– בלמ"ס –



יולי 2026

מו"פ ביטחוני בעולם





מפא"ת
הופכים חזון לביטחון

מו"פ ביטחוני בעולם

ראו רשימת הידיעות בעמוד הבא

גיליון יולי 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:

מלחמת צווארי הבקבוק האסטרטגיים

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

תוכן העניינים

1. סקירה: מלחמת צווארי הבקבוק האסטרטגיים 4

כללי

2. ללא מצפן: הצורך הדחוף של צה"ל בדוקטרינה אתית לשימוש במערכות נשק אוטונומיות ובינה מלאכותית 12
3. בתרגיל הודגם: טכנולוגיות מפציעות עוברות מהמפתחים ללוחמים 14
4. סמינר בהודו: חדירת ממשקי מוח-מחשב ליישומים ביטחוניים 15
5. חברת הזנק רותמת בינה מלאכותית לחיפוש מינרלים קריטיים 15
6. בינה מלאכותית בלחימה: האחריות עדיין נשארת בידי האדם 16
7. עקב איומי בינה מלאכותית, אבטחה סייבר-קינטית נעשית חיונית 17
8. הגנה מפני טילים: במקום "כיפת זהב" עדיף לחשוב על "אזורי זהב" 18

יבשה

9. משקפי מציאות רבודה המשמשים כוונת נשק 20
10. הבריטים מצטיידים בתותח הוביצר מותקן על רכב גלגלי מהיר 21
11. חברת סאאב: חימוש טנדם מתקדם נגד שריון ריאקטיבי 22
12. חמש חברות זכו באתגר LETHALITY PRIZE CHALLENGE 22
13. צבא ארה"ב יוזם פיתוח רובוטים שיטפלו בפצועים בשדה הקרב 24
14. אימוני שימוש בכרב"מים בצבא ארה"ב 24
15. PATRIA ו-RENK חושפות קונספט של רכב זחלי בלתי מאויש 25
16. הפיכה של עמדת נשק מרוחקת למחסל רחפנים מבוסס בינה מלאכותית 27
17. תחמושת נגד רחפנים המתפרקת למספר קליעים 27
18. כרב"מים בתערוכת EUROSATORY 2026 28
19. צבא ארה"ב יצטייד בפגז "וולקנו" האירופי 29
20. הפעלת כטמ"ם נדרשת כמיומנות ליבה של הלוחמים בצבא קוריאה הדרומית 30
21. חברות צרפתיות הסבו טנק מערכה מיושן לכלי לחימה רובוטי 31
22. תותח 105 מ"מ המותקן על רכב קרב משוריין 32
23. ארה"ב: תוכנית ERAP לפיתוח פגזי ארטילריה 155 מ"מ לטווח מוגדל 33

אוויר והגנ"א

24. שדרוגים מבצעיים למסוק H-47 CHINOOK 34
25. נחשף סרטון קונספט של מטוס הקרב הימי הבא F/A-XX 35
26. כטב"ם תדלוק MQ-25 STINGRAY השלים טיסת ניסוי 36
27. פיתוח מערכת גרעינית נגד מטרות תת-קרקעיות 37
28. שינוי תפיסתי עבור פלטפורמת MQ-9 REAPER 37
29. טיל בליסטי בין-יבשתי חדש של טורקיה 38
30. טיסת בכורה לכטב"ם היברידי-חשמלי של דארפא 39
31. ניסויי כטב"ם המבוסס על אווירודינמיקה של זרימה למינרית 40
32. ארה"ב: נחשף טיל אוויר-אוויר סודי AIM-260 41
33. לקראת מטוסי מטען אוטונומיים 42
34. ברומניה פותח טיל שיוט מונחה בבינה מלאכותית 43
35. חברה הולנדית עם שותפים באוקראינה וגרמניה מפתחת טיל שיוט ארוך טווח 44
36. כטב"ם התדלוק MQ-25A STINGRAY מתחיל ייצור ראשוני 44
37. נחשף BLITZ — כטב"ם מתכלה המשוגר ממכולה 45
38. העברת אנרגיה אלחוטית מאפשרת "טיסה נצחית" לרחפנים 46
39. יורש למטוס SR-71 ? 47

40. הופסקה תוכנית מטוס הקרב העתידי FCAS של צרפת, גרמניה וספרד 48
41. יוזמה גרמנית לפתח מטוס קרב אירופי מהדור השישי 48

ים
42. חברה טורקית הציגה כשב"מים וכצב"מים עם יכולת תקיפה 50
43. חברת NAVANTIA מציגה קונספט לכשב"ם חמוש חדש 50
44. קוריאה הדרומית הציגה מיזם לבניית צוללת גרעינית עד 2040 51
45. כצב"ם אוטונומי סודי האמור לפעול לצד צוללות מאוישות כמעין 'מס' 2' 51
46. חיישן מגנטי מוטס לגילוי מהיר של מוקשים ימיים וצוללות 52
47. כלי שיט אוטונומי חילץ אנשי צוות של מסוק אמריקני שהופל במפרץ הפרסי 53
48. יכולת לשגר טילים שגא-קוליים מכלי שיט בלתי מאוישים 54
49. הצי הגרמני ביטל את פרויקט פריגטה F126 54

חלל
50. רשת חשמל ראשונה בחלל – באמצעות לייזרים 55
51. ניסויים מתקדמים לרוטורים של מסוקי מאדים 56
52. חללית שירות רובוטית של דארפא תשוגר בקרוב 56
53. רכב הירח החדש PEGASUS 57
54. חיל החלל האמריקני מאיץ מימוש טכנולוגיות של לוגיסטיקה בחלל 58
55. נאסא: מבצע חילוץ של לוויין שעומד ליפול לאטמוספירה ולהישרף 59
56. מומלץ לעיון: מה מפרסמים עלינו בעולם 61

תקשוב ובינה מלאכותית
57. "רודפים אחרי ברקים" 62
58. תוכנת אוטונומיה שיתופית בין פלטפורמות ימיות ואוויריות 63
59. צבא ארה"ב: כלי בינה מלאכותית עבור לוחמה קוגניטיבית 64
60. צבא ארה"ב בוחן רחפן ל"א אוטונומי 65
61. מחשב-על של NEXTSILICON הצליח במבחני קבלה במעבדה הלאומית 'סאנדיה' 66
62. מערכת ל"א פסיבית חדשה מגלה איומים שונים בלי להתגלות 66
63. ניווט אינרציאלי מבוסס FOG כפתרון לשיבושי ניווט לווייני 67

טכנולוגיות
64. תאורה ללא חשמל – בעזרת אצות זוהרות 68
65. התקן לביש לחישת מדדים פיזיולוגיים בסביבות שבהן מערכות ניטור מסורתיות נכשלות 68
66. אנטנות מבוססות מטא-חומרים להרחבת טווח RF 69
67. צבא ארה"ב: התקן חדשני לזיהוי חלבונים ייחודיים ליישומים צבאיים 70
68. הכוונת "חרקי סייבורג" ע"י חיישנים ייחודיים ובינה מלאכותית 71
69. קוריאה הדרומית: קידום רובוטיקה צבאית של הדור הבא, בעזרת "תאומים דיגיטליים" ו-AI 72
70. שיטה אקוסטית חדשה לגילוי מנהרות 73
71. גילוי וזיהוי חומרי נפץ הנישאים ע"י רחפנים 74

1. סקירה: מלחמת צווארי הבקבוק האסטרטגיים

מאת איתן שרוני

בשנים האחרונות התחרות בין ארצות הברית לסין עברה שינוי מהותי – ממלחמת סחר שהתמקדה במכסים ובמאזן היבוא והיצוא, לעימות אסטרטגי על שליטה בנקודות צווארי הבקבוק (Strategic Chokepoints) של שרשראות הערך הטכנולוגיות הגלובליות. במקום להתחרות בעיקר על היקף הסחר, שתי המעצמות מתמקדות כיום בשליטה בטכנולוגיות, בחומרי גלם וביכולות ייצור שהפכו למשאבים אסטרטגיים. גישה זו, המכונה לעיתים Strategic Chokepoints Competition, מבוססת על ההבנה ששליטה במספר מצומצם של רכיבים קריטיים עשויה להשפיע על יכולתה של היריבה לפתח תעשיות מתקדמות, לשמר יתרון ביטחוני ולהוביל חדשנות.

במסגרת תחרות זו, **מלחמת השבבים** ו**מלחמת המינרלים הקריטיים** הן שתי חזיתות של אותו מאבק רחב. ארצות הברית ובעלות בריתה מפעילות מגבלות על גישה לשבבים מתקדמים, ציוד ליתוגרפיה, תוכנות לתכנון שבבים (EDA) ורכיבי מפתח נוספים, בעוד שסין מנצלת את מעמדה הדומיננטי בעיבוד יסודות נדירים (- REE Rare Earth Elements), בייצור מגנטים בעלי ביצועים גבוהים ובאספקת חומרי גלם קריטיים לתעשיות האנרגיה, התחבורה והאלקטרוניקה. בשני המקרים, המטרה אינה רק יתרון מסחרי, אלא השפעה על יכולות הייצור והפיתוח של היריב באמצעות שליטה בצווארי בקבוק טכנולוגיים אסטרטגיים.

משמעות השינוי היא שהיתרון התחרותי אינו נקבע עוד רק על בסיס איכות המוצר או קצב החדשנות, אלא גם על בסיס שליטה בשרשרת האספקה, בזמינות חומרי הגלם, בתהליכי הייצור ובקניין הרוחני. כתוצאה מכך, החלטות הנדסיות, בחירת ספקים, תכנון רכיבים ואסטרטגיות פיתוח מושפעים יותר ויותר משיקולים גיאופוליטיים. הבנת התחרות על נקודות צווארי הבקבוק האסטרטגיות הפכה לכן למרכיב חיוני בהבנת עתיד תעשיית השבבים, הרכב החשמלי, הבינה המלאכותית, מערכות הביטחון וטכנולוגיות מתקדמות נוספות.

תהליך זה מוביל כיום לשינוי מבני עמוק: מעבר מתלות גלובלית מרוכזת לשרשראות אספקה מקבילות ואזוריות, פיתוח יכולות מיחזור והחלפת חומרים, והאצת השקעות המערב בהיקף של מיליארדי דולרים במחקר ופיתוח מחוץ למוקדי הייצור המסורתיים.

בתוך תהליך זה נוצר גם מרחב הזדמנויות משמעותי לתעשיות מתקדמות, למוסדות מחקר ולמערכות חדשנות, ובפרט למדינות קטנות עם יתרון טכנולוגי ואקדמי כמו ישראל, אשר עשויות למנף את השינוי כדי להשתלב מחדש בחוליות קריטיות בשרשרת הערך הגלובלית.

מלחמת השבבים

מלחמת השבבים (Chip War) מתארת את התחרות האסטרטגית בין ארצות הברית לסין על השליטה בטכנולוגיות המוליכים למחצה ובשרשראות האספקה שלהן. שבבים מתקדמים מהווים את התשתית של הכלכלה הדיגיטלית ושל מערכות ביטחוניות מתקדמות, החל ממחשבי־על ובינה מלאכותית ועד מטוסים, טילים, מערכות תקשורת ולוויינים. למרות שמרבית השבבים בעולם מיוצרים במזרח אסיה, הייצור המתקדם מרוכז במספר מצומצם של חברות. לדוגמה, החברה הציבורית TSMC הטייוואנית מייצרת למעלה מ-90% מהשבבים המתקדמים בעולם, בעוד שחברת ASML ההולנדית היא למעשה היצרן היחיד בעולם של מכונות ליתוגרפיה בטכנולוגיית EUV (Extreme Ultraviolet), שהן תנאי הכרחי לייצור שבבים מהדור המתקדם ביותר. ארצות הברית, מצדה, שולטת בחלק ניכר מתוכנות תכנון השבבים (EDA), בקניין הרוחני של מעבדים מתקדמים ובפיתוח של רכיבי ליבה לתעשייה. על רקע ריכוזיות זו, הפכה תעשיית השבבים מסוגיה כלכלית לסוגיה של ביטחון לאומי. החל מ-2022 הרחיבה ארצות הברית באופן משמעותי את מגבלות היצוא על שבבים מתקדמים, ציוד לייצור שבבים ותוכנות תכנון לסין, במטרה להאט את התקדמותה בתחומים כמו בינה מלאכותית ומחשוב עתיר ביצועים. במקביל חוקק חוק השבבים והמדע CHIPS and Science Act, הכולל כ-**52.7 מיליארד דולר** בסובסידיות ותמריצים לפיתוח תעשיית השבבים בארצות הברית.

מלחמת היסודות הנדירים REE והמונופול הסיני

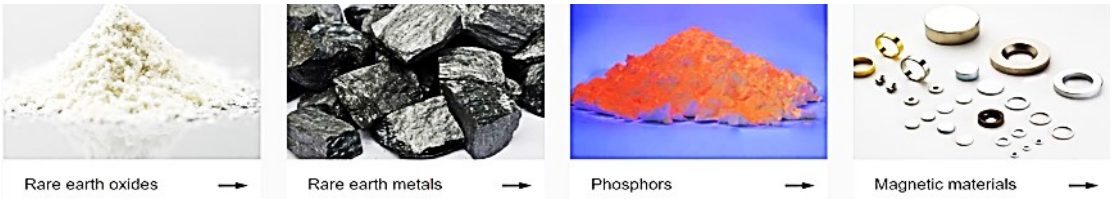
מלחמת היסודות הנדירים (Rare Earths War) מתארת את התחרות הגיאו־כלכלית והגיאו־אסטרטגית סביב השליטה בהפקה, בזיקוק ובאספקה של יסודות נדירים ומינרלים קריטיים, המהווים תשומות חיוניות לתעשיות מתקדמות ולמערכות ביטחוניות. יסודות אלו – ובהם נאודימיום, פרסאודימיום, דיספרוזיום וטרביום – משמשים בייצור מגנטים קבועים למנועים חשמליים, סוללות, טורבינות רוח, רובוטיקה, מערכות תקשורת, לוויינים, מכ"ם, טילים ומטוסי קרב. אף שסין מחזיקה בכ-35%–40% בלבד מעתודות היסודות הנדירים בעולם ובכ-65%–70% מהכרייה העולמית, עוצמתה נובעת בעיקר משליטתה בשלבים התעשייתיים של שרשרת הערך. כיום היא אחראית לכ-90% מיכולת ההפרדה והזיקוק של יסודות נדירים בעולם ולכ-90% מייצור המגנטים הקבועים מסוג NdFeB, שהם רכיב חיוני במגוון רחב של מוצרים אזרחיים וצבאיים. במקביל, היא מחזיקה גם בעמדות דומיננטיות בעיבוד מינרלים קריטיים נוספים, ובהם גרפיט, גליום וגרמניום.

תלות זו הפכה את שרשרת האספקה של המינרלים הקריטיים לאחד ממוקדי היריבות בין המעצמות. כל סכסוך/הפרעה גיאופוליטית, מגבלות יצוא, עלייה חדה בביקוש או בעיות סביבתיות במכרות יכולות להשפיע על תעשיות וכלכלות שלמות, וזה בדיוק מה שקרה בשנים האחרונות.

למה לא כורים יותר יסודות נדירים כמענה לביקוש?

כאן נכנסות לתמונה כמה בעיות ונדרשת הבנה של התהליך כולו:

שרשרת הייצור של יסודות נדירים REE משתרעת על פני סדרה של שלבים תובעניים מבחינה טכנית, שכל אחד מהם מוסיף ערך ייחודי כאשר החומרים עוברים ממשקעים גיאולוגיים למוצרים מזוקקים ומגנטים קבועים. שלבים אלה כוללים מיצוי, השבחה, שדרוג כימי, הפרדה לתחמוצות, זיקוק מתכות, סגסוגות וייצור מגנטים. לאחר המיצוי, העפרות נמחצות ונטחנות לשחרור מינרלים, אשר לאחר מכן מרוכזים. הפרדה - הליבה הטכנית של העיבוד - ממירה חומרי גלם מעורבים של אדמת יסודות נדירים לתחמוצות בודדות. תחמוצות מזוקקות הופכות לאחר מכן למתכות, ולאחר מכן לאבקות סגסוגות, התשומות העיקריות לייצור מגנטים.



שרשרת התהליכים לאחר כריית היסודות הנדירים שכ- 90% ממנה מבוצעים היום בסין (זיקוק והפקת תחמוצות REE, ייצור סגסוגות וייצור מגנטים). מקור: US DOE

הבעיות והאתגרים בתהליך

- **כרייה וזיקוק יסודות נדירים מזהמים מאוד** - תהליך ההפקה מייצר פסולת כימית, חומרים רדיואקטיביים מסוימים, זיהום מים וקרקע. לכן מדינות רבות לא רוצות לפתוח מכרות חדשים.
- **לוקח שנים להקים שרשרת אספקה** - גם אם יש מרבצים, צריך כרייה, זיקוק, הפרדה כימית, ייצור סגסוגות וייצור מגנטים. זה תהליך תעשייתי מורכב.
- **תלות בידע ובתעשייה קיימת** – סין בנתה בעשרות שנים מומחיות שקשה להעתיק במהירות.

היסטוריית משברי Rare Earth מרכזיים ואיך נוצר המשבר הנוכחי

אם צריך לתמצת את העימות הטכנולוגי-כלכלי בין ארה"ב ובעלות בריתה לבין סין אז משבר ה-REE הוא חלק בלתי נפרד ממנו כאשר שני מנופי הלחץ הבולטים כיום:

- שבבים, תוכנות וציוד לפיתוח וייצור שבבים – תחום שבו למערב יש יתרון משמעותי.
- יסודות נדירים, מגנטים וחומרי גלם קריטיים – תחום שבו לסין יש יתרון משמעותי.

היכולת לשלוט בחוליה אחת בשרשרת הייצור מעניקה מנוף השפעה משמעותי על הכלכלה והביטחון העולמיים.

