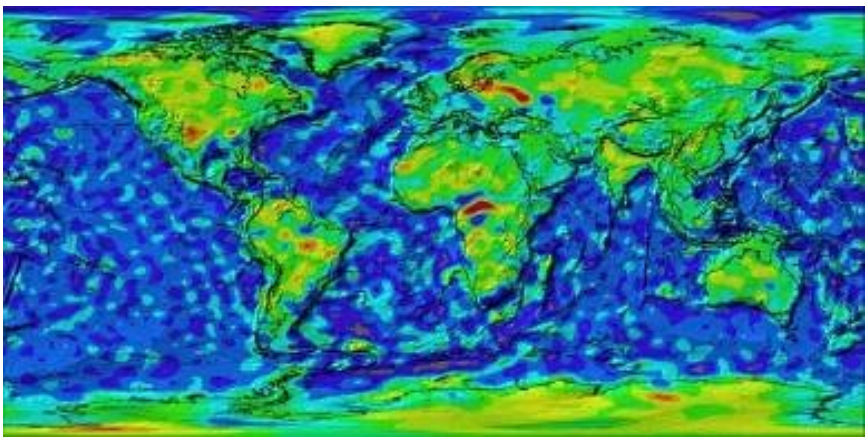
מאמר מדעי

טכנולוגיות

71. הפנטגון משקיע בטכנולוגיית ניווט מגנטי אשר "אינה ניתנת לשיבוש"

9 בינואר 2026

DIU to fund 'unjammable' magnetic navigation tech



מודל מגנטיות של פני כדה"א מבוסס מדידות של NASA . צבעים חמים מייצגים שדות מגנטים גבוהים יותר וקרים מייצגים שדות חלשים (מקור: NASA).
כחלק מההתמודדות עם חסינות לשיבוש של מערכות ניווט נפוצות מבוססות GPS, יחידת החדשנות של הפנטגון (DIU) תשקיע בקידום טכנולוגיית ניווט מגנטי (magnav) הנחשבת חסינת שיבוש היות ולא תלויה בתקשורת RF. היחידה יצאה בבקשה להצעות לאבות טיפוס של פלטפורמות אוויריות לא מאוישות למיפוי שדות מגנטיים של כדה"א לרבות מיפוי פני הים מגובה של 600-9100 מ' – GAUSS (Geomagnetic Airborne Unmanned Survey System). הפלטפורמות יכללו מגנטומטר מדויק שימפה את השינויים המקומיים בשדה המגנטי של כדה"א בשל נוכחות סלעים מגנטיים בקליפתו וכו'. המכרז הוא רב שנתי ורב שלבי ונועד לקדם ולהבשיל טכנולוגיית ניווט מגנטי לשימוש מבצעי, לרבות ניווט ימי ארוך טווח. מידע על משך ותקציב התוכנית לא נמסר. החברות היו אמורות לענות להצעה עוד בינואר השנה.

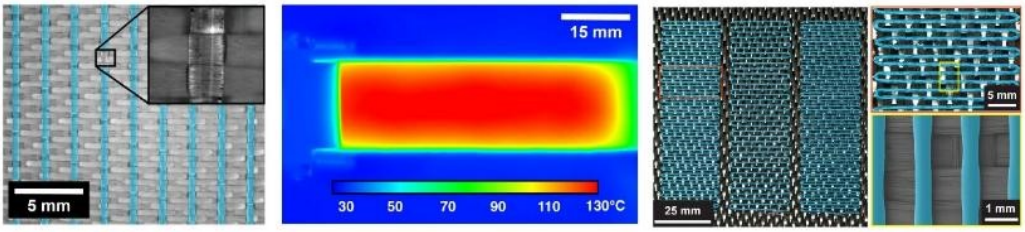
טכנולוגיית ניווט מגנטי תלויה במיפוי מדויק, במיוחד מעל האוקיינוסים, של השדות המגנטיים, ולכן אינה נפוצה. מערכות מיפוי מגנטי אוויריות קיימות מיועדות בד"כ לסקרים גאולוגיים יבשתיים ואינם מתאימים למיפוי ימי. הבקשה להצעות מגדירה הסבה של פלטפורמות קיימות אלו למיפוי ימי בקנה מידה גדול מאוד ובמחיר נמוך. כמו כן קיימים אזורים מסוימים "רגישים" שידרשו מערכות מדויקות אך זולות במיוחד עקב החשש מאובדן הפלטפורמה. כנראה שפלטפורמה אווירית אחת לא תיתן מענה מלא ויידרשו כמה סוגים של פלטפורמות לכיסוי מגבהים שונים. בבקשה להצעות, DIU ציינה שהיא מחפשת גם שיטות חדשניות שיאפשרו לתקן את תנודות היום/לילה של השדה המגנטי מעל אוקיינוס פתוח, למשל ע"י שימוש במידע לווייני העוקב אחרי מזג האוויר או בשיטות ניטור בזמן אמת (למשל בלונים קבועים/משוטטים).
[מעבר לשיטות לחיסון מערכת ה-GPS עצמה, קיימות טכנולוגיות ניווט נוספות, חסינות ברמות שונות, מעבר לזו המוזכרת. ניתן להשתמש בחיישנים אינרציאליים קוונטיים בעלי דיוק גבוה וסחיפה נמוכה מה שיאפשר ניווט מדויק גם בתנאי שיבוש GPS כפי שמופיע במאמר אחר בגיליון זה. ניתן להשתמש בשיטות ניווט נוספות כגיבוי, למשל שימוש מפתיע בלווייני תקשורת LEO כמו של starlink. עורך הידיעה].

טכנולוגיות

72. חומר מרוכב עם יכולת ריפוי עצמי עשוי לאפשר תפקוד במשך מאות שנים

14 בינואר 2025

Self-healing composite can make airplane, automobile and spacecraft components last for centuries



Self-healing via thermal re-mending: (left) 3D printed thermoplastic healing agent (blue overlay) on glass-fiber reinforcement; (middle) infrared thermograph during in situ self-healing of a fractured fiber-composite; (right) 3D printed healing agent (blue) on carbon-fiber reinforcement. Image credit: Jason Patrick, NC State University.

חוקרים מאוניברסיטת קרוליינה הצפונית פיתחו חומר מרוכב חדש שמסוגל לתקן את עצמו יותר מאלף פעמים, תוך שמירה על תכונותיו המכניות לאורך מאות שנים. זהו חומר מרוכב מחוזק-סיבים, דומה לאלו המשמשים כיום במטוסים, כלי רכב, טורבינות רוח וחלליות, אך החידוש הוא ששולבו בו שכבות תרמופלסטיות מודפסות בתלת-ממד המשמשות כחומר "ריפוי", יחד עם שכבות חימום מבוססות פחמן המוטמעות בתוך המבנה. כאשר מתרחשת דה-למינציה (היפרדות שכבות) או שנוצר סדק בין השכבות, העברת זרם חשמלי דרך שכבת החימום מייצרת חום שמתיך את שכבת הריפוי; הפולימר המותך זורם אל האזור הפגוע, ממלא את הסדק ומחזיר את החוזק המבני.

החומר החדש מציג עמידות התחלתית גבוהה פי שניים עד פי ארבעה לדה-למינציה בהשוואה לחומרים מרוכבים רגילים, ושומר על קשיחות גבוהה לאורך 500 מחזורי ריפוי לפחות, כאשר גם לאחר 1,000 מחזורים הירידה בביצועים איטית. מודלים חישוביים מצביעים על כך שעם מחזורי ריפוי תקופתיים – למשל פעם אחת לרבעון – ניתן להגיע לאורך חיים של כ-125 שנים, ובתדירות נמוכה יותר אף לכ-500 שנים. הירידה האיטית ביעילות הריפוי נובעת בעיקר ממיקרו-שברים של סיבי החיזוק המצטברים באזורי הנזק ומפחיתים את איכות ההיצמדות, וכן מירידה הדרגתית ביעילות התגובות הכימיות האחראיות לקישור מחדש. למרות המנגנונים הכימיים-פיזיקליים האינהרנטיים שמפחיתים בהדרגה את יעילות הריפוי, החוקרים הגיעו למסקנה שתיקון עצמי מתמשך עשוי להיות אפשרי, וזאת באמצעות מודלים סטטיסטיים המתאימים במיוחד לניתוח תופעות מסוג זה.