אם מסתכלים על הרצף ההיסטורי כולו, רואים כיצד סין שבה לקדמת הבמה בצעדים מחושבים ומדורגים ומהו ה"דלק" המניע של המאבק הסיני ללכת "עד הקצה" בדו-קרב המינרלים והמכסים:

- 1839-1949 – "**מאה שנות ההשפלה**"- תקופה שבה סין שהייתה אימפריה עשירה ודומיננטית, נכבשה, הובסה, נבזזה וחולקה ע"י מעצמות זרות (בריטניה, צרפת, גרמניה, רוסיה, ארה"ב ויפן). תקופה זו הפכה ל"דלק" המניע של אסטרטגית "הרנסאנס הגדול של האומה הסינית" שקבע הנשיא הסיני הנוכחי, שי ג'ינפינג, ומטרתה להחזיר את סין למעמדה ההיסטורי כמעצמה מובילה עד 2049.
- שנות ה-80 וה-90 – **השתלטות על שוק המינרלים הנדירים** REE - סין ניצלה כוח עבודה זול מאוד ותקני איכות סביבה אפסיים כדי לכרות ולזקק מתכות נדירות במחירי הפסד. מכרות במערב (כמו מכרה Mountain Pass בקליפורניה של תאגיד Molycorp) לא יכלו להתחרות במחירים הללו, פשטו רגל ונסגרו. **המערב עשה טעות אסטרטגית והעביר את המפעלים הכימיים שמפרידים ומזקקים את החומרים אל תוך סין.**

בנוסף, סין התנתה את כניסתן של חברות אמריקניות ואירופיות לשוק שלה בהקמת "מיזמים משותפים" (Joint Ventures) עם חברות מקומיות. תנאי זה אילץ את החברות המערביות להעביר ידע טכנולוגי וסודות מסחריים לסינים. המערב קרא לזה בהמשך "גניבת קניין רוחני IP", אך עבור סין זו הייתה הדרך היחידה לסגור פער של עשרות שנים בלמידה טכנולוגית.

- 2001 – **סין מצטרפת לארגון הסחר העולמי**, אחרי שנים של מו"מ עם הארגון. עד 2001 היצוא מסין עמד על כמה מאות מיליוני דולרים בלבד. מספר אפסי ביחס להיום בו מייצאת לעולם בטריליונים.
- 2008 – **משבר הסאב-פריים ומפלת השווקים**. מעצמות העל נכנסות למיתון, סין לא נפגעה ישירות מהמשבר ומחליטה לשנות פרדיגמה ולהתערב בצורה עמוקה יותר במסחר התעשייתי.

סין מנצלת את התקופה לבנות את רשת הרכבות המהירות הגדולה בעולם, עשרות נמלי ענק, אוטוסטרדות ותחנות כוח. רשת זו יצרה שרשרת אספקה פנימית כל כך יעילה, שחברות מערביות פשוט לא יכלו לעזוב את סין, גם כשהמתחים הפוליטיים החלו לעלות.

- 2010 – "ניסוי הכלים" הראשון למונופול על REE - סין חסמה זמנית את יצוא המתכות הנדירות ליפן בעקבות סכסוך דיפלומטי. המהלך הזה הוכיח להנהגה בסין שהמונופול הפיזי שלהם על יסודות נדירים הוא נשק פוליטי קטלני. תעשיות שלמות במערב (רכב, אלקטרוניקה, מגנטים, טורבינות רוח, ביטחון) נפגעו ומחירי REE זינקו במאות אחוזים.
- 2011 – המערב פותח מכרות מחדש ומשקיע בפרויקטים חדשים, מניות REE מזנקות ונוצרת בועה. סין מנצלת את זה ומגדילה את היצוא וגורמת לקריסת מחירי REE. כתוצאה מכך, רוב פרויקטי המערב פשטו רגל, נסגרו או איבדו מימון. דוגמה בולטת: Molycorp קרסה ב־2015.
- 2015 – נשיא סין, שי ג'ינפינג, משיק את תוכנית Made in China 2025, תכנית שאפתנית שמטרתה להפוך את סין ממדינה שמבוססת על ייצור זול למעצמה תעשייתית מתקדמת בדגש על שדרוג תעשיות מפתח, קידום חדשנות טכנולוגית, שיפור איכות המוצרים והפחתת התלות בטכנולוגיות זרות. בין הענפים המרכזיים שנבחרו: רובוטיקה, ביוטכנולוגיה, רכבים חשמליים, ציוד רפואי וחצאי מוליכים. התוכנית עוררה דאגה בקרב מדינות המערב, שראו בה איום אסטרטגי.
- 2017 – ארה"ב מתחילה לראות בסין מתחרה על הכלכלה העולמית ולמעשה מתחילה "מלחמת סחר" בין שתי המדינות. הממשל האמריקני מטיל מכסים נרחבים על סחורות סיניות בטענה לגניבת קניין רוחני, העברת טכנולוגיות וגרעון מסחרי מתמשך מול סין, בהמשך הוחמרה המדיניות גם לתחום השבבים. סין מגיבה מצידה במכסים והלחץ הגובר בין המעצמות הוביל לבסוף להסכם 2020.
- 2020 – נחתם הסכם "השלב הראשון" (Phase one) שהיה צפוי להוביל ל-"הפסקת אש" כלכלית בין הצדדים. סין התחייבה לרכוש מוצרים ושירותים אמריקניים בשווי של לפחות 200 מיליארד דולר בין 2021-2020 ולחזק את ההגנה על קניין רוחני IP כדי למנוע מעבר טכנולוגיה כפוי בין ארה"ב לסין, ארה"ב הסכימה לבטל חלק מהמכסים שמתוכננים עם סחורות מסין.

הסכם זה קרס כעבור שנתיים לאחר שסין לא עמדה ביעדי הרכישות שנקבעו בו ואף החלה להעביר את רכישות האנרגיה והחקלאות שלה למדינות אחרות כמו ברזיל ורוסיה כדי לצמצם את התלות בארה"ב,

והמתיחות הגיאופוליטית בין המדינות הלכה והחריפה נוכח סנקציות ממוקדות של ארה"ב על חברות טכנולוגיה סיניות והגבלת ייצוא השבבים.
לאחר קריסת ההסכם בסוף 2021, מלחמת הסחר עברה שינוי מבני דרמטי – היא הפכה ממאבק על סחורות וחקלאות למלחמת חורמה טכנולוגית ולאומית, שהגיעה לשיאה הדרמטי בשנים 2024–2025:

- 2022 – ארה"ב מבינה שסין לא תעמוד בהסכם ומשנה אסטרטגיה. ארה"ב מטילה הגבלות יצוא חסרות תקדים על שבבי AI מתקדמים, ציוד ייצור שבבים והעברת ידע ייחודי בתחום מוליכים למחצה בניסיון למנוע ממנה התקדמות טכנולוגית והגעה לדורות שבבים מתקדמים ביותר החיוניים להשגת עליונות טכנולוגית (AI, מחשוב על, מע' צבאיות מתקדמות, לוויינים, מכ"מים, הצפנה, תקשורת 6G).
- 2023 – כנקמה על סגר השבבים האמריקני, סין ניצלה את המונופול שלה על חומרי גלם חיוניים והטילה הגבלות יצוא מחמירות על גליום (Ga) וגרמניום (Ge), שתי מתכות למחצה קריטיות לתעשייה העולמית ובפרט למוליכים למחצה ומערכות ביטחוניות.
- 2024 – הרחבת פיקוח המערב על חברות שבבים סיניות, סין מוסיפה מגבלות על אנטימון (Sb) - מתכת למחצה עם שימושים קטנים בכמות אבל גדולים בחשיבות בתחום הביטחוני ומוליכים למחצה (חיוני עבור ייצור קליעים ופגזים, טילים מונחים, חומרי נפץ, לבוש חסין אש וסוללות צבאיות), ועל גרפיט (אחת מתצורות הפחמן C) החיונית לתעשיית הסוללות ליתיום-יון והשבבים (עמיד לחום).
- ינואר-פברואר 2025 – ארה"ב מטילה מכס מיידי של 10% על כלל הסחורות מסין כעונש על אי בלימת הברחות סם הפנטניל לארה"ב. סין מגיבה מיד עם "נשק חומרי הגלם" ומטילה הגבלות יצוא קשוחות וחובת רישוי על "גל המינרלים הראשון"- טונגסטן, טילוריום, אינדיום ,מוליבדן וביסמוט. צעד זה פוגע מיד בתעשיות ההייטק, האנרגיה הירוקה והשריון הצבאי של ארה"ב. טונגסטן חיוני לשריון, קליעי ח"ש, טילים וחלקי תעופה ,טילוריום חיוני לחיישנים ורב"ת IR מתקדמים, אינדיום חיוני למסכי מגע, סיבים אופטיים, מכ"ם ול"א, מוליבדן חיוני לתעשיית השבבים ולפלדות-על וביסמוט חיונית לתחמושת "ירוקה" כתחליף לעופרת הרעילה.
- אפריל 2025 – ארה"ב מקפיצה את המכסים על סין לשיא אסטרונומי של 145%.

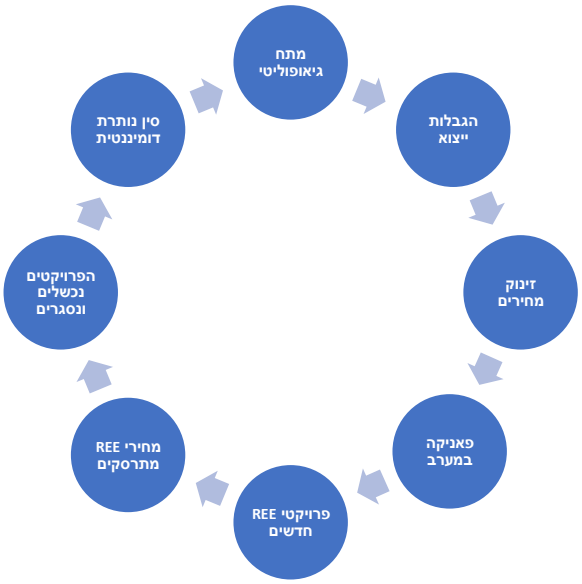
סין בתגובה ישירה מקפיצה את המכסים שלה על סחורות אמריקניות ל-125% ועוצרת יבוא חקלאי. במקביל, סין מטילה את מגבלות "גל המינרלים השני"- מגבלות יצוא מחמירות על 7 יסודות נדירים (סמריום, גדוליניום, טריביום, דיספרוזיום, לוטציום, סקנדיום, איטריום) ומגנטים חזקים ועל יצוא של הידע הטכנולוגי והמכונות המשמשות להפרדה וזיקוק של מתכות נדירות, בניסיון למנוע מארה"ב והמערב לבנות מתקני זיקוק עצמאיים משלהן.

- מאי-ספטמבר 2025 – "הפסקת אש" זמנית. שני הצדדים מבינים שהנזק הכלכלי לכלכלה העולמית כבד מדי ובפסגה דחופה בג'נבה מגיעים להסכמה להורדת המכסים ל-10%.
- אוקטובר-נובמבר 2025 – משבר המינרלים הגדול ו"מלכודת הולמיום" *(Holmium Trap) - רגע לפני פגישת פסגה מתוכננת בין מנהיגי ארה"ב וסין בקוריאה הדרומית, סין מבצעת מהלך אגרסיבי כדי לייצר לעצמה כוח מיקוח מקסימלי ומטילה את "גל המינרלים השלישי" והחריף מכולם:
  - היא מגבילה יצוא של חמש מתכות נדירות נוספות :הולמיום, ארביום, תוליום, אירופיום ואיטרביום, החיוניים לתקשורת אופטית, לייזרים, מחשוב קוונטי, מערכות צבאיות, כורים גרעיניים ועוד.
  - היא חוסמת יצוא של רכיבי אנודה וסוללות ליתיום.
  - היא קובעת חוק חסר תקדים: כל מוצר בעולם (אפילו אם יוצר באירופה או ביפן) המכיל אפילו שבריר אחוז (0.1%) של מתכות נדירות סיניות, יידרש לאישור מיוחד מבייג'ינג.
- אוקטובר 2025 ועד היום (יוני 2026) – פשרה חלקית והקפאה – בפסגת המנהיגים הושגה פשרה שהמכסים ההדדיים יישארו נמוכים סביב 10%, סין הסכימה בתמורה להקפיא את החוקים הנוקשים מאוקטובר (כולל ההגבלות על הולמיום, ארביום וחמש המתכות האחרות) עד לנובמבר 2026. עם זאת, הגבלות ה"גל הראשון והשני" (טונגסטן, אינדיום ומתכות נדירות מאפריל 2025 החיוניים למגנטים חזקים) נשארו פעילות לחלוטין והמערב עדיין סובל משיבושים באספקתן. ארה"ב מרחיבה את תקנות הרכש

הפדרלי DFARS 225.7018 האוסרות רכש מגנטים וחומרים חיוניים ממדינות "מכוסות" כמו סין לשרשרת הערך כולה (כרייה, זיקוק, הפרדה, התכה וייצור), במטרה להגן על שרשרת האספקה הצבאית של ארה"ב.

*"**מלכודת הולמיום**" הוא ביטוי אסטרטגי שנולד ממשבר המינרלים הנ"ל וניתן להפיק ממנו לקח חשוב ומשנה זהירות בבחירת תחליפים - יצרני המגנטים והמנועים במערב ובצבא ארה"ב חיפשו פתרון דחוף כאשר סין חסמה את ייצוא 7 היסודות הנדירים החיוניים להם. מדענים ומהנדסים גילו כי ניתן להשתמש במתכת נדירה אחרת בשם הולמיום כתחליף יעיל כדי להשיג את אותן תכונות מגנטיות ועמידות בחום. חברות מערביות רבות שינו את פסי הייצור שלהן והשקיעו מיליארדי דולרים במעבר להולמיום, מתוך מחשבה שהן "עקפו" את הסנקציות הסיניות. אלא שסין, השולטת גם בשוק ההולמיום העולמי, עקבה אחרי המתרחש, וברגע שהתעשייה המערבית הפכה לתלויה לחלוטין בחומר החדש, היא הנחיתה את הגל השלישי באוקטובר 2025 וחסמה לחלוטין גם את ההולמיום. תעשיית הביטחון וההייטק האמריקנית מצאה את עצמה "לכודה": הם גם איבדו את החומרים המקוריים, וגם בזבזו זמן וכסף על מעבר לחומר חלופי שסין חסמה ברגע שהפך לקריטי. בתגובה לכך, בית הנבחרים האמריקני חוקק ביוני 2026 את חוק DOMINANCE - שמטרתו לנתק את שרשרת האספקה של ארה"ב מהתלות הסינית (הוקמה לשכה ייעודית לאבטחת מינרליים קריטיים, הקמת בריתות למימון מכרות ומפעלי זיקוק, יועץ מיוחד לנשיא לריכוז המאמץ בנושא שרשרת האספקה והכשרת כ"א ומומחי תחום). עד לחוק זה, חברות מערביות שהתחרו מול סין בתחום המכרות נתקלו בקשיים בשל עלויות גבוהות וחוסר יציבות במחירים שהוכתבו על ידה. חוק DOMINANCE מעניק לראשונה רשת ביטחון פיננסית ודיפלומטית רחבה של הממשל האמריקני.

הדפוס שחוזר במשברי ה–REE



הלקח המרכזי שאותו המערב גילה שוב ושוב בנוגע ל–REE ומגנטים:

- כרייה ≠ עצמאות
- magnets + refining – צוואר הבקבוק האמיתי. לא מספיק שיש למדינה מכרות כדי "להסתדר" אלא צריך את הכימיה והייצור המתקדם (magnet sintering. alloying ,refining, ,separation)
- שרשראות אספקה ליסודות נדירים נבנות בעשור, לא בשנתיים.
- קשה לפתוח תעשייה חדשה – נדרש ידע תעשייתי מצטבר (עשרות שנים, הנדסת חומרים, כימיה מורכבת והשקעת תשומות ייצור גבוהות), התמודדות עם זיהום סביבתי קשה (פסולת רעילה, לעיתים חומרים רדיואקטיביים ושפכים כימיים) וכלכלה בעייתית (סין יכולה בכל רגע להוריד מחירים ולגרום למתחרים להפסיד ולסגור ולהחזיר את השליטה אליהם).

ההשפעות ממשבר REE והמגנטים

- **סיכון אסטרטגי** - מדינות במערב רואות בזה כיום נושא ביטחוני-תעשייתי, בדומה לשבבים.
- **עליית מחירים** - יסודות נדירים כבר חוו תנודות מחירים חריפות בעבר.
- **פגיעה חמורה בתעשיית הרכב והאנרגיה הירוקה** – רכבים חשמליים (EV) וטורבינות רוח.
- **ארה"ב** – חוק הייצור הביטחוני Defense Production Act, מימון מפעלי מגנטים, תקנות DFARS.
- OEMs - תכנון מחדש של מנועים, הפחתת השימוש ב-REE.

פתרונות אפשריים

- **פתיחת מכרות חדשים** – מתבצעות השקעות בארה"ב, אוסטרליה, קנדה, שוודיה כדי להקטין תלות.
- **מיחזור מגנטים** - מנסים למחזר מגנטים ממוצרים ישנים – מנועים, דיסקים קשיחים, אלקטרוניקה. זה תחום שגדל מהר. לפי IEA, מיחזור עשוי להפחית עד ~35% מהצורך בכרייה עד 2050.
- **פיתוח מנועים בלי מגנטים נדירים** - חברות מפתחות מנועי אינדוקציה, מנועי reluctance, טכנולוגיות היברידיות. לדוגמה, חלק מדגמי Tesla השתמשו בעבר במנועי אינדוקציה כדי להפחית תלות. אבל לרוב הם כבדים יותר, פחות יעילים או מורכבים יותר לשליטה.
- **מגנטים חלופיים** - מחקר על: Ferrite magnets משופרים, iron nitride , מגנטים ללא היסוד הנדיר דיספרוזיום, nanocomposites , חומרים חדשים. אבל כרגע הביצועים עדיין לרוב נמוכים יותר.

התחזית לעשור הקרוב בתחום יסודות נדירים REE

העולם כנראה יעבור לשרשראות אספקה אזוריות, מלאים אסטרטגיים, מיחזור מגנטים נרחב, ומנועים עם פחות יסודות נדירים:

- הקמת שרשרת אספקה עמידה של חומרי גלם REE עד 2027 - אותה מכנה משרד ההגנה האמריקני "שרשרת האספקה ממכרה למגנט" – תוך שת"פ הדוק עם שותפים בינלאומיים.
- בהינתן העלות הגבוהה והמורכבות של הפעלת מתקני עיבוד בצורה רווחית, איחוד הפעילות למרכזים (Hubs) בקנה מידה גדול הוא חיוני להשגת יתרונות הגודל.