הטכנולוגיה ניתנת ליישום בתהליכי ייצור קיימים של חומרים מרוכבים, מה שהופך אותה רלוונטית במיוחד לתעשיות שבהן התיקונים מורכבים או יקרים, כמו תעופה, חלל, ואנרגיית רוח. הפיתוח מוגן בפטנט והוא ממוסחר דרך חברת הזנק בשם Structeryx, והחוקרים מחפשים שותפים תעשייתיים וממשלתיים לשילובו במערכות מעשיות שונות.

מאמר מדעי

טכנולוגיות

73. חומר חדש עוצר דימום קשה תוך שנייה

21 בינואר 2026

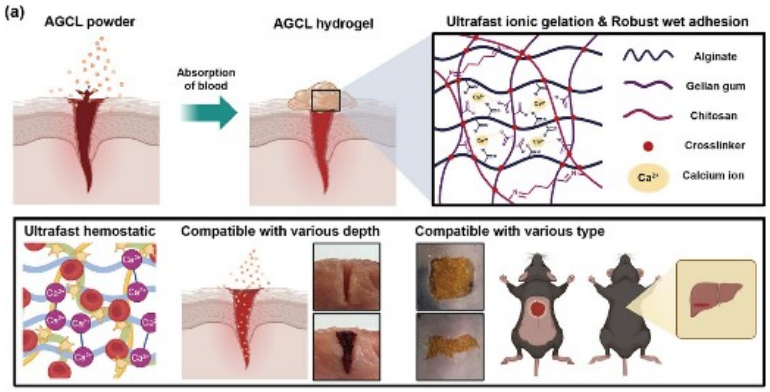
Battlefield wound spray stops bleeding in just one second

חוקרים ממכון KAIST בקוריאה הדרומית פיתחו אבקה הניתנת לריסוס על פצעים, ההופכת בתוך שנייה אחת לג׳ל במגע עם דם. מטרת הפיתוח היא לאפשר טיפול מהיר ויעיל בפציעות קרב ובמצבי חירום שבהם דימום הוא גורם המוות העיקרי בשעות הראשונות לאחר הפציעה. האבקה נקראתAGCL והיא מבוססת על שלושה חומרים טבעיים: אלגינט (alginate) שמופק מאצות, ג׳לאן (gellan gum) שמיוצר מחיידקים ע"י תסיסה, וכיטוסן (chitosan) שמופק משלדי סרטנים וחרקים ומדפנות תאים של פטריות. האלגינט והג׳לאן יוצרים ג׳ל מייד עם מגע הדם, בעוד הכיטוסן, הנושא מטען חשמלי חיובי, נקשר לתאי דם אדומים ולטסיות דם (בעלי מטען שלילי) ומאיץ קרישה.

הג׳ל מסוגל לספוג דם יותר מפי שבעה ממשקלו, מה שמאפשר שימוש גם במקרי דימום חמור. החומר מציג פעילות אנטיבקטריאלית ושיעור חיוניות תאים של מעל 99% בניסויי מעבדה ובניסויים בבעלי חיים, וגם תומך ברגנרציה של רקמות. הוא יציב במשך שנתיים בטמפרטורת החדר ועמיד בלחות גבוהה ובתנאים סביבתיים קשים.

בניסוי בעכברים לאחר פגיעה כירורגית בכבד, החומר עצר דימום ביעילות גבוהה יותר מחומרים מסחריים קיימים, ותפקוד הכבד חזר לרמה תקינה בתוך שבועיים. אף שהפיתוח מיועד בעיקר לשימוש בשדה הקרב, החוקרים מציינים כי הוא מתאים גם לרפואה דחופה ולשימושים כירורגיים.

מאמר מדעי



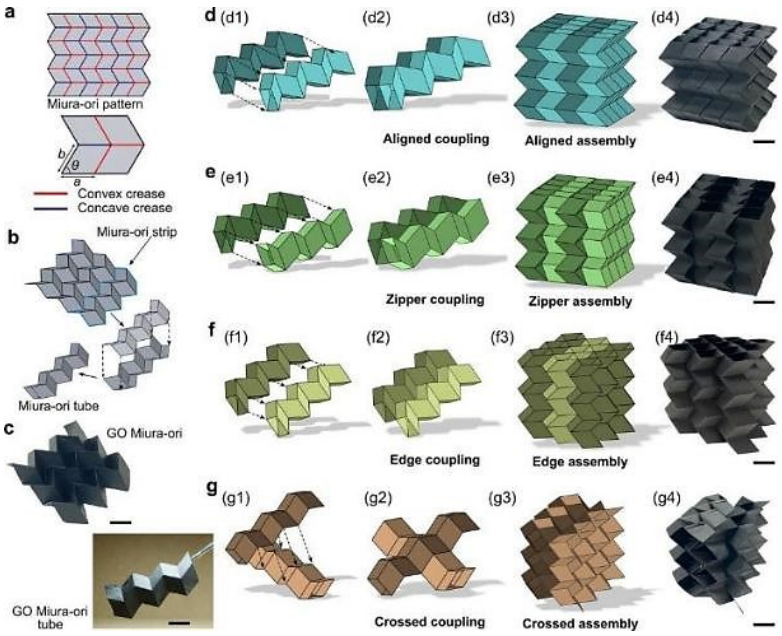
איור שנלקח מהמאמר המדעי

טכנולוגיות

74. יריעות דקיקות משנות צורה – עבור רובוטים רכים עתידיים

23 בינואר 2026

Shapeshifting materials could power next generation of soft robots



Assembly of GO Miura-ori metamaterials. Credit: Materials Horizons (2026). DOI: 10.1039/d5mh01681a

מהנדסים מאוניברסיטת מקגיל פיתחו חומרים דקים מאוד הניתנים לתכנות לשינוי צורה, קיפול ותנועה בדומה ל"אוריגמי מונפש", במטרה להוות בסיס לדור הבא של רובוטים רכים וכלים רפואיים זעירים. המחקר מתמקד ביריעות דמויות נייר העשויות מתחמוצת גרפן מקופלת (Graphene Oxide - GO) שניתן ליצור מהן התקנים המסוגלים ללכת, להתפתל ולהתהפך. החוקרים הצליחו להתגבר על מגבלות קודמות של סרטי תחמוצת גרפן, שהיו שבירים וקשים לייצור בקנה מידה רחב, ויצרו סרטים חזקים וגמישים המאפשרים תנועה מורכבת ללא צורך במפעילים כבדים או בחלקים קשיחים.

שני מחקרים מדגימים את השליטה בחומרים אלו: המחקר הראשון מציג מבני אוריגמי הנפתחים בחשיפה ללחות ונסגרים עם התייבשותם. המחקר השני מדגים שילוב של חלקיקים מגנטיים זעירים המאפשרים ניווט מרחוק באמצעות מגנטים, ללא חיווט או סוללות. תכונה מהותית שנתגלתה היא היכולת של שכבת תחמוצת הגרפן להוליך חשמל באופן המשתנה בהתאם לכיפוף החומר, מה שמאפשר למבנים "לחוש" את תנועתם העצמית בזמן אמת. פיתוח זה מאפשר ליצור מטא-חומרים המשמשים בו-זמנית כמפעילים (actuators) המייצרים תנועה, וכחיישנים המודדים אותה ומספקים משוב מיידי. היישומים הפוטנציאליים כוללים התקנים לבישים המשנים צורה על העור, אריזות חכמות המגיבות לסביבתן, וכלי ניתוח רפואיים עדינים הנעים בתוך הגוף.