ארצות הברית כבר יוצרת שותפויות בינלאומיות אסטרטגיות כדי לחזק ולגוון את שרשרות האספקה שלה של יסודות נדירים REE:

- ערב הסעודית – חברת MP Materials מארה"ב חתמה על מזכר הבנות עם חברת הכרייה הסעודית (Maaden) לשת"פ בכל שרשרת הערך מכרייה ועיבוד של REE ועד לייצור מגנטים.
- גרינלנד –בנק הייצוא-יבוא האמריקני הודיע על כוונתו לממן עד 120 מיליון דולר לפרויקט "טנבריז" של חברת Critical Metals Corp בדרום גרינלנד לכריית משאבי היסודות הנדירים במדינה.
- יפן הודיעה כי תתחיל ב"כריית ניסוי" של יסודות REE המופק באמצעות כרייה בעומק הים ליד האי מינמיטורי, 1,900 ק"מ מחופי טוקיו, כבר בינואר 2026. יוזמות אלו חיוניות לפיתוח הדור הבא של טכנולוגיית עיבוד ולמציאת דרכים חדשניות להגברת הרווחיות והתחרות מול סין.

מנגד, לפי רוב התחזיות, סין תישאר דומיננטית לפחות עוד עשור:
במאי 2025, חברת Shenghe Resources, באמצעות חברת הבת שלה Ganzhou Chenguang Rare Earths New Material, הודיעה על הסכם לרכישת בעלות מלאה על החברה האוסטרלית Peak Rare Earths שבבעלותה מכרות Peak Rare Earths בטנזניה, אחד ממאגרי המינרלים הנדירים הגדולים, האיכותיים והזולים ביותר בעולם להפקה. המכרה עשיר במיוחד בנאודימיום (Neodymium) ופרסאודימיום (Praseodymium) , שתי מתכות נדירות קריטיות המשמשות לייצור מגנטים חזקים.

מלחמת צווארי הבקבוק האסטרטגיים – Strategic Chokepoints Competition

משבר המינרלים הקריטיים REE שהפך למרכזי בשנתיים האחרונות מתואר כלוחמה כלכלית, אסטרטגיה תעשייתית, בלימה טכנולוגית, לאומיות משאבים ומאבק גלובלי על חומר קריטי שהוא בסיס למהפכה התעשייתית־טכנולוגית הבאה. הייחוד כאן הוא שיסודות נדירים אלו נמצאים בנקודת החיבור בין תחומי תעשייה רבים. דוח המרכז ללימודים אסטרטגיים ובינ"ל בארה"ב (CSIS) הגדיר ב-7/2025 את הגבלות הייצוא מסין כ"**ההגבלות המציבות סיכונים משמעותיים לביטחון הלאומי, הכלכלי והאנרגטי של ארה"ב**". REE הם רכיבים חיוניים במערכות הגנה מתקדמות רבות, כולל מטוסי קרב מדגם F-35, צוללות, טילי טומהוק, מערכות מכ"ם, רחפני Predator ופצצות JDAM.

חומרי גלם נדירים חיוניים למוצרים גם בצד האזרחי. כל התעשיות הללו מושפעות ממחסור ב-REE.

הסיכונים האסטרטגיים הבאים והמלצות היערכות לתעשייה הישראלית

לסין יש עוד מגוון רחב של קלפי מיקוח, חומרי גלם אסטרטגיים וצווארי בקבוק טכנולוגיים שהיא ככל הנראה שומרת לשלבים הבאים של מלחמת הסחר כמו: טיטניום מעובד לתעופה, זהב (חיוני ל-wire bonding), מגנזיום (חיוני לאלומיניום תעופתי), סיליקון מתכתי (הבסיס לשבבים), פלטינה ופלדיום (חיוניים לממיר קטליטי ותאי דלק מימן), ליתיום מעובד לסוללת EV וציוד לייצורה, חו"ג לשבבי סיליקון-קרביד SiC (חיוני ל-EV, רכבות ותשתיות אנרגיה), פוליסיליקון לפאנלים סולריים, ועוד.

התעשיה המקומית צריכה לעבור מחשיבה של עלות מינימלית לחשיבה של **חוסן שרשרת האספקה**.

ארבע פעולות שמומלץ שכל חברה תעשייתית תשקול לבצע כבר כעת:

1. מיפוי חומרים וציוד קריטיים – ליצור רשימה מלאה, מה מקורם (האמיתי) והאם יש חלופה.
2. מלאים אסטרטגיים – יצירת מלאי חומרים קריטיים, חוזים ארוכי טווח, ספקים מרובים.
3. זיהוי נקודות תורפה – מה יקרה אם האספקה מסין תיעצר לשנים או המחיר יעלה פי כמה.
4. תכנון מוצרים בעלי חליפיות – לתכנן מוצרים שניתן להחליף בהן ספקים, חומרים, טכנולוגית ייצור.

האיום הוא תלות במקטע יחיד בשרשרת הערך (חומר, ציוד, תהליך או ידע) שבו לסין יש מונופול.

חברות שיזהו את נקודות התלות הללו עכשיו ויפעלו לצמצם אותן יהיו בעמדה טובה בהרבה בהמשך.

הזדמנויות לתעשיות הה־ייטק, הביטחון והאקדמיה בישראל כתוצאה מהמשבר

משבר החומרים הנדירים, המגנטים וצווארי הבקבוק הסיניים מייצר עבור התעשייה והאקדמיה בישראל הזדמנות פז חסרת תקדים.

ארה"ב, מדינות נאט"ו והאיחוד האירופי מזרימים כעת מאות מיליארדי דולרים לחברות ומוסדות מחקר שיעזרו להם להשתחרר מהתלות בסין. ישראל, כמעצמת מו"פ ומדעי החומרים, יכולה להשתלב בלב שרשרת האספקה המערבית החדשה בכמה ערוצים מרכזיים:

1. **פיתוח וייצור מגנטים ללא יסודות נדירים** REE – חברות ומכוני מחקר מחפשים מגנטים חלופיים כגון מגנטי Ferrite מתקדמים, מגנטי Iron-Nitride, MnAl וחומרים ננו-מגנטיים חדשים.
   לישראל יתרון יחסי במדעי החומרים, ננוטכנולוגיה, כימיה חישובית ובינה מלאכותית לגילוי חומרים.
   האקדמיה הישראלית יכולה להשתלב במרוץ העולמי למציאת תחליף למגנטים חזקים כמו NeFeB.
   התעשיות יכולות להשתלב גם בייצור מגנטים בנישות כגון לתעשיות הביטחוניות, כאשר הייצור יתבצע בכמויות קטנות ובאיכות גבוהה ובכך להיות ספקיות של מוצרים בעלי ערך מוסף גבוה.
2. **מחשוב קוונטי ותקשורת חלופי** – פיתוח פוטוניקה ומוליכים למחצה המבוססים על חומרים סינתטיים או ננו-חומרים, שיכולים להחליף את האינדיום, הגרמניום והגליום שסין חסמה.
3. **שיתופי פעולה אסטרטגיים** – מדינות המערב משקיעות כיום מיליארדים בהקמת שרשרות אספקה חליפיות לסין. במקביל מוקמים פרויקטים חדשים באוסטרליה, ברזיל, קנדה וארה"ב.
   ישראל יכולה להשתלב בשרשרות אלו באמצעות שיתופי פעולה ביטחוניים, מרכזי מו"פ ועוד. תעשיות ישראליות צריכות לבחון השתלבות בתוכניות המימון של חוק DOMINANCE או חוק CHIPS האמריקני, המעניקים סובסידיות לפיתוח רשתות אספקה עצמאיות ועוקפות-סין.

4. **קווי ייצור חסיני חרם** (ITAR & DFARS Compliant) – חברות ביטחוניות ישראליות שיתאימו את המערכות שלהן כך שיהיו מבוססות 100% על רכיבים ממדינות ידידותיות (כמו ארה"ב, קנדה, אוסטרליה) יזכו ביתרון תחרותי עצום על פני חברות מערביות שעדיין תקועות ב"מלכודת הולמיום".
5. **תוכנה, סימולציה** ו-AI – העולם זקוק לאופטימיזציה של שרשרות האספקה, חיזוי מחירי REE, ניהול מלאים אסטרטגיים, סימולציות גיאופוליטיות וגילוי חומרים חדשים באמצעות AI.
היכולות הקיימות של חברות ישראליות יכולות להפוך למנוע צמיחה משמעותי.
6. **מיחזור של יסודות נדירים** – במערכות רבות קיימים מגנטים עתירי ערך. העולם רואה במיחזור כמקור אסטרטגי לחומרים הנדירים. מספר חברות כבר מקימות שרשראות מיחזור כדי לצמצם את התלות בסין. התעשיות המקומיות יכולות לפתח מתקני הפרדה כימיים, תהליכי מיחזור מתקדמים, טכנולוגיות הידרו-מטלורגיה, ומערכות אוטומטיות לפירוק ציוד אלקטרוני.

מקורות:

IEA – Rare Earth Elements (Executive Summary)
DOE – Rare Earth Permanent Magnets Supply Chain Deep Dive Assessment
US business group says some critical minerals are 'nearly unobtainable' from China
DFARS 225.7018 – Restriction on acquisition of certain magnets, tantalum, and tungsten
IEA – Critical Minerals and Energy Securityשגיאה! לא צוין שם קובץ.
What's in the New U.S.-Saudi Minerals Agreement?
2026 Critical Minerals Ministerial
Developing Rare Earth Processing Hubs: An Analytical Approach
Critical Materials Rare Earths Supply Chain: A Situational White Paper

תוכן העניינים

כללי וארגון

2. ללא מצפן: הצורך הדחוף של צה״ל בדוקטרינה אתית לשימוש במערכות נשק אוטונומיות ובינה מלאכותית

מאת ד״ר ראובן גל *

אפריל 2026

השימוש הנרחב שעשה צה״ל במערכות נשק ובמערכות עיבוד נתונים מבוססות בינה מלאכותית (AI) במהלך מלחמת ״חרבות ברזל״, סימן קפיצת מדרגה טכנולוגית בלחימה המודרנית, אך גם חשף פער חמור – ואולי מסוכן – בין יכולת מבצעית מתקדמת לבין הֶעדר תורת לחימה (תו״ל) או דוקטרינה ברורה, המסדירה את ההיבטים האתיים, המוסריים והערכיים של השימוש בהן. תופעה זו איננה ייחודית לצה"ל והיא מטרידה צבאות מערביים רבים [1]. ואולם, בעבור צה"ל הפער הזה אינו עניין תיאורטי; הוא נוגע בליבת האחריות הצבאית, בדימויו של צה״ל כצבא מוסרי, וביכולתו לפעול באפקטיביות, במשימות התקפיות והגנתיות כאחת, בעידן של לחימה אלגוריתמית מואצת.

יש לפתוח דיון זה בהבהרת מושגים. מערכות נשק אוטונומיות מחולקות כיום לשני תתי־סוגים :מערכות נשק קטלניות אוטומטיות שהן אוטונומיות לחלוטין Lethal Autonomous Weapons Systems - ומכונות LAWS, ומערכות דומות שהן אוטונומיות־למחצה - Partially Autonomous - ועל כן מכונות PALWS. אף שברשות צה"ל מצויות מערכות נשק כאלו, וחלקן אף הופעלו (כמעט תמיד באופן אוטונומי למחצה בלבד) בסבבי המלחמה האחרונים, עיקר המאמר איננו עוסק במערכות הנשק הקטלניות הללו, כי אם במערכות עיבוד נתונים המספקות את המידע למקבלי ההחלטות במפקדות המבצעיות ולמתכננים של מה שמוכר בציבור כ"בנק מטרות ."

תחקירים עיתונאיים וניתוחים מקצועיים שנערכו במהלך מלחמת "חרבות ברזל" הצביעו על אוטומציה עמוקה, הולכת וגוברת, בתהליכי סימון מטרות ותקיפתן באמצעות מערכות עיבוד נתונים מבוססות בינה מלאכותית, כמו "הגוספל" ו"לבנדר". על פי עדויות שפורסמו, אלגוריתמים סימנו עשרות אלפי מטרות אנושיות בקצב חסר תקדים, בעוד הפיקוח האנושי בפועל היה לעתים מצומצם ביותר, עד כדי תפקוד כ"חותמת גומי" לאישור תקיפות [2]. תיאורים של קביעת "מכסות נזק אגבי", לחצים לאישור מהיר של מטרות והסתמכות על מערכות הלומדות ממאגרי נתונים מוטים או בלתי מבוססים, מעלים שאלות קשות בנוגע לעקרונות ההבחנה, המידתיות והאחריות האישית בלחימה[3].

חשוב להדגיש: בעיות אלו אינן תוצאה בלתי נמנעת של הטכנולוגיה עצמה, אלא של אופן הטמעתה. כבר לפני כמעט עשור הושמעו אזהרות מפי מומחים בצבאות מערביים בנוגע לסיכונים של "נטיית האוטומציה " (Automation Bias) ו־"התרשלות של האוטומציה (Automation Complacency) "מצד המפעילים ומקבלי ההחלטות מאחורי מערכות מבוססות .AI בצד סיכונים מבצעיים ואסטרטגיים, הצביעו מומחים אמריקניים ממכון RAND על סיכונים אתיים ומשפטיים הקשורים לדינים בין־לאומיים הומניטריים, לשאלות של אחריות מוסרית ומשפטית וכן לנושאים של כבוד האדם וזכויות אדם[4]. האזהרות גם מושמעות מצד ארגונים בין־לאומיים שונים [5], וכן מפיהם של אקדמאים ומעצבי דעה בעלי מוניטין. מייקל וולצר, מחברו של הספר **מלחמות צודקות ובלתי צודקות** [6],יצא בקריאה החלטית, כבר לפני כעשור [7], להכריז איסור מלא על מה שהוא קורא "Drone Warfare".

ואצלנו? כבר לפני אסון ה־ 7 באוקטובר הוזהר צה״ל מפני הסיכונים הערכיים הכרוכים בהפעלת מערכות נשק אוטונומיות. בפרק שנכתב עוד לפני אסון אוקטובר 2023, התריעו המחברים כי בלא תורת לחימה ברורה ומפורטת בתחום האתי, ספק אם "רוח צה״ל" תוכל לשמש מצפן מעשי למפעילים ולקצינים בשדה הקרב, וכי יש צורך דחוף במחקרים, בסימולציות ובדיוני עומק מוסדיים בנושא [8]. עוד לפני כן, קרא הח"מ למפקדי צה"ל "להשקיע... מאמץ מערכתי מקביל... לקיים ימי עיון, סדנאות, כנסים מקצועיים ותוכניות הכשרה ברמות השונות. יש לעודד כתיבת מאמרים והבעת דעות בכל הנושאים הללו, ולקיים שיח פורה שיכלול את כל מגוון

הדעות[9]. "בדיעבד, קשה להשתחרר מהרושם שאזהרות וקריאות אלו לא תורגמו לעבודה סדורה, וכי "אשר יגורנו – בא לנו".

מתוך כל התחקירים והמקורות שבידינו עולה כי ערב מלחמת "חרבות ברזל" לא הייתה תורת לחימה סדורה, אף לא דוקטרינה מוסכמת, מאושרת ושקופה לשימוש מבצעי במערכות AI לצורך סימון מטרות ותקיפתן. העוגן הערכי־נורמטיבי היחיד שעמד לרשות מפקדים בתהליכי קבלת ההחלטות שלהם היה יושרתם האישית או הנורמות המוסריות שעליהם "גדלו" בצה"ל. ואולם, הפער בין ההנחיות הכלליות של "רוח צה"ל" לבין המורכבות האלגוריתמית שבה פעלו מפקדים בשטח – יצר ואקום נורמטיבי, שבו ברוב המקרים ההכרעות התקבלו תחת לחץ מבצעי ובלא מסגרת אתית ייעודית. תחושת הנקם הכללית שאפיינה את המפקדים והלוחמים, בעיקר בחודשי המלחמה הראשונים, חִלחלה בלא קושי לתוך הואקום הנורמטיבי הזה .

הדגמה אנקדוטית בנוגע להימנעות הבלתי־נשלטת של גורמי צה"ל השונים מלעסוק בהיבטים האתיים של הנושא עולה מהמקרה שלהלן: בשנת 2016 פרסם סא"ל סמואל בומנדיל (ששימש אז בתפקיד פיקודי־חינוכי כמפקד בסיס "חוות השומר"), מאמר בביטאון "בין הקטבים" שבהוצאת מרכז דדו, שכותרתו "במקום בו אין אנשים: על האתגרים הצפויים לצה"ל כתוצאה מהשימוש הגובר בכלי נשק בלתי מאוישים[10]. "שלא במקרה כלל סא"ל בומנדיל במאמרו את סיפור הגולם מפראג, כ־"מעֵין אבטיפוס קסום וראשוני של רובוט צבאי". תא"ל סמואל בומנדיל הוא כיום קצין חינוך ראשי (קח"ר) של צה"ל. כפי שנמסר לנו[11],מפקדת קצין חינוך ראשי לא יזמה עד היום כל פעילות מערכתית מסוג ההמלצות שהוזכרו לעיל .

הֶעדר הדוקטרינה בא לידי ביטוי גם באמביוולנטיות של ההתבטאויות הרשמיות. מצד אחד, מודגש שוב ושוב, על ידי הגורמים הצה"ליים המוסמכים, כי "האדם נשאר בלולאה" וכי האחריות היא אנושית. מצד אחר, בכל המערכות הביטחוניות הרלוונטיות, אין כמעט דיון פומבי, שיטתי ושקוף במנגנוני קבלת ההחלטות בפועל, במגבלות האלגוריתמים או בשאלת חלוקת האחריות בין מפקדים, מפעילים ומפתחים. הפער הזה יוצר מבוכה מוסדית ומחליש את האמון הפנימי והחיצוני כאחת.

ניתן להבין את המצב גם באמצעות מושג "ההפתעה הבסיסית": לא כשל נקודתי, אלא קריסה של הנחות יסוד. ההנחה שניתן לשלב מערכות AI קטלניות בתוך מסגרות מוסריות ונורמטיביות קיימות, מבלי לעדכן ולהתאים את המערכות הללו, התבררה כשגויה. צה"ל מצא עצמו מפעיל טכנולוגיה המשנה את אופי קבלת ההחלטות, את קצב הלחימה ואת המשמעות של האחריות – בלא תשתית מושגית ונורמטיבית מותאמת.

מה ניתן וצריך לעשות? ראשית, יש לגבש בדחיפות תורת לחימה אתית־מבצעית ייעודית לשימוש במערכות אוטונומיות ומבוססות־AI, שתגדיר עקרונות, גבולות, ותהליכי פיקוח ברורים. שנית, יש להשקיע במחקר, בסימולציות וכן בהכשרה ייעודית למפקדים ולמפעילים, שתתמודד לא רק עם "איך מפעילים", אלא עם "מתי ראוי לא להפעיל". שלישית, יש לשלב שיח משפטי, אֶתי וחינוכי גלוי בתוך הצבא, ולא להותיר את הדיון רק לשדה הביקורת החיצונית.

הבינה המלאכותית כאן כדי להישאר. השאלה איננה אם להשתמש בה, אלא האם צה"ל יבחר להפעיל אותה עם מצפן ערכי ברור – או להמשיך לנווט, גם בעתיד, בלא דוקטרינה, ולשלם את המחיר המוסרי, המשפטי והאסטרטגי הכרוך בכך.

* **ד"ר ראובן גל** הוא עמית מחקר בכיר במוסד שמואל נאמן למחקר מדיניות לאומית בטכניון. מחקריו עוסקים בתחומי מנהיגות, חוסן לאומי, מצבי לחץ ונושאים חברתיים. שירת כראש ממד"ה (מחלקת מדעי ההתנהגות) של צה"ל; כיהן כסגן ראש המל"ל (המועצה לביטחון לאומי), לנושאי פנים, חברה ותשתיות; וכן הקים וניהל את מנהלת השירות האזרחי־לאומי במשרד ראש הממשלה. הוא גם המייסד והיו"ר לשעבר של אגודת חוקרי צבא־חברה בישראל .

facebook whatsapp X linkedin telegram pdf

הכתבה לעיל הופיעה בקובץ מאמרים בשם **'המלחמה האלגוריתמית'** שפורסם ע"י האוניברסיטה הפתוחה, אפריל 2026

מקורות

[1] Forrest E. Morgan et al., *Military Applications of Artificial Intelligence: Ethical Concerns in an Uncertain World* (RAND, 2020) Link

[2] Yuval Abraham, "'Lavender': The AI Machine Directing Israel's Bombing Spree in Gaza *972+* ", *Magazine* ,April 3, 2024 Link ;Questions and Answers: Israeli Military's Use of Digital Tools in Gaza, Human Rights Watch, September 10, 2024 Link ;Bethan McKernan and Harry Davies, "'The Machine Did It Coldly': Israel Used AI to Identify 37,000 Hamas Targets ",*The Guardian* ,April 3, 2024 Link

[3] יובל אברהם, "תחקיר: בתוך המנגנון האוטומטי של ההרג ההמוני בעזה ",**שיחה מקומית** 3 באפריל 2024 קישור

[4] Morgan et al., Military Applications

[5] Vincent Boulanin et al., *Limits on Autonomy in Weapon Systems: Identifying Practical Elements of Human Control* (SIPRI, 2020)

[6] מייקל וולצר, **מלחמות צודקות ולא צודקות**, תרגום יורם ברונובסקי (עם עובד, ספריית אפקים, 1983). ובמקור–

Michael Walzer, *Just and Unjust Wars: A Moral Argument with Historical Illustrations* (Basic Books, 1977)

[7] Michael Walzer, "Just & Unjust Targeted Killing & Drone Warfare," *Daedalus* 145, 4 (2016): 194

[8] ראובן גל ויעקב שנרב, "דילמות אתיות הקשורות בהפעלת מערכות נשק אוטונומיות חמושות בישראל: בחינה אל מול תר"ש 'תנופה'" בתוך **תנופה ותורפה: קריאות חברתיות בדוקטרינה הצבאית של ישראל** , עריכה: עפרה בן-ישי, יגיל לוי ורינת משה (פרדס, 2024), 127-156 [הח"מ הציג כבר במחצית שנת 2023 את עיקרי המאמר המדובר בפורומים מקצועיים שונים, כולל בפני גורמים בכירים בצה"ל] .

[9] ראובן גל, "השלכות נורמטיביות של הפעלת מערכות נשק אוטונומית חמושות: אתגר בשדה הקרב העתידי ,"**חברה, צבא וביטחון לאומי** 38 :(2022) 4

[10] סמואל בומנדיל, "'במקום בו אין אנשים': על האתגרים הצפויים לצה"ל כתוצאה מהשימוש הגובר בכלי נשק בלתי מאוישים ,"בין הקטבים 99-126 :(2016) 9 ,

[11] בשיחה אישית עם תא"ל בומנדיל, 29 דצמבר, 2025 .

כללי וארגון

3. בתרגיל הודגם: טכנולוגיות מפציעות עוברות מהמפתחים ללוחמים

4 במאי 2026

Project Flytrap 5.0 puts emerging tech in warfighters' hands

במהלך תרגיל Project Flytrap 5.0 שנערך בליטא, שילבו כוחות אמריקניים ובריטיים מגוון טכנולוגיות חדשות, ובהן כלי רכב קרקעיים בלתי מאוישים, רחפני FPV ומערכות נגד כלי טיס בלתי מאוישים. התרגיל כלל מספר ימי הכנה והטמעת מערכות, שבמהלכם ביצעו הלוחמים היכרות עם הטכנולוגיות, הפעילו כלי רכב בלתי מאוישים ותרגלו נהלי הפעלת מערכות נגד רחפנים לקראת שלב הלחימה המדומה. אחד המאפיינים הבולטים

של הפרויקט הוא שילוב הטכנולוגיות החדשות בידי הלוחמים עצמם, גם כאשר הפעלתן אינה חלק מתפקידם המקורי.
דוגמה לכך היא חייל חי"ר מגדוד הפרשים השני של צבא ארצות הברית, אשר שימש כמפעיל כלי רכב קרקעי בלתי מאויש לצורך שינוע ציוד, לוחמים, רחפנים ומערכות נגד רחפנים במהלך התרגיל. לפי הכתבה, שילוב לוחמי חי"ר בהפעלת מערכות בלתי מאוישות משקף את מטרת הפרויקט להעמיד טכנולוגיות חדשות בידי הלוחמים ולקבל מהם משוב שיסייע לשיפור מהיר של היכולות. אחד המשתתפים ציין כי הופתע מהמהירות שבה הצליח הצבא לשלב את המערכות החדשות בטקטיקות הלחימה ומהפשטות היחסית של הפעלתן.
Project Flytrap 5.0 מתקיים במסגרת סדרת התרגילים Sword, הכוללת את Saber Strike, Immediate Response ו-Swift Response. לפי הכתבה, במהלך התרגיל משלבים הכוחות מערכות נגד כלי טיס בלתי מאוישים (Counter-UAS), מערכות פיקוד ושליטה מבוססות בינה מלאכותית ורשתות נתונים בזמן אמת, במטרה לאפשר לכוחות לנוע מהר יותר, לקבל החלטות מהר יותר ולהילחם בצורה יעילה יותר בכלל ממדי הלחימה.
בנוסף, המשתתפים שואפים לפתח נהלים ושיטות עבודה שניתן יהיה לאמץ בהמשך ביחידות נוספות ברחבי הצבא.

כללי וארגון

4. סמינר בהודו: חדירת ממשקי מוח–מחשב ליישומים ביטחוניים

7 במאי 2026

From Science Fiction to Strategic Reality: DGAFMS Vice Admiral Arti Sarin on the Future of Brain-Computer Interface

סמינר בנושא ממשקי מוח-מחשב (BCI) והשלכותיהם האסטרטגיות, שאורגן על ידי המטה המשולב והזרוע הרפואית של צבא הודו, עסק בהתכנסות המדעית של מדעי המוח, בינה מלאכותית ומחשוב מתקדם. סגנית אדמירל ארטי סארין (DGAFMS - Director General Armed Forces Medical Services) ציינה כי טכנולוגיה זו עוברת משלב המדע הבדיוני למציאות קלינית ואסטרטגית, המטשטשת את ההפרדה המסורתית בין קוגניציה לחישוב. המערכות מאפשרות אינטראקציה ישירה בין המוח למערכות חיצוניות. טכנולוגיות BCI ניידות מסוגלות להאיץ מחזורי קבלת החלטות ולאפשר שליטה עצבית ישירה. בתחום הביטחון, מדינות רבות וביניהן ארה"ב, סין, אוסטרליה ומדינות באירופה כבר בוחנות יישומים אלו. ניסויים הוכיחו יכולת שליטה במערכות רובוטיות כמו "כלבים רובוטיים" וכלי טיס באמצעות אותות מוחיים, בדיוק של כ-94 אחוזים.
ההיבטים המדעיים והצבאיים של הטכנולוגיה כוללים פיתוח יכולות של "טלפתיה סינתטית", ניטור רמות לחץ של לוחמים לשיפור המודעות המצבית, ושילוב משוב נוירולוגי עם בינה מלאכותית אדפטיבית לשיפור החוסן הקוגניטיבי. יישומים אלו מובילים להופעת מושגים כמו "לוחמה במהירות המחשבה", שבה מופעלים רחפנים ומערכות אוטונומיות ללא פקודות פיזיות או קוליות, וכן "לוחמה קוגניטיבית" ו"חייל מועצם נוירולוגית".
סארין הדגישה כי המגזר הצבאי הפך למניע מרכזי של חדשנות בתחום, תוך השקעה בטכנולוגיות דו-שימושיות המשרתות הן שיקום רפואי והן צרכים מבצעיים, כגון חובשים המפעילים מערכות פינוי אוטונומיות באמצעות ממשק מוחי בלבד.
לצד הפוטנציאל המדעי, קיימים אתגרים משמעותיים הנוגעים לאבטחת נתונים מוחיים, אתיקה של נתונים ופערים בין ההתקדמות הטכנולוגית למסגרות המדיניות. סארין קראה לאימוץ גישת "אתיקה בתכנון" ולסטנדרטיזציה של הגנה על מידע נוירולוגי אישי. היא הדגישה כי למרות היכולות המבצעיות המהפכניות, על הפיתוח המדעי והצבאי להישאר כפוף לאתיקה הרפואית האוניברסלית, תוך שיתוף פעולה רב-תחומי בין האקדמיה, התעשייה ומתכנני ההגנה להבטחת חדשנות אחראית ועצמאות טכנולוגית.

כללי וארגון

5. חברת הזנק רותמת בינה מלאכותית לחיפוש מינרלים קריטיים

במאי 2026

Startup harnesses the power of AI in the ongoing hunt for minerals

הסחר העולמי במינרלים קריטיים, כמו ליתיום, נחושת, ניקל, קובלט, גרפיט ויסודות אדמה נדירים REE, צפוי לשלש את עצמו עד 2030 ולהכפיל את עצמו פי ארבע עד 2040, מכ-2.5 טריליון דולר בשנת 2023.

חברת Earth AI, חברת חיפוש מינרלים שנוסדה באוסטרליה ומרכזה בארה"ב, משתמשת בבינה מלאכותית כדי לגלות מרבצי מינרלים קריטיים מהר יותר וביעילות רבה יותר.

הבעיה היא שבעוד שתחזיות הביקוש למינרלים אלה ממשיכות לטפס, תגליות מינרלים חדשות וגדולות הפכו נדירות יותר ויותר. מחקרים ודוחות בתעשייה הראו ששיעור התגליות המשמעותיות ירד בחדות בעשורים האחרונים, אפילו כאשר הוצאות החיפושים זינקו. רבים מהמרבצים הקלים ביותר למציאה כבר נחשפו, וכעת החברות מחפשות עמוק יותר, רחוק יותר ובעלות גבוהה יותר, עם שיעורי הצלחה נמוכים. חברות כרייה המחפשות מרבצים חדשים בשיטות מסורתיות נכשלות באופן עקבי למרות זמן, מאמץ ומשאבים מוגברים.

Earth AI מאמינה שבינה מלאכותית יכולה לשנות מציאות זו. ב"תפנית עלילה" די הולמת, אותה מהפכת בינה מלאכותית שמניעה ביקוש "נפיץ" למינרלים קריטיים משמשת כעת לחיפוש אחריהם. במקום להסתמך על שיטות חיפוש מסורתיות ואינטואיציה גיאולוגית בלבד, החברה מאמנת מודלים של בינה מלאכותית על מערכי נתונים גיאולוגיים עצומים כדי לזהות אזורים מוזנחים בעלי פוטנציאל מינרלי גבוה. בעיקרון, חברת הגילוי והחיפוש משתמשת בתוכנת חיזוי ובטכנולוגיית קידוח ניידת מינימלית יחסית כדי למצוא ולאמת אתרים. לאחר מכן היא מוכרת את הזכויות לפרויקטים מוצלחים לחברות כרייה. הבינה המלאכותית מאומנת על שילוב בין מספר עשורים של נתוני כרייה היסטוריים וחישה מרחוק מלוויינים, כדי לזהות סיכויים חדשים.

חברת Earth AI טוענת שכבר זיהתה מספר רב של מרבצים שלא היו ידועים בעבר ברחבי אוסטרליה, כולל מרבצים המכילים נחושת, קובלט וזהב, תוך האצה דרמטית של תהליך החיפוש בהשוואה ללוחות זמנים קונבנציונליים. החברה מתגאה בשיעור גילוי יוצא דופן של 75%. לשם השוואה, הממוצע בתעשייה הוא פחות מ-1%! בין התגליות שלה נמצאים מרבץ תת-קרקעי עצום של ניקל ופלדיום בחוף המזרחי של אוסטרליה, ומרבץ של אינדיום, מתכת נדירה החיונית למוליכים למחצה של בינה מלאכותית, גם הוא באוסטרליה.

אם הטכנולוגיה של Earth AI תמשיך לספק ביצועים קרובים לשיעור ההצלחה הנטען, החברה בהחלט עשויה להפוך לפורצת דרך טכנולוגית מול ענקיות הכרייה בשוק.

הערה: ראה הסקירה בראש גיליון זה.



מכרה נחושת פתוח בדרום אוסטרליה. מקור: Peripitus

כללי וארגון

6. בינה מלאכותית בלחימה: האחריות עדיין נשארת בידי האדם

21 במאי 2026

'Have to be very careful': Special ops head calls for combat AI 'reality check'

בכנס SOF Week 2026 קרא מפקד פיקוד המבצעים המיוחדים של ארצות הברית (USSOCOM), אדמירל פרנק בראדלי, לבצע "בדיקת מציאות" בכל הנוגע לשילוב בינה מלאכותית בלחימה. לדבריו, אף שבינה מלאכותית כבר משפיעה על פעילות הכוחות המיוחדים ותורמת ליעילותם בדרכים שונות, מעט מאוד מהמערכות המופעלות כיום בשדה הקרב עושות שימוש בבינה מלאכותית אמיתית בקצה המבצעי. בראדלי הדגיש כי הוא אינו טוען שהדבר אינו אפשרי, אלא שיש לנקוט זהירות רבה באופן שבו טכנולוגיות אלו ישולבו ויישמו בשדה הקרב. הוא ציין כי לצד הפיתוח הטכנולוגי, ימשיכו ניסויים, בחינות ותקנים קיימים למלא תפקיד מרכזי בהערכת טכנולוגיות חדשות.

אחד המסרים המרכזיים בדבריו היה הצורך לשמר אחריות אנושית על הפעלת כוח קטלני. לדבריו, השימוש בכוח במלחמה מבוסס על דיני הלחימה, ולכן האדם המחליט על הפעלת כוח חייב להיות בעל אמון וביטחון בכך שהפעולה תבוצע בהתאם לעקרונות של הבחנה, מידתיות ואנושיות. בראדלי הדגיש כי מכונות אינן יכולות לשאת באחריות למעשיהן. בהתאם לכך, גם אם בעתיד יופיעו יכולות כגון רחפני FPV או מערכות הכוונת מטרות המבוססות על בינה מלאכותית בקצה הטקטי, יישאר אדם בתוך חוג קבלת ההחלטות על הפעלת כוח.

בראדלי התייחס גם לצורך באנשי מבצעים בעלי אוריינות טכנולוגית גבוהה. הוא חזר על האמירה שלפיה הכוחות המיוחדים זקוקים לאנשים שהם "בעלי תואר דוקטורט שיכולים לנצח בקטטה בבר", ובמונח עדכני יותר - "חנונים עם נשק" (Geeks with Guns): לוחמים המסוגלים להפעיל טכנולוגיות מתקדמות ולהבין את התוכנה שמפעילה אותן.

לצד זאת, הוא הזהיר כי גם בעידן הבינה המלאכותית יש לשמור על צניעות מקצועית, משום שאף אלגוריתם אינו מסוגל לחזות באופן מושלם אירועי "ברבור שחור" ואת חוסר הוודאות המאפיין את המלחמה. מסיבה זו, לדבריו, יישאר הגורם האנושי מרכיב מרכזי גם במערכות הלחימה המתקדמות של העתיד.

כללי וארגון

7. עקב איומי בינה מלאכותית, אבטחה סייבר-קינטית נעשית חיונית

20 במאי 2026

12 Disruptive Emerging Technologies for Product Leaders

להלן קטע מפרסום של חברת גארטנר (Gartner), המתמקד בהיבטים ביטחוניים של ההתפתחויות בבינה מלאכותית.

הבינה המלאכותית יוצאת מהמרחב הדיגיטלי אל העולם הפיזי, כאשר רובוטים, רחפנים ותשתיות חכמות מובילים את הדרך. חברת גארטנר צופה כי עד שנת 2028, בתחום התעשייתי בינה מלאכותית פיזית תבצע אוטומציה של עד 50% מהמשימות הידניות שטכנולוגיות נוכחיות אינן מסוגלות לבצע. בשנה הקרובה צפויה התקדמות מהירה ברחפנים אוטונומיים, ככל שהרגולציה תדביק את הפער הטכנולוגי ותאפשר פריסה נרחבת מעבר לקו הראייה (BVLOS). עוד חוזה גארטנר כי עד שנת 2032 יהיו בשימוש מסחרי יומי למעלה מ-23 מיליון רחפנים, וכי עד שנת 2030, "בינה מלאכותית של קצה" (Edge AI) בעלת צריכת חשמל נמוכה תאפשר למכשירים כמו שעונים חכמים להריץ מודלי בינה מלאכותית בעלי טריליוני פרמטרים, בלי להסתמך על הענן.