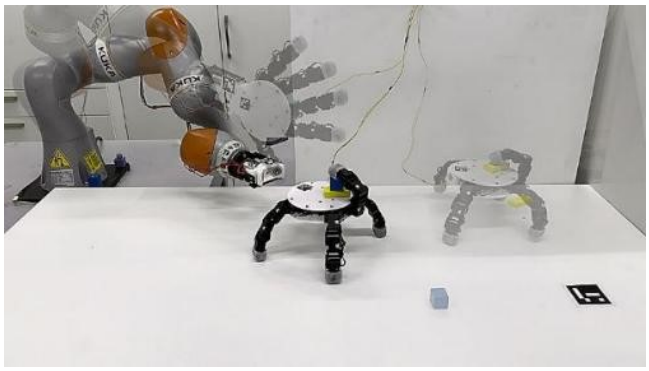
מאמר מדעי, ומאמר נוסף.

טכנולוגיות

75. רובוט עם יד מתנתקת וזוחלת, לטיפול בחפצים בזוויות גישה מרובות

21 בינואר 2026

Handy robot can crawl and pick up objects from multiple angles



Credit: Xiao Gao

חוקרים מאוניברסיטת הונג קונג (HKU) פיתחו רובוט המכונה Handy, עם יד מתנתקת בעלת יכולת תנועה ומניפולציה ייחודית. הפיתוח נועד לפתור את המגבלה של רובוטים קונבנציונליים המתקשים לאחוז ולתפעל חפצים בחללים מוגבלים או בזוויות גישה מורכבות.
החוקרים מציגים שתי גרסאות של היד הרובוטית: אחת עם חמש אצבעות ושנייה עם שש אצבעות (עם כף יד בקוטר של 16 ס"מ), כאשר לכל אחת מהן ארכיטקטורה סימטרית המאפשרת אחיזה משני הצדדים. היד יכולה להתנתק מזרוע הרובוט, ולנוע באופן עצמאי.
הודגם כיצד היד מסוגלת לאסוף עד שלושה אובייקטים ברצף ולהתחבר מחדש תוך שמירה על אחיזה מאובטחת בחפצים. היד יכולה להחזיק בביטחה סוגים שונים של חפצים. כמו כן, היא מסוגלת לשחזר 33 סוגי אחיזה אנושיים ולהחזיק חפצים במשקל של עד שני קילוגרמים.
ביצוע משימות כגון איסוף חפצים הנמצאים מעבר לטווח הגישה הרגיל וטיפול במספר אובייקטים במקביל, מציע יישומים פוטנציאליים בתעשייה, במחקר, ובפעולות שירות.

סרטון

מאמר מדעי

טכנולוגיות

76. חא"א משקיע בטכנולוגיות מתקדמות בהשראת הביולוגיה

30 בינואר 2026

US Air Force Explores Biotech, Smart Materials for Next-Gen Defense

חא"א חובר לחברת AeroVironment כדי לשלב ביוטכנולוגיה וחומרים מתקדמים במערכות הגנה מהדור הבא. במרכז המאמץ עומד פיתוח פולימרים חדשים וחומרים רספונסיביים באמצעות טכניקות עיבוד ומידול חדשניות, וזאת במטרה לשפר את היעילות והעמידות של מערכות אוויר, חלל ונשק תוך התבססות על עבודתה המתמשכת של AV עם מעבדת המחקר של חיל האוויר.
במהלך חמש השנים הבאות, חטיבת UES של החברה תקדם גישות טכנולוגיות ותהליכי ייצור בהשראה ביולוגית, אלקטרוניקה גמישה, חומרים חכמים הניתנים לייצור מרובד, תכנון ביומימטי וביולוגיה סינתטית.

עבודה זו שואפת להאיץ את ייצור החומרים האדפטיביים אשר תורמים להורדת עלויות מחזור החיים, מגבירים את החסינות ושומרים על היתרון הטכנולוגי של חיל האוויר. בינה מלאכותית גם תמלא תפקיד, ותסייע בהאצת בדיקות, בתחזוקת מערכות משימה, בניטור ביצועים אנושיים ובהעברת טכנולוגיות חדשות לשימוש מבצעי. המחקר גם יכלול בחינה של תהליכים ביולוגיים ל"הזדקנות" מבוקרת של חומרים, זיקוק של מתכות נדירות (Rare Earth) ועוד.