הפיכת הבינה המלאכותית לנשק והצורך בפלטפורמות אימות

גורמים עוינים משתמשים בבינה מלאכותית כדי ליצור תוכן מזויף ומשכנע, המציף את המסננים המסורתיים ואת שיקול הדעת האנושי. ככל שהאוטונומיה מתרחבת לעולם הפיזי, תוקפים יכולים להפעיל מכונות מרחוק, ובכך לסכן בני אדם ותשתיות. אבטחה סייבר-קינטית (Cyberkinetic security) הופכת לחיונית; גארטנר צופה כי עד שנת 2028, לפחות 50% מהשקעות האבטחה החדשות במערכות אוטונומיות יתעדפו אמצעים אלו.
ארגונים ניצבים גם בפני אתגרים גוברים של דיסאינפורמציה, כולל שיחות וידאו מזויפות וקמפיינים ממוקדים של מידע כוזב. עד שנת 2030, ארגונים יוציאו יותר מ-25 מיליארד דולר על אימות תוכן דיגיטלי, מה שיהפוך פלטפורמות אימות להשקעה קריטית לשיקום האמון והגנה על הפעילות העסקית.

כללי וארגון

8. הגנה מפני טילים: במקום "כיפת זהב" עדיף לחשוב על "אזורי זהב"

21 במאי 2026

For homeland missile defense, think Golden Zones, not a Golden Dome

להלן תמצית מאמר של Ankit Panda, עמית מחקר בכיר בתוכנית למדיניות גרעינית ב- Carnegie Endowment for International Peace. הוא מחבר הספר The New Nuclear Age: At the Precipice of Armageddon (Polity, 2025).

המאמר מנתח את מדיניות ההגנה מפני טילים של ארה"ב בעידן הגרעיני המורכב ("העידן הגרעיני השלישי"), ומבקר את יוזמת "Golden Dome" של ממשל טראמפ. יוזמה זו שואפת להקמת מערך הגנה מקיף נגד כל סוגי האיומים האווירו-חלליים, כולל מערכות נשק גרעיני. הכותב טוען כי גישה זו מהווה היפוך למדיניות שננקטה מאז חוק ההגנה מטילים הלאומי מ-1999 (שהתמקד בהגנה מוגבלת נגד מדינות קטנות כמו איראן וקוריאה הצפונית תוך הסתמכות על הרתעה גרעינית נגד רוסיה וסין) ומזהיר כי היא עלולה לערער את היציבות האסטרטגית, לעודד מדינות יריבות להגדיל את כוחותיהן הגרעיניים, ולהיתקל בקשיים תכנוניים ותקציביים.
במקום "Golden Dome", מציע המאמר גישת "Golden Zones" המתבססת על הגנת נקודה מועדפת (Preferential Point Defense - PPD). הרעיון הוא לתעדף יעדים ספציפיים וקריטיים לביטחון הלאומי על פני הגנה מרחבית, כדי להגביר את השרידות של פיקוד, שליטה ותקשורת (C3) גרעיניים וקונבנציונליים, ולהעלות את רף הכניסה לסכסוך גרעיני.

מרכיבי הגישה ויתרונותיה:

- **מיקוד הגנה**: המערכת תגן על נקודות גיאוגרפיות קריטיות הכוללות מתקני התרעה מוקדמת, הנהגה לאומית, נמלי צוללות טילים בליסטיים (SSBNs), ומתקנים כלכליים אזרחיים כגון בתי זיקוק, סכרים ותחנות כוח.
- **יעילות משאבים**: הגישה חסכונית יותר מ-"Golden Dome" וכוללת דרישה לבטל את התוכנית למיירט הדור הבא (Next-Generation Interceptor) עבור מערכת ה-GMD. במקום זאת, יש להשקיע במודרניזציה של ארכיטקטורת מערכות הגנה התומכות במעקב, התרעה, וניהול קרב.
- **הגבלה אסטרטגית**: גישת ה-PPD שוללת מפורשות פריסת מיירטים מבוססי-חלל (המהווים הגנה מרחבית), אך תומכת בפריסת מערכי חיישנים בחלל למטרות מודעות מצבית, התרעה מוקדמת והכוונת מיירטים.
- **יציבות והרתעה**: המטרה המרכזית היא הגברת השרידות ולא איום על יכולת המכה של היריב. גישה זו עולה בקנה אחד עם תקדימי עבר מהמלחמה הקרה (כמו הסכם I SALT ואמנת ABM) ואינה מעניקה ליריבים תמריץ לפתח נשק גרעיני בחלל או אמצעי נגד קיצוניים.
- **היתכנות טכנית**: ה-PPD נחשב לאמין יותר נגד כלי טיס היפרסוניים (המאיטים בשלב הגלישה עקב גרר אווירודינמי) וטילי שיוט, בעוד שהגנה נגד טילים בליסטיים בין-יבשתיים (ICBM) תישען על יכולות אקזו-

אטמוספריות מוגבלות. המאמר מציין כי בניגוד לשנות ה-60, יכולת "Launch-under-attack" האמריקנית הנוכחית מייתרת את הצורך בהגנה על כל 450 ממגורות הטילים (ICBMs).

- **שיתוף פעולה עם בעלות ברית**: ה-PPD מאפשר פיתוח תוכניות הגנה משותפות עם בעלות ברית באירופה ובאסיה, כולל הגנה על בסיסים אוויריים מארחים ושיפור ההרתעה נגד תקיפות גרעיניות טקטיות (כמו במקרה של קוריאה הצפונית).

התמודדות עם איומים מורכבים:

הכותב מכיר בכך שמערכות PPD מתקשות מול טילים בליסטיים בין-יבשתיים קונבנציונליים המגיעים למהירות סופית של למעלה ממאך 22. הפתרונות המוצעים כוללים:

1. שימוש במלאי קיים של מיירטים אקזו-אטמוספריים (GMD ו-Standard Missile BlockIIA).
2. ניהול משא ומתן להגבלת טילים קונבנציונליים.
3. השקעה במו"פ לשיפור הקינמטיקה של מיירטים נקודתיים.
4. השקעה בהגנות פסיביות כמו הסוואה, הקשחה, הטעיה וניידות.

המאמר מסכם כי ה-PPD מהווה חלופה אמינה, כדאית ובת-קיימא, וקורא לממשל לשנות את כיוון הפעולה הנוכחי לטובת מודל "Golden Zones" כדי לענות על צורכי הביטחון הלאומי בדרך אחראית יותר.

כללי וארגון

יבשה

9. משקפי מציאות רבודה המשמשים כוונת נשק

13 במאי 2026

[Startup Wants to Let Shooters Aim Without Looking Through a Sight]

חברה קטנה בפלורידה, Future Optek, בונה משקפי מציאות רבודה (Augmented Reality - AR) שנועדו לאפשר ליורה לראות נקודת כיוון מבלי להסתכל ישירות דרך הכוונת. המערכת מבוססת על משקפיים המציגות צלב, או נקודה אדומה, בתוך עדשות שקופות תוך התחשבות במיקום ראשו ונשקו של המשתמש. המטרה היא לאפשר לראות לאן מכוון הנשק מבלי לאלץ את היורה ליישר את עינו מאחורי כוונת, להסתכל דרך שידור וידאו או להשתמש בלייזר שיכול לחשוף את מיקומו.

המערכת, הקרויה RedEye, נועדה להפוך את הכיוון לאינטואיטיבי יותר. החברה רשמה שני פטנטים הקשורים לטכנולוגיה שלה. המערכת עושה שימוש ביחידות מדידה אינרציאליות על המשקפיים והנשק. החברה ניסתה להימנע מגישות התלויות ב-GPS, מצלמות או חומרה יקרה. המערכת חשובה במצבים טקטיים שבהם שיטות כיוון מסורתיות הופכות למורכבות או מסוכנות. חייל מאחורי מחסה, בתוך רכב, או יורה מעמדה לא קונבנציונלית, עלול לא להיות מסוגל ליישר קו כראוי עם כוונת אופטית. לייזרים יכולים לפתור כמה בעיות כיוון, אך הם יוצרים חתימה נראית לעין ואינם תשובה אוניברסלית.

החברה הדגישה את ההבדל בין המשקפיים שלה לבין משקפי AR מבוססי מצלמה או ערכות קסדה מגושמות. החברה משתמשת בעדשות שקופות במקום להחליף את ראיית המשתמש בשידור וידאו. הנושא קשור לבעיות רחבות יותר איתן התמודד הצבא בניסיון לשלב מציאות רבודה. גרסאות קודמות של מערכת השיפור החזותי המשולבת של הצבא, IVAS, ספגו ביקורת לאחר שחיילים דיווחו על כאבי ראש, בחילות ועומס על העיניים במהלך הניסויים. חיילים שהשתמשו במשקפי מציאות משולבת של מיקרוסופט סבלו מ"פגיעויות פיזיות המשפיעות על המשימה", ו -80% מאלה שחוו אי נוחות דיווחו על התפתחות תסמינים לאחר פחות משלוש שעות.

חברת Future Optek נכנסת לשוק טכנולוגיות ההגנה כאשר הצבא בוחן מחדש את הפוטנציאל של מציאות רבודה. חברת Anduril הודיעה בשנת 2025 כי זכתה בעבודה הקשורה ל--Soldier Borne Mission Command Architecture, תוכנית הקשורה לעתיד מערכות המציאות המעורבת ופיקוד המשימה של הצבא. בספטמבר 2025, הצבא העניק חוזים בשווי של יותר מ-350 מיליון דולר עבור אבות טיפוס של Soldier Borne Mission Command, כולל מענקים ל-Anduril ו-Rivet עבור ערכות הנישאות על ידי חיילים עם יכולות מציאות רבודה, ראיית לילה ובינה מלאכותית.

הרעיון הבסיסי יכול להתרחב מעבר לכלי נשק בודדים. יישומים פוטנציאליים כוללים עמדות נשק מרוחקות, רחפנים ורובוטים קרקעיים, משום שהמערכת יוצרת לוגיקת תיאום משותפת בין אדם, נשק ומכונה. במילים פשוטות, המערכת יכולה לעזור לתרגם את המקום שאליו אדם מצביע למשהו שמערכת רובוטית יכולה להבין.



10. הבריטים מצטיידים בתותח הוביצר מותקן על רכב גלגלי מהיר

23 במאי 2026

British Army mounts massive gun on tiny truck for a speedy punch

הצבא הבריטי הזמין 72 תותחים מדגם הוביצר הנשלט מרחוק 155 (RCH 155) המותקנים על כלי רכב משוריינים מדגם בוקסר שדי מתגמדים לעומת התותחים הגדולים המופעלים מרחוק המונחים עליהם.

כדי לסייע במאבק בפלישה הרוסית, שלח הצבא הבריטי את כל מלאי 68 תותחי הוביצר מתניידים על זחלי AS90 בקוטר 155 מ"מ לאוקראינה. אמנם מדובר בשרידים מתקופת המלחמה הקרה שהתוכנית הייתה להוציאם משירות עד 2030 אך בינתיים הצבא הבריטי נותר ללא תחליף. יצא קול קורא לתותחים חדשים והדגם הנבחר הוא RCH 155. תותח זה נבנה כמיזם משותף בין KNDS ל-Rheinmetall, והוא לא רק תחליף אלא גם שינוי משמעותי בשימוש בארטילריה ניידת. במבט ראשון RCH 155 נראה גדול בצורה מגוחכת בהשוואה לרכב המשוריין בוקסר 8x8 שעליו הוא מורכב, אך יש היגיון ברור מאחורי העיצוב שלכאורה נראה מטורף. הסטייה מהתכנון הקונבנציונלי מבוססת על זניחת פילוסופיית הארטילריה המסורתית לפיה הרכב הוא פלטפורמה אחת, משוריינת בכבדות, דמוית טנק. לעומת זאת, RCH155 הוא מודולרי, כאשר שלדת הרכב ומערכת התותחים האוטונומית מתוכננות באופן עצמאי זו מזו. תפיסה זו מאפשרת גמישות רבה יותר בתצורה הסופית ומוצר סופי נייד וזריז יותר.

כלי רכב מסורתיים זחליליים דורשים כלי רכב כבדים או תשתית רכבת כדי לנוע למרחקים ארוכים מבלי לשחוק את הזחלים ותיבות ההילוכים שלהם. לעומת זאת, הבוקסר יכול לנוע על כבישים למרחק העולה על 700 ק"מ במהירות של עד 100 קמ"ש. זה מאפשר לפרוס את התותח בהתרעה קצרה. שימוש בפלטפורמת הבוקסר מאפשר גם להפוך את הרכב ביעילות למערכת ארטילריה, פשוט על ידי התקנת המודול המתאים. השלדה, המנוע ומערכת ההינע של הבוקסר סטנדרטיים וניתנים לתיקון או החלפה במהירות יחסית.

מודול תותח הארטילריה האוטונומי (AGM) של RCH 155 הוא אוטומטי לחלוטין וניתן להפעילו על ידי צוות של שני אנשים מבלי שיצטרכו לעזוב את תא הנהג של הבוקסר. ניתן לתכנת אוטומטית מרעומי פגזים, בעוד שזרוע טעינה רובוטית מטפלת הן בפגזים והן במטעני ההודף. המערכת יכולה אפילו לטעון ולירות בזמן שהרכב בתנועה. על ידי שילוב מערכת רתע הידרו-פנאומטית חדשה וממשק מבני הסופג ומפזר את אנרגיית הירי על פני כל פלטפורמת הגלגלים 8x8, הבוקסר יכול לספוג את זעזוע הירי תוך כדי נהיגה ואין צורך בעמודים הידראוליים לייצוב שיש להוריד לקרקע לפני ירי. זה גם מאפשר לצריח להסתובב 360 מעלות ולירות בכל זווית גובה, אפילו בשטח משופע. כל זה מצטבר למערכת ארטילריה שנבנתה במיוחד ללוחמה של "ירי ותזוזה". עם קבלת קואורדינטות המטרה, RCH 155 יכול לכוון ולירות עד תשעה פגזים ברצף מהיר לפני שהוא מתרחק במהירות תוך כ-30 שניות, לפני שלארטילריה של האויב יש זמן להשיב אש. בנוסף, המערכת מסוגלת לפגיעה סימולטנית מרובת פגזים (Multiple Round Simultaneous Impact MRSI), שבה גובה קנה משתנה ומטעני ההודף מאפשרים לעד חמישה פגזים לנוע במסלולים בליסטיים שונים ועדיין לפגוע במטרה בו זמנית.

התותחים צפויים להיות זמינים עד 2028, ויכנסו לפעילות מבצעית עד לסביבות 2030.

סרטון



יבשה

11. חברת סאאב: חימוש טנדם מתקדם נגד שריון ריאקטיבי

7 במאי 2026

New anti-tank round punches through high-tech explosive armor

חברת סאאב פיתחה חימוש חדש נגד טנקים שנועד להתמודד עם השריון המתקדם של המאה ה-21. HEAT 758 , שפותח עבור מערכת התותח ללא רתע Carl-Gustaf בקוטר 84 מ"מ (3.31 אינץ') של סאאב, יכול, לטענת החברה, אפילו להביס שריון ריאקטיבי מודרני. HEAT 758, שהוצג ב-7 במאי בקרלסקוגה, שבדיה, תוכנן במיוחד להתמודד עם כלי רכב משוריינים כבדים המוגנים על ידי שריון ריאקטיבי מודרני, כולל מערכות Kontakt, 5-Kontakt-1 ו-Relikt. הוא מבוסס על רש"ק טנדם המורכב משני שלבים. גרסאות קודמות של חימושי טנדם מביסות את השריון הריאקטיבי בכך שהמטען הראשון פוגע בתיבת הנפץ, ומפעיל אותה. זה מאפשר לשלב השני לחדור ללוח הפלדה שכעת אינו מוגן ולפוצץ דרכו מטען חלול. אבל הפיצוץ הראשון עלול להפריע לסילון המטען הראשי. HEAT 758 מנסה להתגבר על זה בעזרת פיתוח הקרוי (Non-Initiating Precursor (NIP המשולב בשלב השני ומנצל חולשה של השריון הריאקטיבי.

הצבתו של שריון ריאקטיבי על טנק פירושה שהוא צריך להיות רגיש מספיק כדי להתפוצץ אם ייפגע באש עוינת, אבל לא אם הרכב במקרה יתקל בדבר מה. מה שה- HEAT 758 עושה הוא לנצל עובדה זו על ידי פגיעה חזקה מספיק בשריון הריאקטיבי כדי לחדור אותו ולפתוח נתיב למטען המעוצב, אבל לא חזק מספיק כדי לפוצץ אותו.

לפי סאאב, הפיתוח מבוסס על בינה מלאכותית ששימשה להפעלת 50,000 סימולציות דיגיטליות של האופן שבו HEAT 758 פוגע במטרה. בנוסף, הפגז משתמש בטכנולוגיית Firebolt, המפעילה קישור דיגיטלי בין התחמושת, משגר Carl-Gustaf M4 ומכשיר בקרת האש 558 כדי לאחזר נתונים על סוג התחמושת הספציפי וטמפרטורת ההודף כדי לחשב את המסלול הבליסטי האופטימלי להשגת אפקט מקסימלי.

HEAT 758 יכול לחדור שריון הומוגני בעובי של עד 700 מ"מ בטווח יעיל של עד 700 מטר עם מהירות לוע של 255 מטר לשנייה. כל פגז שוקל כ-7 ק"ג ואורכו כמטר, עם שרוול עשוי מחומרים מרוכבים ותושבת קנה מטיטניום. על פי החברה, HEAT 758 כבר נמצא בתהליך ייצור עבור לקוח שלא פורסם.

סרטון



יבשה

12. חמש חברות זכו באתגר Lethality Prize Challenge

18 במאי 2026

Five companies win DoD's Drone Dominance small drone 'Lethality Prize Challenge'

תוכנית Drone Dominance של משרד ההגנה האמריקני נכנסת לשלב חדש, המתמקד לא בפלטפורמות הרחפנים עצמן אלא במערכות החימוש המותקנות עליהן. בחירת חמש חברות במסגרת Lethality Prize Challenge נועדה להאיץ פיתוח, הסמכה וייצור המוני של מטענים קרביים עבור רחפנים זעירים מקבוצת Group 1 (עד כ-9 ק"ג), המיועדים להפוך לרכיב אורגני בכוחות היבשה האמריקניים. על פי הודעת משרד

ההגנה, החברות Mountain Horse, Kraken Kinetics, Kela Defense, Bravo Ordnance ו־Northrop Grumman נבחרו כזוכות באתגר.