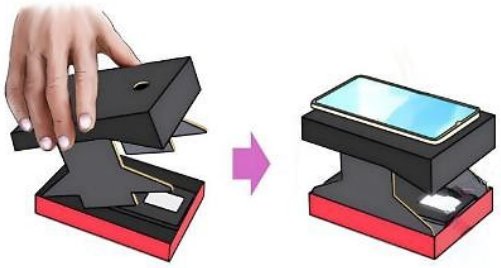
העבודה מגיעה בעקבות חוזה שנחתם לאחרונה עם חא"א בסך 75 מיליון דולר במסגרת תוכנית FRESH (Functional Responsive Experimentation for Systems and Humans). זהו חלק מחוזה המחקר שכותרתו "ביוטכנולוגיה וביו-חומרים ופולימרים וחומרים רספונסיביים, מחקר, פיתוח ובחינה".

טכנולוגיות

77. יפן: ערכה זולה הופכת טלפון נייד לגלאי קרינה גרעינית

27 בינואר 2026

Hiroshima University turns smartphones into nuclear radiation detectors with $70 tech



As Japan reopens reactors, a pocket-sized radiation detector could reshape public safety readiness. Hiroshima University

חוקרים מאוניברסיטת הירושימה פיתחו מערכת דוזימטריה (radiation dosimetry) ניידת, זולה ונגישה, הממירה טלפון חכם לגלאי קרינה לצורך הערכת מינון קרינה מיידית לאחר תקריות גרעיניות או רדיולוגיות. המערכת מורכבת מפיסת סרט רדיוכרומי מסוג Gafchromic EBT4, סורק מתקפל המופעל באמצעות סוללה ומצלמת טלפון חכם. הסרט משנה את צבעו באופן מיידי בחשיפה לקרינה, ואפליקציה לעיבוד תמונה מנתחת את שינוי הצבע כדי לכמת את רמת החשיפה. במחקר נמצא כי ערוץ צבע ציאן (Cyan) בתמונות הדיגיטליות מספק את הנתונים העקביים והמהימנים ביותר במגוון מכשירי טלפון, כולל דגמי סמסונג ואייפון. המערכת מסוגלת למדוד מינוני קרינה גבוהים יחסית של עד 10 גריי (Gray). עלות המערכת המלאה נמוכה מ-70 דולר, מחיר שהופך אותה לחלופה זולה וניידת לציוד מעבדתי קונבנציונלי, במיוחד בתרחישים של פגיעה בתשתיות או אירועים רבי-נפגעים.

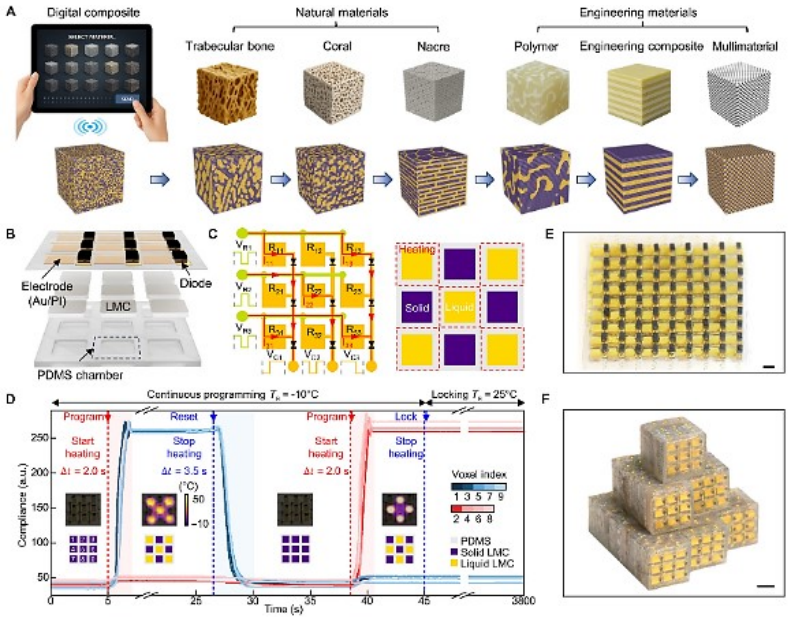
תוכנית האנרגיה שאומצה ע"י ממשלת יפן בתחילת 2025, קבעה יעד שבו אנרגיה גרעינית תספק כ-20% מהחשמל ביפן עד שנת 2040, עלייה משיעור של כ-9% בשנת 2024. ב-21 בינואר 2026, החלה חברת TEPCO בתהליך ההפעלה מחדש של תחנת הכוח קשיוואזאקי-קאריווה, שהיא הגדולה בעולם, וזו הפעם הראשונה מאז 2011 שבה המפעילה של תחנת פוקושימה קיבלה אישור להפעיל מחדש כור גרעיני. המערכת הניידת החדשה נועדה לתגבר את המוכנות האישית ולסייע בשיקום אמון הציבור דרך שקיפות וניטור זמין בשטח, במקביל לחזרה לשימוש בכוח גרעיני.