מבחינה טכנולוגית, האתגר מתמקד בפתרונות המשלבים שלושה מאפיינים מרכזיים:

- קטלניות גבוהה ביחס למשקל (High Lethality-to-Weight Ratio).
- יכולת ייצור המוני מהירה וזולה (Mass Manufacturability).
- אינטגרציה סטנדרטית עם מגוון רחב של רחפנים באמצעות ממשקי חיבור אחידים.

אחד המרכיבים הבולטים הוא אימוץ תקן Picatinny Common Lethality Integration Kit (CLIK), המאפשר התקנה מהירה של חימושים שונים על פלטפורמות רחפנים מגוונות תוך צמצום הצורך בהתאמות ייעודיות לכל יצרן. גישה זו דומה לתפיסת "Plug & Play" ומטרתה ליצור אקוסיסטם פתוח של רחפנים ומטענים קרביים.

חברת Northrop Grumman נבחרה בזכות מערכת Common UAS Payload, הכוללת מודול חימוש סטנדרטי המשלב מרעום (Fuze) ומנגנון אפקטור. הגישה המודולרית מאפשרת שילוב מהיר בפלטפורמות שונות, מקצרת תהליכי פיתוח ומקטינה עלויות לוגיסטיות.

חברת Bravo Ordnance הציגה את HitchHiker, חימוש במשקל 2.5 ק"ג המותאם לרחפנים מתכלים (Attritable Drones). המערכת פותחה במיוחד עבור שוק הרחפנים הזולים והחד-פעמיים, שבו נדרש איזון בין מחיר נמוך, יעילות מבצעית ויכולת ייצור בהיקפים גדולים.

מבחינה מערכתית, התוכנית משקפת מעבר של הפנטגון מתפיסת הפעלה של מספר מוגבל של מערכות יקרות לתפיסה של לחימה מבוססת מסה (Affordable Mass), שבה עשרות אלפי רחפנים חמושים נרכשים ומופעלים כמשאב מתכלה. בהתאם לכך, משרד ההגנה מתכנן:

- רכש של כ-30,000 רחפני תקיפה בטווח המיידי.
- רכש של כ-60,000 יחידות חימוש בשלב הבא.
- השקעה כוללת של כמיליארד דולר בתחום הרחפנים הקטלניים בשנתיים הקרובות.

המשמעות הטכנולוגית הרחבה היא יצירת ארכיטקטורת נשק מודולרית וסטנדרטית לרחפנים קטנים, המאפשרת שילוב מהיר של חימושים חדשים, קיצור מחזורי פיתוח והרחבת הייצור בקצב הדומה לתעשיות מסחריות. גישה זו צפויה להפוך את הרחפנים הקטנים ממערכת סיוע טקטית לנשק תקיפה מרכזי ברמת החוליה והמחלקה. האתגר אינו עוסק בפיתוח רחפן חדש, אלא ביצירת תקן תעשייתי לחימוש רחפנים זעירים, המאפשר ייצור המוני, אינטגרציה מהירה והפעלה מבצעית בקנה מידה חסר תקדים. מדובר בצעד משמעותי במעבר לכוחות יבשה הנשענים על אלפי מערכות בלתי מאוישות חמושות וזולות כחלק אינטגרלי מסדר הכוחות העתידי.



Image credit: U.S. Marine Corps photo by Lance Cpl. Desiree Ruiz

[יבשה]

13. צבא ארה"ב יוזם פיתוח רובוטים שיטפלו בפצועים בשדה הקרב

27 במאי 2026

DARPA launches search for robot medics to treat battle field casualties

דארפא פרסמה פנייה לתעשיות, כדי לקבל רעיונות והצעות לשימוש ברובוטים לטיפול בפצועים בשדה הקרב. מדובר בפתרון של פעילות אוטונומית בשינוע של פצועים וביצוע טיפולים של התערבות רפואית דחופה להצלת חיים. הרקע ליוזמה זו הוא בהנחה שמבצעים גדולים יגרמו לנפגעים רבים ולעיכובים בפינוי הפצועים והטיפול בהם. אלה עלולים לגרום למותם – מאיבוד דם או מסיבות אחרות.

הדרישות ממערך ההצלה הרובוטי:

- העברת פצוע למרחק של 10 מטר עד אלונקה, ואם רובוט אחד אינו מסוגל לכך, שילוב של מספר רובוטים. על הרובוט להגן על גופו של הנפגע ע"י "עטיפתו".
- יכולת להזרקת תרופות
- עצירת דימום (נושא מודגש)
- חבישה וייצוב של שברים מדממים
- הודות לממדים הקטנים של הרובוטים המתוכננים, תוקל העברתם ברכב פינוי רפואי, והמשקל הקטן יחסית יאפשרו גם הטסתם ברחפנים.

הפרויקט יבוצע בשני שלבים:

- הדגמת יכולות הרובוטים "בתנאי מעבדה".
- ניסוי היכולות בתנאי שטח – תוך שימוש בגופות, דגמי חיות וכו'.

על החברות המציעות להציג גם תוכנית לייצור כמותי לפי הדרישות של משרד המזון והתרופות (FDA) DARPA רואה בפרויקט זה גם יישום אזרחי – רובוטים כאלה יוכלו לשמש גם בהצלת בני אדם במקרים של קריסת מבנים, שריפות, חומרים רעילים וכו'.

יבשה

14. אימוני שימוש בכרב"מים בצבא ארה"ב

6 ביוני 2026

HDT Robotics Conducts Unmanned Ground Vehicle Training with US Army Troops



חברת HDT Robotics מבצעת סדרה של פעילויות אימון והערכה עם רכב הקרקע הבלתי מאויש שלה, Hunter WOLF, בשיתוף חיילים מהדיוויזיה ה-10 של צבא ארה"ב ב-Fort Polk, לואיזיאנה. התרגילים נועדו להעריך כיצד פלטפורמות תמיכה רובוטיות יכולות להפחית את העומס הפיזי על חיילים היורדים ממסוקים באמצעות טיפול במשימות הובלה, תחזוקה ותמיכה בציוד.
חיילים מפעילים את המערכות בתרחישים מדומים תוך כדי צבירת ניסיון בשילוב משימות ותפעול כלי רכב בתפקידים צבאיים שונים. תצורות המערכת ששימשו במהלך התרגילים כללו מכשירי קשר טקטיים מדגם AN/VRC-158, יחידות טעינה אוניברסליות של סוללות, יכולת טיהור מים בנפח 227 ליטר, תצורות פינוי נפגעים ומערכת הפקת חשמל ניידת בהספק 15 קילוואט. תצורות נוספות של מסילות מטען שימשו גם להובלת ציוד, כולל תחמושת משוטטת ומטענים כבדים אחרים.
"אירועי הדרכה כמו זה מראים עד כמה העיצוב המודולרי של Hunter WOLF גמיש בהתאמה לדרישות משימה שונות", אמר סגן נשיא פיתוח עסקי של רובוטיקה ב-HDT Robotics. "חיילים מסוגלים להגדיר את העיצוב במהירות וליישם אותו במשימות מבצעיות מבלי להוסיף מורכבות."

רכב תמיכה מודולרי לפעולות שטח

לרכב Hunter WOLF יש סיפון מטען בשטח של 2.7 מ"ר והוא יכול לשאת מטענים של עד 1,270 ק"ג למרחקים העולים על 320 ק"מ. הוא משתמש במערכת הנעה היברידית-חשמלית עם מצב פעולה שקט, שנועד להפחית רעשים אקוסטיים במהלך ביצוע משימות. מכל דלק אופציונלי נוסף יכול להגדיל את טווח הפעולה ליותר מ-960 ק"מ. הרכב מתוכנן לתחזוקה מופחתת בסביבות קשות, תוך שימוש במבנה קשוח ורכיבי מערכת הנעה מוגנים.

יבשה

15. Patria ו–RENK חושפות קונספט של רכב זחלי בלתי מאויש

15 ביוני 2026

Patria and RENK unveil crewless tracked vehicle concept in Paris



נקודות מפתח

- חברת Patria וקבוצת RENK חשפו מודל קונספט מלא של כלי רכב כבד לא מאויש בתערוכת Eurosatory 2026, המשלב את הפלטפורמה הזחלית TRACKX עם ממסרת drive-by-wire (מערכת שליטה באמצעות אותות אלקטרוניים וחיישנים) מסוג HSWL 076.
- פלטפורמת TRACKX שמשקלה עד 15.5 טונות, מגיעה למהירות של 80 קמ"ש, ותוכננה במקור כנגמ"ש מאויש המסוגל לשאת 12 חיילים.

הרכב שהחברה הפינית Patria ויצרנית תיבת ההילוכים הגרמנית RENK Group חשפו בכנס נועד לנוע ליעד ולבצע את המשימה בלי לסכן אף חייל. הקונספט שהוצג כדגם בקנה מידה מלא בתערוכה, מייצג את ההצהרה

הברורה ביותר עד כה מצד שתי יצרניות של מערכות הגנה אירופיות רציניות, לפיה עידן הרכב המשוריין המאויש במלואו מתחיל לחלוק את שדה הקרב עם משהו שונה באופן מהותי. הרעיון מונע על ידי לקחי המלחמה באוקראינה שם הוצאת הלוחמים מהעמדות המסוכנות הפכה כורח מבצעי ולא שאיפה תיאורטית.
חברת Patria, חברת ההגנה והטכנולוגיה הפינית שבסיסה בהלסינקי ובבעלות משותפת של המדינה הפינית וקבוצת ההגנה הנורווגית Kongsberg, תרמה לשיתוף הפעולה את פלטפורמת הזחלים שלה מסוג TRACKX. זהו נגמ"ש קל שנחשף לאחרונה, שנועד להחליף כלי רכב ישנים מתקופת המלחמה הקרה, כמו M113.
פטריה חשפה את הרכב TRACKX בתערוכת ההגנה DSEI בלונדון בספטמבר 2025, כשהיא מכוונת לקטגוריית המשקל של 13 עד 18 טונות, עם רכב שנועד לשאת 12 חיילים, כולל נהג, מפקד ועשרה חיילים היוצאים ממנו, עם משקל קרבי מרבי של 15.5 טונות. הרכב הזחלי כולל זחלים רחבים מגומי, מתלים הידרו-פנאומטיים מתכווננים באופן עצמאי על כל גלגל מרכוב, וגחון גוף כמעט שטוח שתוכנן למקסם את הניידות על פני שלג, ביצות, יערות וכבישים סלולים.
TRACKX יכול להגיע למהירות מרבית של 80 קמ"ש עם טווח פעולה של עד 500 ק"מ, נתונים המציבים אותו הרבה מעל עיצובים ישנים של זחל"מים קלים מבחינת ניידות, והופכים אותו לפלטפורמה אמינה ומהירה הדרושה בלוחמה מודרנית בעצימות גבוהה. עם זאת, עבור רכב הקונספט של יורוסאטורי, הוא אינו נושא חיילים. אותה שלדה שנבנתה להובלת חיילים ניתנת להמרה למערכת בלתי מאוישת הפועלת ללא צוות, וחולקת את שדה הקרב עם כלי הרכב המאוישים הדומים לו.
קבוצת RENK, היצרנית הגרמנית שבסיסה ב-Augsburg , שתיבות ההילוכים שלה מניעות כמה מכלי הרכב המשוריינים הנפוצים ביותר בעולם, תרמה את המרכיב הטכני לקונספט הבלתי מאויש: HSWL 076, מערכת הנעה שפותחה במיוחד עבור כלי רכב במשקל 10 עד 20 טונות, המשלבת יכולת "נהיגה באמצעות חוט שמחליפה את החיבורים המכניים וההידראוליים בין בקרות הנהג למערכות ההיגוי, הבלימה והמצערת של הרכב באותות אלקטרוניים, אותו שינוי ארכיטקטוני שהפך מכוניות אוטונומיות לאפשריות תיאורטית ושהופך כלי רכב צבאיים המופעלים מרחוק לאפשריים באופן מעשי.
מערכת HSWL 076 משלבת פונקציות ניידות בתוך ארכיטקטורה דיגיטלית קומפקטית שנועדה לתמוך בתפעול מסוג "drive-by-wire", בשיתוף פעולה בין צוות לרכב לא מאויש, וקונספטים של פלטפורמה אוטונומית. ללא מערכת הנעה המקבלת פקודות דיגיטליות ישירות ללא קלט מכני, לא ניתן לשלוט ברכב מרחוק או להפעילו באופן אוטונומי, בלי קשר לרמת המתוחכמת של החיישנים או התוכנה שלו.
RENK תיארה את HSWL 076 כמערכת הנעה מאושרת בטיחותית המהווה בסיס לרכב לא מאויש. אישור בטיחות עבור מערכת הנעה המיועדת לשימוש צבאי בלתי מאויש ומטפלת באחת החרדות המרכזיות סביב כלי רכב קרקעיים אוטונומיים: מה קורה כאשר המערכת נכשלת, כאשר התקשורת נתקעת, או כאשר הרכב נתקל במצב שהתִכנות שלו לא צפה. מערכת הנעה מאושרת מספקת את הבסיס ההנדסי למענה על שאלות אלו באמצעות חומרה.
נשיא ומנכ"ל Patria הבהיר את ההקשר המבצעי של שיתוף הפעולה בהצהרתו בחשיפת האירוע. "המלחמה באוקראינה מראה כיצד נראית לוחמה מודרנית ועתידית. כיום, מערכות בלתי מאוישות הן חיוניות והן הכרח בשדה הקרב. Patria מספקת את המומחיות בפלטפורמה, ו-RENK מספקת דיגיטציה של המערכות יכולת drive by wire, מה שמביא דמיון רב יותר בין כלי הרכב הלא-מאוישים והמאוישים של Patria למשתמשי הקצה".
כלי רכב קרקעיים בלתי מאוישים הופיעו בסכסוך באוקראינה בתדירות הולכת וגוברת, ומשמשים לאספקה מחדש לוגיסטית תחת אש, לפינוי נפגעים וסיור קדימה באזורים שבהם שליחת רכב מאויש תביא לשליחת אנשי צוות לקרב כמעט ודאי.
מנכ"ל קבוצת RENK, הציב את שיתוף הפעולה במסגרת ויכוח רחב יותר לגבי כיוון התכנון של כלי רכב צבאיים. "עתיד הפעילות היבשתית יהיה תלוי בארכיטקטורות כלי רכב דיגיטליות שניתנות להרחבה", אמר והוסיף כי השותפות מדגימה "כיצד שיתוף פעולה ביטחוני אירופי יכול לתרגם במהירות חדשנות ליכולות קרקע בלתי מאוישות הניתנות להרחבה ומוכנות לעתיד". לביטוי "ארכיטקטורה ניתנת להרחבה" יש משמעות ספציפית כאן: מערכת הנעה המקבלת פקודות דיגיטליות ללא תלות אם פקודות אלה מגיעות ממפעיל אנושי היושב

קילומטרים משם או ממערכת אוטונומית מובנית, מה שאומר שאותה השקעה בחומרה תומכת הן בהפעלה מרחוק לטווח קצר והן בתפקוד אוטונומי לטווח ארוך ככל שהתוכנה מתבגרת.
הערה: דו"ח מפורט יותר על התערוכה יפורסם בגיליון הבא.

יבשה

16. הפיכה של עמדת נשק מרוחקת למחסל רחפנים מבוסס בינה מלאכותית

29 במאי 2026

US Firms Turn Remote Weapon Station Into AI-Powered Drone Killer
שותפות בין שתי חברות אמריקניות מאפשרת לעמדות נשק מרוחקות (RWS) לזהות וליירט רחפנים באופן אוטונומי באמצעות שדרוג תוכנה. היכולת החדשה משלבת את תוכנת Core Targeting Module של חברת AimLock מקולורדו עם עמדת הנשק המרוחקת הבינונית Defnder של FN America, ליצירת מערכת חדשה בשם Dune. מודול הכוונת מיועד לשפר את ביצועי המערכת מול רחפני תקיפה קטנים באמצעות שימוש בבינה מלאכותית לשיפור בקרת האש במשימות נגד רחפנים.
המערכת יכולה להיות חמושה במקלע בקוטר 50. שנחשב לאמצעי יעיל נגד רחפני Shahed האיראניים וגרסאות Geran הרוסיות שנעשה בהם שימוש נרחב במלחמה באוקראינה. בנוסף, Dune מסוגלת לפעול עם מגוון סוגי תחמושת: פגזי תותח 30×133 מ"מ, כדורים כבדים 12.7×99 מ"מ, רימונים מתוכנתים למשגר רימונים. התאימות למספר קליברים מעניקה למפעילים גמישות בהגדרת המערכת בהתאם למלאי התחמושת הזמין, ומפחיתה את הצורך ברכישת מערכות נשק חדשות לחלוטין.
שתי החברות הציגו את Dune בתערוכת Special Operations Forces Week 2026 בטמפה, כאשר עמדת הנשק הותקנה על רכב שטח טקטי בתצורת 6×6. הפלטפורמה הקלה נבחרה כדי להדגים יכולת ניידת המתאימה למגוון רחב של כלי רכב צבאיים, תוך צמצום התלות בפלטפורמות כבדות ייעודיות.
תקציר טכני:

- רכיבי הליבה - AimLock Core Targeting Module + FN America Defnder RWS
- ייעוד - איתור ויירוט אוטונומי של רחפנים
- טכנולוגיה מרכזית - בינה מלאכותית לשיפור בקרת האש והכוונת מטרות
- חימוש אפשרי – מקלע 50., פגזי 30×133 מ"מ, תחמושת 12.7×99 מ"מ ורימונים מתוכנתים
- פלטפורמה - רכב שטח טקטי 6×6 (הדגמה)
- תפקיד מבצעי - קו הגנה אחרון במקרה של כשל באמצעי לוחמה אלקטרונית

יבשה

17. תחמושת נגד רחפנים המתפרקת למספר קליעים

4 ביוני 2026

Anti-Drone 5.56mm Rifle Rounds That Break into Multiple Projectiles Sought by Marines
חיל הנחתים של ארצות הברית מתכנן לרכוש עד סוף השנה תחמושת חדשה נגד רחפנים בקוטר 5.56×45 מ"מ עבור רובי M4 ו-M27. התחמושת, המיוצרת על ידי חברת Drone Round, כוללת קליע מיוחד המתפרק למספר חלקים במהלך מעופו, במטרה להגדיל את ההסתברות לפגיעה ברחפנים קטנים ומהירים. הרעיון הוא להעניק לכל לוחם המצויד ברובה יכולת משופרת להתמודד באופן מיידי עם איום הרחפנים המתעצם, ובמיוחד עם רחפני FPV מתאבדים שהפכו לנפוצים בעקבות המלחמה באוקראינה.
החידוש: פיתוח תחמושת 5.56 מ"מ המתפצלת ל־5 או 8 תתי-קליעים לאחר הירי, במטרה להגדיל משמעותית את הסיכוי לפגיעה ברחפנים קטנים ומהירים.