טכנולוגיות

78. "חומר מרוכב דיגיטלי" משנה את קשיחותו בהתאם לצורך

3 בפברואר 2026

A programmable, Lego-like material for robots emulates life's flexibility



Programming and testing of digital composite with nonvolatile solid-liquid phase architectures. Credit: *Science Advances* (2026). DOI: 10.1126/sciadv.aed9698

חוקרים מאוניברסיטת דיוק (Duke) פיתחו "חומר מרוכב דיגיטלי" (digital composite), המדמה את הגמישות והסתגלנות של שרירים ורקמות חיות. המערכת מבוססת על יחידות מודולריות המורכבות מבלוקים דמויי קובייה הונגרית, כאשר כל קובייה כזו מכילה 27 תאים (ווקסלים) הניתנים לשליטה. הייחודיות הטכנולוגית טמונה בשימוש בתערובת מתכתית של גליום וברזל הממלאת את התאים; חומר זה מוצק בטמפרטורת החדר אך הופך לנוזל בעת חימום חשמלי מקומי. על ידי הזרמת זרם חשמלי לתאים נבחרים, החוקרים יכולים "לתכנת" דפוסים של אזורים קשיחים ורכים בתוך המבנה מבלי לשנות את צורתו החיצונית, פעולה המזכירה כתיבת ביטים (0 ו-1) על כונן קשיח.

אחת החוקרות הסבירה: "מדפסות תלת-ממד יכולות ליצור חומרים בעלי תכונות מכניות ספציפיות, אך צריך להדפיס אותם מחדש כדי לשנות אותן. רצינו ליצור משהו דמוי שרירים אנושיים, המסוגל לשנות את רמת הקשיחות בזמן אמת".

הטכנולוגיה אכן מאפשרת שינוי בזמן אמת של תכונות מכניות כמו קשיחות ושיכוך (damping), מה שמאפשר למבנה אחד לתפקד במגוון רחב של מצבים – ממצב קשיח ועד רך. בניסויים שהוצגו, החוקרים חיברו 10 קוביות כאלו ליצירת גוף גמיש ששימש כזנב לרובוט דמוי דג, והדגימו כיצד תכנות מחדש של מצב הצבירה של התאים משנה לחלוטין את יכולת התנועה שלו. המערכת ניתנת לאיפוס מלא על ידי הורדת הטמפרטורה, המחזירה את כל התאים למצב מוצק ומאפשרת תכנות מחדש שוב ושוב.

החוקרים צופים כי בעתיד ניתן יהיה למזער את הטכנולוגיה כך שבין היישומים יהיה שימוש רפואי בתוך כלי דם אנושיים, כולל סטנטים אדפטיביים המותאמים אישית לצרכי המטופל.

מאמר מדעי

טכנולוגיות





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