יתרון מרכזי: שדרוג יכולת הנגד-רחפנים של כלל הלוחמים ללא שינוי בנשק הקיים וללא הכשרה. מיוחדת.
יתרון מבצעי: פתרון זול, פשוט ומיידי להגנה עצמית מול רחפני FPV מתאבדים.
ביצועים:

- L Variant: טווח אפקטיבי עד 100 מ'.
- K Variant: טווח אפקטיבי עד 50 מ'.

מגבלה עיקרית: טווח היירוט קצר משמעותית מטווח הירי הרגיל של הרובה, ולכן מדובר בפתרון "קו הגנה אחרון" ולא במערכת הגנה מלאה.
המאמר משקף מגמה ברורה בצבאות המערב: הפיכת כל לוחם לחיישן ולמיירט רחפנים פוטנציאלי, באמצעות שילוב תחמושת ייעודית, כוונות חכמות ומערכות בקרה מבוססות בינה מלאכותית.



Source: USMC/Sgt. Joseph Helms

יבשה

18. כרב"מים בתערוכת Eurosatory 2026

22 ביוני 2026

War robots invade Eurosatory 2026 as interest grows in UGVs after use in Ukraine
רובוטים קרביים השתלטו על דוכני המציגים בתערוכת Eurosatory 2026 בה השתתפו כ-50 יצרני כלי רכב קרקעיים בלתי מאוישים והוצגו יותר מתריסר מערכות בגדלים שונים. רוב ההיצע הגיע מחברות אירופיות או אמריקניות שונות, אך לדברי מומחים המדינה שהיא בחזית הטכנולוגיות היא, ללא ספק, אוקראינה.
"אוקראינה מובילה בתחום זה משום שיש לה שלוש שנים יקרות ערך של בדיקות וניסויים בשדה הקרב, אשר אפשרו פיתוח של טקטיקות מתאימות ומבנים ארגוניים ייעודיים, כמו יחידות חדשות, להפעלת כלי רכב בלתי מאוישים", כך אמר עמית במרכז לניתוח מדיניות אירופית.
המדינה הזו, מוכת המלחמה, רשמה את נוכחות גדולה ביותר בתערוכה הביטחונית. "שטח ההריגה בשדות הקרב באוקראינה יכול להיות בין 15 ל-50 קילומטרים באזורים מסוימים – לחיילים ולרק"ם. שום דבר לא יכול לפעול שם כשיש לו סיכוי הישרדות גבוה; זו הסיבה שאנחנו כל כך מסתמכים על כלי רכב בלתי מאוישים", אמר מנהל בכיר במרכז המערכות הבלתי מאוישות ב-SPETS Techno Export.
במרכז הבמה של יצרנית הנשק הממשלתית אוקרובורונפרום עמד Ravlyk UMP-3, חמוש בטילים מונחים נגד טנקים מתוצרת אוקראינה. הכרב"ם נמצא בשימוש ביחידות קו חזית כבר כמעט שנתיים, ונושא מטענים של עד 200 קילוגרמים.
לדברי האוקראינים רובוטים קרקעיים יכולים להעביר ציוד רב יותר ממה שבדרך כלל יכולים לשאת מספר חיילים, מה שמשחרר אותם מחשיפה ישירה לאש ומפנה את מאמציהם למקומות אחרים.
רכב שטח נוסף מתוצרת אירופה שהציג את הופעת הבכורה שלו בתערוכה היה CL2X שיוצר על ידי חברת IDV האיטלקית, לשעבר Iveco Defense Vehicles, שנרכשה על ידי לאונרדו. הפלטפורמה, שעדיין נמצאת בפיתוח, גדולה בהרבה ממערכות קרקע לא מאוישות אחרות שהוצגו. היא חמושה בצריח בלתי מאויש Hitfist

30 בקוטר בינוני של לאונרדו, שנועד לירות תחמושת אווירית בקוטר 30 מ"מ. לדברי היצרן, יש לו קצב ירי של מעל 150 כדורים בדקה כנגד מגוון רחב של איומים אוויריים, כולל רחפנים ומסוקים.
חברת VisionWave הבריטית הציגה לראשונה את Varan, שפורסם כמתוכנן לפעול במיוחד בתנאי חסימה של GPS. לדברי היצרן, הכלי איננו פולט חתימה אלקטרומגנטית הניתנת לגילוי, על ידי הסתמכות על אמצעים פסיביים, כלומר שימוש במצלמות, הדמיה תרמית וראייה תלת-ממדית לניווט.
וכמובן, חברות ביטחון מסורתיות וגדולות יותר נכנסות לשוק הכרב"מים, כולל AM General, וכן General Dynamics European Land Systems, שהציגה את Bullfrog.
נציג אוקראיני טען כי בעוד שרובוטי-קרב בהחלט נראים מתפשטים ברמת התעשייה, נראה כי אימוץ צבאי רשמי נותר עניין לא פתור. "שילובם במספרים משמעותיים על ידי צבאות עדיין לא קיים, מעבר לאוקראינה. הוגן לומר שפלח כלי הרכב הבלתי מאוישים גדל במהירות, אך ההיצע עולה בבירור על הביקוש כיום. קיים פער בין מה שהתעשייה מציעה לבין הביקוש מצד הכוחות."
נותרו גם אתגרים לשימוש בטכנולוגיות אלו. לדוגמה, מספר יצרנים בתערוכה אמרו כי כלי הרכב שלהם משתמשים ב-Starlink כאחת ממערכות התקשורת העיקריות. בחודש שעבר, כחלק מתרגיל Crystal Arrow של נאט"ו בלטביה, מספר מפעילים דיווחו כי כלי רכב בלתי מאוישים המצוידים ב-Starlink נחסמו כאשר הם נפרסו באזורים מיוערים צפופים, שם העצים משמשים כמחסום טבעי.
עם זאת, בהתבסס על נוכחותם ביורוסטורי, מספר רב של שחקנים בתעשייה מהמרים כי האתגרים הטכניים יתגברו והביקוש יעלה.
הערה: סקירה מפורטת יותר על תערוכת יורוסאטורי תפורסם בגיליון הבא.



Ukroboronprom's Ravlyk unmanned ground vehicle at Eurosatory 2026. (Elisabeth Gosselin-Malo / Breaking Defense)

[יבשה]

19. צבא ארה"ב יצטייד בפגז "וולקנו" האירופי

7 ביוני 2026

[US Army adopts European shell that hits targets 43 miles away]
צבא ארה"ב החליט להצטייד בפגז ארטילרי מדויק אירופי המסוגל לפגוע במטרות במרחק של 70 קילומטרים, והעניק לחברת GDOTS – General Dynamics Ordnance and Tactical Systems - חוזה לפיתוח גרסה אמריקנית של התחמושת שכבר נמצאת בשירות גרמניה, איטליה ומדינות בעלות ברית אחרות. החברה, שהיא יחידה עסקית של General Dynamics, הודיעה על החוזה לקליע ארטילרי בעל טווח ארוך מהדור הבא של צבא ארה"ב, בקוטר 155 מ"מ, שמקורו במערכת Vulcano 155 Guided Long Range שפותחה על ידי קונסורציום תעשייתי אירופי. במסגרת התוכנית GDOTS תעבוד לצד החברה הגרמנית Diehl Defence והחברה האיטלקית לאונרדו אלקטרוניקה כדי להתאים את התכן הקיים לדרישות צבא ארה"ב ולהעביר את הייצור למתקנים אמריקנים. גרמניה ואיטליה כבר הצטיידו בפגז זה לאחר שפותח במשך יותר מעשור בשיתוף פעולה בין דיהל ללאונרדו.

וולקנו מתאפיין בשילוב של טווח, דיוק והנחיה רב-אופנית הארוזים בתוך פגז ארטילרי סטנדרטי בקוטר 155 מ"מ. פגזי 155 מ"מ קונבנציונליים לא מונחים, המהווים את עיקר מלאי התחמושת הארטילרית המערבי, מגיעים לטווחים מקסימליים של כ-24 עד 30 ק"מ. פגזים בעלי טווח מוגדל, המשתמשים בגנרטור גז קטן בבסיס הקליע כדי להפחית גרר, מגדילים את הטווח לכ-40 ק"מ. וולקנו מגיע עד 70 ק"מ באמצעות עיצוב אווירודינמי מתקדם, שבעצם מהווה פצצת גלישה מונחית בתוך מעטפת פגז שמתאים לתותח הוביצר סטנדרטי בקוטר 155 מ"מ. טווח זה הוא משמעותי מאד מבחינה מבצעית: סוללת תותחים שיכולה לפגוע במטרות במרחק של 70 ק"מ יכולה לכסות שטח גדול בהרבה של שדה הקרב, לסכן יותר נכסי אויב, ולעשות זאת מעמדות רחוקות מספיק כדי לא להסתכן מירי נגדי.

דיוק בטווח זה דורש הנחיה מתוחכמת. וולקנו משתמשת בהנחיית GPS לטיסה באמצע המסלול ובביות לייזר חצי-אקטיבי לפגיעה הסופית. ארכיטקטורה דו-אופנית זו מאפשרת לקליע לנווט לאזור המטרה באופן אוטונומי ולאחר מכן לכוון את עצמו לנקודת לייזר המוגדרת על ידי צופה קדמי, כלי טיס או פלטפורמה קרקעית אחרת. יכולת חיפוש ה-SAL מאפשרת פגיעה במטרות נעות, מכיוון שתחמושת מבוססת GPS בלבד יכולה לפגוע רק בקואורדינטה קבועה בעוד שתחמושת מונחית לייזר יכולה לעקוב אחר רכב בתנועה במהלך השניות האחרונות של הטיסה. GDOTS מציינים כי גם גרסת חיפוש ה-SAL וגם גרסת תת אדום רחוק נפרדת, המוסיפה את היכולת לפגוע במטרות ימיות, יכולות לשמור על דיוק בסביבות של שיבושי GPS.

ירי מדויק לטווח ארוך היה בראש סדר העדיפויות של תהליך המודרניזציה של צבא ארה"ב מזה מספר שנים, והוא מונע מההערכה שכל עימות עתידי בעצימות גבוהה יתנהל בטווחים ובדיוק שלא נחזה בתכנון הארטילריה מתקופת המלחמה הקרה. השימוש של רוסיה בארטילריה ארוכת טווח ורקטות מדויקות באוקראינה, בשילוב עם הפגיעות המוכחת של נקודות לוגיסטיקה ופיקוד באזורים אחוריים לתקיפה מדויקת, חיזקו את הצורך להגדיל את הטווח. תוכנית טילי Precision Strike, אשר השלימה לאחרונה מבחן הנעה מרכזי עבור גרסת 4 Increment בעלת הטווח המורחב שלה, עונה על הקצה העליון של דרישת טווח זו. פגזי Precision Strike בקוטר 155 מ"מ מונחים מדויק לטווח המורחב, כמו נגזרת Vulcano, נותנים מענה לקצה התחתון, ומעניקים לכל גדוד ארטילריה ירי מדויק אורגני בטווחים שהיו שמורים בעבר למערכות ארטילריה רקטיות ייעודיות.

מעבר הייצור ממתקנים אירופיים לאמריקנים מתייחס הן לשיקולי בסיס תעשייתי והן לשיקולי שרשרת אספקה, אשר הפכו בולטים יותר ויותר ברכש הביטחוני של ארה"ב.



יבשה

20. הפעלת כטמ"ם נדרשת כמיומנות ליבה של הלוחמים בצבא קוריאה הדרומית

6 ביוני 2026

S. Korea Army to Standardize Drones as Core Soldier Weapons

כחלק מהתוכנית האסטרטגית משנת 2025 להטמעת השימוש בכטמ"ם מרמת הפלוגה ומעלה, ללא הקמת זרוע נפרדת, צבא קוריאה הדרומית מתכנן לאמן את כל הלוחמים ביחידות החי"ר, השריון, והתותחנים בהפעלת רחפנים כמיומנות בסיסית. החיילים יקבלו הכשרה בסיסית בהפעלה טקטית של רחפנים כחלק ממיומנויות הליבה הנדרשות מכל לוחם. בשלב הראשון, התוכנית תכניס לשירות 10,000 רחפנים עד סוף 2026, ותגיע להיקף של50,000 רחפנים, אחד לכל כיתה, עד 2029. הכטמ"מים שיכנסו לשירות בעתיד ישמשו

לתצפית, סיור ותקיפה - רחפנים ברמת הפלוגה, וחימוש משוטט ברמת הגדוד - שיופעלו בהתאם לתורת לחימה שתותאם לתנאי זירת חצי האי הקוריאני, השונים מאלה שברוסיה, אוקראינה ואיראן.
למימוש שלב ההכשרות, פרסם משרד ההגנה הקוריאני מכרז לרכש של 11,377 רחפני אימון המבוססים על מוצרי מדף קיימים. התקציב למכרז עמד על 214.5 מיליון דולר. במכרז נבחרו שלושה יצרנים, שכל אחד מהם יספק 3,792 רחפנים. דרישה מרכזית במכרז הייתה שרכיבי הליבה ייוצרו בקוריאה הדרומית למניעת תלות במקורות שאינם קוריאניים. המכרז נמצא כרגע בשלב המו"מ עם החברות הזוכות והאספקה מתוכננת להתבצע במהלך שנת 2026. שלוש החברות שנבחרו הן Alux שדורגה במקום הראשון, Prineu במקום השני, וחברת AD System במקום השלישי. סביר להניח ש- Alux הציעה למכרז רחפנים המבוססים על דגם X-BLADE 10 שהוא רחפן FPV לצרכי הדרכה עם זמן טיסה של עד 50 דקות ללא מטען ו- 20 דקות עם מטען של 1.5 ק"ג, טווח של עד 3 ק"מ, ומצלמה ברזולוציית 8 מגה פיקסל עם שידור בזמן אמת. במקביל, כחלק מהמעבר ללוחמת רוויה המבוססת על כמות גדולה של מערכות לא מאוישות זולות, צבא קוריאה הדרומית מאיץ את פריסת החימוש המשוטט ארוך הטווח מסוג K-LUCAS, שהוא גרסה קוריאנית של Shahed-136 האיראני.
לקריאה נוספת:
מכרז אפריל 2026
X-BLADE 10
מדיניות הפעלת כטמ"מים

יבשה

21. חברות צרפתיות הסבו טנק מערכה מיושן לכלי לחימה רובוטי

17 ביוני 2026

French engineers turned Cold War tank into robot fighter
KNDS France-ו S2M Equipment חשפו את REFURBOT בתערוכת יורוסאטורי בפריז. מדובר בטנק AMX-30 משופץ שהוסב לרכב קרקעי בלתי מאויש באמצעות ערכת TOXO של KNDS. החברות מציגות את הרכב כהדגמה של מה שניתן לעשות עם אלפי טנקים ישנים שעדיין מאוחסנים או נמצאים בשירות ברחבי צבאות אירופה, במקום לגרוט אותם לחלוטין.
צרפת בנתה 3,571 טנקי AMX-30 בין השנים 1966 ו-1994, סדרת ייצור שהפכה אותו לעמוד השדרה של כוחות השריון הצרפתיים במשך עשרות שנים. הטנק שמשקלו 36 טון נשא במקור צוות של ארבעה אנשים, תותח ראשי בקוטר 105 מ"מ ומהירותו המרבית הייתה כ-65 קמ"ש. רבים מגופי הטנק הללו נותרו במלאי ברחבי העולם, למרות שהטנק הוצא מזמן משירות קרבי ברוב הצבאות שהפעילו אותו, מה שהופך את השלדה למועמד ברור לשימוש חוזר ולא לסילוק. בהסבה ל-REFURBOT הוחלף הצריח המאויש, כך שטנק קרב ראשי מתקופת המלחמה הקרה הפך לכרב"ם.
מה שמאפשר להמרה לעבוד מבחינה מכנית הוא ערכת TOXO, חבילת ה"רובוטיזציה" של KNDS המטפלת במערכות האוטונומיות והשליטה מרחוק הדרושות לנהיגה, היגוי ותפעול הרכב. הרכבת ערכה זאת על גוף רכב קרבי קיים במקום תכנון פלטפורמה חדשה ללא צוות מאפס אינה רעיון חדש כשלעצמו, אך ביצועה בקנה מידה כזה, על שלדה גדולה ומשוריינת בכבדות כמו טנק קרב ראשי במשקל 36 טון, מבדילה את REFURBOT מכלי הרכב הרובוטיים הקטנים יותר ששלטו בשוק.
במקום הצריח המאויש המקורי של ה-AMX-30 ותותח Modèle F1 בקוטר 105 מ"מ שלו, REFURBOT מורכב מ- ARX-25, תחנת נשק המופעלת מרחוק שנבנתה סביב תותח אוטומטי 811M25 של KNDS שיורה תחמושת בקוטר 25 מ"מ. התותח ניזון מאספקת תחמושת כפולה, כלומר הוא יכול לעבור בין פגזים חודרי שריון לבין פגזי רסס עתירי נפץ בהתאם למטרה, תוך שימוש בקיבולת אחסון של 280 פגזים. גם ARX-25 אינו רעיון שלא הוכח. אותה מערכת צריחים כבר מחמשת גרסאות של ה-VBCI, רכב גלגלי של חיל רגלים שנמצא בשירות

הצבא הצרפתי במשך שנים, מה שמעניק למערכת הנשק של REFURBOT ניסיון שירות מבצעי. מערכות כוונת יום, לילה ותרמיות מיוצבות משלימות את החבילה, וכל הצריח פועל באופן אוטומטי לחלוטין, מה שלטענת החברות מאפשר לתותח לתקוף כל דבר, החל מכלי רכב משוריינים קלים ועד מטרות אוויריות כמו רחפנים ומסוקים מרחפים, יחד עם מטרות חיל רגלים, במרחקים העולים על 2,500 מטרים.



יבשה

22. תותח 105 מ"מ המותקן על רכב קרב משוריין

19 ביוני 2026

France's Arquus Puts 105mm Firepower on New 6×6 Armored Platform

ההחברה הצרפתית פנריס הציגה, בתערוכת יורוסטורי, תותח 105 מ"מ המותקן על רכב קרב משוריין 6×6 חדש. הרכב, שמשקלו 26 טון, בנוי על שלדה מבוססת "יגואר" EBRC ברוחב של כ-3 מטרים ובגובה של 2.19 מטרים, בנוי מאלומיניום בליסטי מרותך ומוגן על ידי שריון.

הרכב מונע על ידי מנוע של 500 כוחות סוס, יכול לפעול במצב הנעה 4×6 על כבישים סלולים כדי להפחית את צריכת הדלק, וכן לעבור להנעה 6×6 מלאה לניידות בשטח. מערכת מתלים אקטיבית מאפשרת לנהג להתאים את גובה מרווח הגחון בנסיעה בשטח, ולשלוט בזווית הנסיעה, ובכך לשפר את היציבות והביצועים בשטח מורכב.

מערכת הנשק העיקרית בקוטר 105 מ"מ תואמת לתחמושת בתקני נאט"ו ויכולה לשגר פגזים עד זווית הגבהה של 40 מעלות. בכך טווח הירי יכול להגיע לכ-11 קילומטרים. המערכת תוכננה לירי תוך כדי תנועה, וסיכויי הפגיעה (על פי הדיווחים) מגיעים ל- 95 אחוז בפגיעה בפגז ראשון בטווחים של כ-2 קילומטרים. עבור משימות קרקעיות הוא מצויד בעמדת נשק נשלטת מרחוק מדגם Hornet עליה מותקן מקלע FN MAG 58 7.62. הרכב בתהליך פיתוח במשך כשנה ועדיין מבצע ניסויים, אך עשוי להימסר תוך 12 חודשים במידה שיידרש.



יבשה

23. ארה"ב: תוכנית ERAP לפיתוח פגזי ארטילריה 155 מ"מ לטווח מוגדל

15 ביוני 2026

General Atomics wins contract for Army's ERAP program, joining two other vendors

חברת General Atomics Electromagnetic Systems (GA-EMS) הודיעה כי זכתה בחוזה לפיתוח פגזים בקוטר 155 מ"מ עבור תוכנית הארטילריה לטווח מוגדל (ERAP) של צבא ארה"ב, ומצטרפת ל- General Dynamics Ordnance and Tactical Systems (GD-OTS) ול-BAE Systems שקיבלו בעבר חוזה במסגרת התוכנית. תוכנית ERAP (Extended Range Artillery Projective), המכונה גם תוכנית XM1155, החלה בשנת 2024 והיא יוזמה של צבא ארה"ב למצוא פגז בקוטר 155 מ"מ שיכול לפגוע במטרות נעות בטווחים של יותר מ-65 ק"מ, כגון תותחי הוביצר מתנייעים, רכבי קרב חי"ר, משגרי רקטות מרובים, טנקים ומטרות ימיות. ה-XM1155 פותח בעבר במסגרת תוכנית ארטילריית תותחים לטווח מוגדל (ERCA) שכבר בוטלה.

על פי בקשת RFI של צבא ארה"ב משנת 2024, השירות מחפש פתרונות שיוכלו להגיע ליכולת מבצעית ראשונית (IOC) עד שנת הכספים 2030 ולהתחיל בייצור בקצב נמוך עד הרבעון השני של שנת הכספים 29. הפתרונות חייבים להיות תואמים גם לתותחי הוביצר קיימים ועתידיים, כך הצהיר הצבא מאוחר יותר, והחוזה צפוי להיחתם בחודש יולי 26.

ההודעה של GA-EMS מגיעה שבוע לאחר ש-GD-OTS הודיעה כי זכתה גם בחוזה פיתוח במסגרת תוכנית ERAP עבור מערכת Vulcano 155 מונחית ארוכת טווח, שפותחה ע"י החברה האיטלקית לאונרדו אלקטרוניקה והחברה הגרמנית Diehl Defence. GD-OTS אחראית על "המעבר" של קווי הייצור לארצות הברית, לפי פרסום החברה.

המערכת יכולה להשיג טווח של עד 70 קילומטרים בדיוק גבוה, המתאפשר על ידי אווירודינמיקה מתקדמת, הנחיית GPS ועוקב לייזר חצי-אקטיבי (SAL). בנוסף התחמושת זמינה גם עם עוקב תת אדום רחוק מתקדם המסוגל לפגוע במטרות ימיות. שתי התצורות יכולות לספק פגיעה מדויקת אפילו בסביבות עם GPS משובש. BAE Systems זכתה גם היא בחוזה לפיתוח גרסתה לפגז החדש בקוטר 155 מ"מ. עם זאת, החברה לא פרסמה פרטים נוספים בנושא.

יבשה

אוויר והגנ"א

24. שדרוגים מבצעיים למסוק H-47 Chinook

21 באפריל 2026

Boeing Sees Chinook Air-Launching Swarms of Drones

חברת Boeing מובילה טרנספורמציה של פלטפורמת H-47 Chinook ממסוק תובלה לפלטפורמה רב-משימתית הכוללת שיגור כטב"ם launched effects (LE) וניהול אוטונומי מתקדם (optimally/optionally manned). המהלך מכוון לשדרוג ערך הפלטפורמה בשדה קרב מבוזר ורווי כטב"מים.

חדשנות טכנולוגית:

- שיגור נחילי רחפנים מהרמפה האחורית (internal payload bay)
- רחפנים אוטונומיים למשימות ISR, EW, decoy ו-strike
- תמיכה ברחפנים כבדים (עד ~225 lb, טווח 350–650 ק"מ)
- מערכת לסיוע טיסה מתקדם APAS להפחתת עומס טייס
- מעבר ל-optimally/optionally manned כולל טיסה ללא טייס

ביצועים מבצעיים:

- שיגור כמות גדולה של כטב"מים לאורך זמן (persistent effects)
- הרחבת מעטפת המשימה של מסוק יחיד (multi-role)
- שיפור שרידות באמצעות stand-off ו-distributed effects
- שילוב עם פלטפורמות כמו AH-64 Apache ו-MH-47G

סטטוס והמשך:

- טרם בוצעו ניסויי שיגור מ-Chinook (בפיתוח)
- ניסויים מתקדמים ב-ALTIUS-700 (AH-64 Apache)
- שילוב APAS כבר מתבצע
- עניין מצד U.S. Army ולקוחות בינלאומיים

Boeing ממנפת את Chinook כפלטפורמת "ספינת אם" ("mothership") לנחילי רחפנים וכבסיס לאוטונומיה עתידית. המהלך משלב חדשנות טכנולוגית עם מודל עסקי של שדרוגים, ויכול להפוך את המסוק לנכס מרכזי בלחימה רשתית, תוך יצירת שוק חדש סביב launched effects ויכולות optionally manned.



Source: The War Zone

25. נחשף סרטון קונספט של מטוס הקרב הימי הבא F/A-XX

20 באפריל 2026

F/A-XX Next Gen Naval Fighter Concept Video Emerges from Northrop Grumman

חברת Northrop Grumman מציגה קונספט מתקדם למטוס קרב ימי דור שישי במסגרת תוכנית F/A-XX, המתחרה מול Boeing על חוזה אסטרטגי של צי ארה"ב. הדגש: פלטפורמה חמקנית, ארוכת טווח ובעלת קיבולת חימוש גבוהה, מותאמת לפעולה מנושאות מטוסים.

חדשנות טכנולוגית:

- תכן ללא זנב עבור הפחתת חתימה מכ"מית ושיפור יעילות אווירודינמית
- תצורת כונסים להפחתת חתימה והגנה על מנועים
- נשיאת חימוש פנימית לשימור חמקנות
- כנפיים מתקפלות והתאמה לנושאות מטוסים
- אפשרות (לא ודאית) לתצורת צוות מתקדמת

ביצועים מבצעיים:

- רדיוס קרבי מוערך: ~1,000 מייל (1,600 ק"מ)
- נשיאת חימוש משמעותית (heavy fighter class)
- התאמה ללחימה בסביבות מאוימות
- שילוב עתידי עם מערכות בלתי מאוישות (CCA ecosystem – implied)

ערך מסחרי/שוקי:

- חוזה F/A-XX צפוי בהיקף עשרות מיליארדי דולרים
- חיזוק מעמד Northrop מול Boeing ו-Lockheed Martin
- תחזוקה, שדרוגים ושרשרת אספקה לאורך עשרות שנים
- השפעה על תחומים כמו חמקנות, הנעה
- פוטנציאל מצומצם עקב רגישות טכנולוגית

יתרונות תחרותיים:

- ניסיון עמוק בחמקנות (B-2, B-21)
- התמחות בעיצוב ללא זנב tailless
- חדשנות אווירודינמית ומבנית

אתגרים וסיכונים:

- חוסר ודאות לגבי תצורה סופית
- מורכבות טכנולוגית גבוהה
- סיכוני עלות ולוחות זמנים
- תחרות ישירה מול Boeing
- דרישות שילוב עתידיות עם CCA

סטטוס והמשך:

- שלב קונספט/הדגמה
- החלטת בחירה צפויה: אוגוסט
- חשיפות נוספות אפשריות בכנס Sea-Air-Space
- תלות בהחלטת U.S. Navy

F/A-XX של Northrop Grumman מייצג מועמד מתקדם לדור הבא של עליונות אווירית ימית, עם דגש על חמקנות, טווח ושרידות. מבחינה מסחרית, מדובר בהזדמנות אסטרטגית עצומה, כאשר הזכייה בתוכנית תקבע את מאזן הכוחות בתעשיית התעופה הצבאית לעשורים קדימה.

סרטון



Source: Northrop Grumman capture

אוויר והגנ"א

26. כטב"ם תדלוק MQ-25 Stingray השלים טיסת ניסוי

27 באפריל 2026

Navy's MQ-25 Stingray carrier drone completes first test flight

MQ-25 Stingray של Boeing הוא מערכת כטב"ם ראשונה מסוגה לתדלוק אווירי מנושאות מטוסים, המיועדת להרחיב את טווח ושרידות מטוסי הקרב של צי ארה"ב. טיסת הניסוי הראשונה של גרסת הייצור מסמנת מעבר משלב פיתוח לשילוב מבצעי.

חדשנות טכנולוגית:

- תדלוק אווירי אוטונומי מסיפון נושאת מטוסים,
- המראה/נחיתה/הסעה אוטונומיים בסביבה מורכבת
- שליטה ותגובה בזמן אמת מתחנת קרקע
- תאימות ל-F/A-18, E-2D, F-35C
- מנוע אמין AE 3007N Rolls-Royce

ביצועים מבצעיים:

- הרחבת טווח מטוסי קרב (range extension)
- הגדלת זמן שהייה (on-station time)
- שחרור מטוסי קרב ממשימות תדלוק → יותר זמינות ללחימה
- שיפור שרידות survivability באמצעות stand-off

אתגרים וסיכונים: עיכובים בלוחות זמנים (IOC נדחה ל-FY29), מורכבות אינטגרציה לנושאות מטוסים, תלות באמינות אוטונומית, תקצוב ותעדוף מול תוכניות אחרות.

סטטוס והמשך: טיסת ניסוי ראשונה לגרסת ייצור (2026), המשך ניסויים והסמכה, מעבר ל-Patuxent River לניסויי נושאת מטוסים, יעד IOC: FY29. MQ-25 Stingray מייצר קטגוריה חדשה של unmanned enablers בתעופה ימית. מבחינה טכנולוגית הוא מבסס תדלוק אוטונומי מנושאות מטוסים, ומבחינה מסחרית הוא מציע ROI גבוה דרך שדרוג אפקטיביות צי קיים — עם פוטנציאל להפוך לסטנדרט עתידי ב-carrier air wings.



Photo: Boeing

אוויר והגנ"א

27. פיתוח מערכת גרעינית נגד מטרות תת-קרקעיות

1 במאי 2026

New Nuclear Bunker Buster Bomb Plans Revealed (Updated)

ארה"ב מקדמת פיתוח מערכת גרעינית חדשה בשם Nuclear Deterrent System-Air-delivered (NDS-A), שנועדה להתמודד עם מטרות תת-קרקעיות מוקשחות (Hard and Deeply Buried Targets). התוכנית עשויה להחליף בעתיד את הפצצה B61-11 ולהרחיב את יכולות התקיפה האסטרטגיות מול סין, רוסיה, איראן וקוריאה הצפונית.

חדשנות טכנולוגית:

- דור חדש של חימוש גרעיני חודר קרקע
- אפשרות לנשק מונע לטווח רחוק
- שיפור חדירה למטרות עמוקות ומבוצרות
- תאימות עתידית ל-B-21 Raider

יכולות מבצעיות (משוערות):

- השמדת מתקני שו"ב עמוקים
- תקיפת מתקני גרעין מוגנים
- חדירה לאתרי שיגור מוקשחים
- שיפור שרידות לעומת נשק בהטלה חופשית

סטטוס והמשך:

- Phase 1 / conceptual development
- תקציבי FY2025–FY2027 כבר הוקצו
- ניסויי subsystems ו-ground tests מתקדמים
- פלטפורמות ניסוי: F-15E, בהמשך B-2

תוכנית NDS-A מסמנת מעבר אפשרי לדור חדש של נשק גרעיני חודר בונקרים עם שרידות ודיוק משופרים. מבחינה טכנולוגית מדובר בשילוב מורכב של penetration physics, stealth integration וייתכן גם הנעה. מבחינה אסטרטגית ומסחרית, התוכנית צפויה להפוך לאחד ממנועי ההשקעה המרכזיים בתחום ההרתעה האסטרטגית בעשור הקרוב, אך גם לאחת היוזמות הרגישות והשנויות ביותר במחלוקת.



Image credit: USAF

אוויר והגנ"א

28. שינוי תפיסתי עבור פלטפורמת MQ-9 Reaper

5 במאי 2026

SOCOM Plans MQ-9 Drone Mothership

פיקוד המבצעים המיוחדים האמריקני (SOCOM) מקדם שינוי תפיסתי עבור פלטפורמת MQ-9 Reaper, ממערכת סיור ותקיפה ISR/Strike מסורתית לספינת אם לכטב"מים – mothership airborne drone

המשמשת כמרכז שליטה והפעלה עבור נחילי כטב"מים אוטונומיים. המהלך מבוצע במסגרת תוכנית Adaptive Airborne Enterprise.

חדשנות טכנולוגית:

- MQ-9 כמרכז ניהול אווירי
- שילוב מפעילים אנושיים עם כטב"מים אוטונומיים
- שימוש במכלי שיגור נחילים
- הפעלת גילוי ואיתור מבוזרים
- שילוב כטב"מים Group 2 ו-Group 3

יכולות מבצעיות:

- חדירה עמוקה לזירות מאוימות
- הרחבת כיסוי סיור ISR
- איתור מטרות מבוזר וגמיש
- שיפור שרידות של פלטפורמות מרכזיות
- תקיפת מערכי הגנה אווירית באמצעות כטב"מים חשאיים

סטטוס והמשך:

בקשת תקציב FY2027 הוגשה, הרחבת רכש כטב"מים משמעותית, שילוב ALTIUS-600 כבר החל, תוכנית OA-1K צומצמה לטובת המודל החדש.

SOCOM ממקם את MQ-9 כפלטפורמת תזמור מרכזית ללוחמת נחילים ולממשק אדם-מכונה. מבחינה טכנולוגית מדובר במעבר לארכיטקטורת לחימה מבוזרת, ומבחינה מסחרית ביצירת ecosystem חדש סביב כטב"מים מתכלים, אוטונומיה, ושו"ב אווירי, שעשוי להגדיר מחדש את תפקיד הכטב"ם הכבד בעשור הקרוב.



Source: The Defense Post

אוויר והגנ"א

29. טיל בליסטי בין-יבשתי חדש של טורקיה

6 במאי 2026

Turkey rolls out intercontinental missile with purported 6,000km range

הכתבה עוסקת בחשיפת טיל בליסטי בין-יבשתי חדש של טורקיה בשם Yildirimhan, שלפי הפרסומים מסוגל להגיע לטווח של כ־6,000 ק"מ. הטיל הוצג בתערוכת SAHA 2026 באיסטנבול, אך מומחים מטילים ספק בכך שמדובר במערכת מבצעית מלאה בשלב זה. לפי הדיווחים:

- הטיל מוגדר כ-ICBM בגלל טווח העולה על 5,500 ק"מ.
- מהירות של עד Mach 25 ויכולת נשיאת ראש קרב של כ-3 טון.
- גורמים טורקיים אישרו כי מדובר עדיין בתוכנית בפיתוח, ושטרם בוצעו ניסויי טיסה מלאים למערכת שלמה.

המהלך נתפס כחלק מהרחבת תעשיית הביטחון הטורקית והשאיפה לעצמאות טכנולוגית ויכולת הרתעה ארוכת טווח. בשנים האחרונות טורקיה הרחיבה משמעותית את יכולותיה בתחומי טילים בליסטיים, כטב"מים, הגנה אווירית, תעשיות חלל והנעה רקטית.

עם זאת, אנליסטים מציינים פער משמעותי בין יכולות הטילים הטורקיים הידועות כיום לבין הדרישות ההנדסיות של ICBM אמיתי. לדוגמה:

- הטיל הטורקי בעל הטווח הארוך ביותר שנבחן עד כה, Tayfun, הגיע לכ-600 ק"מ בלבד.
- פיתוח ICBM דורש טכנולוגיות מורכבות מאוד בתחומי:
  - הנעה רב-שלבית
  - ניווט אינרציאלי מתקדם
  - חומרים לעמידות בחום גבוה
  - ולעיתים גם מערכות חזרה אטמוספרית (reentry vehicle).

בנוסף, הדיווחים סביב המערכת אינם עקביים: חלק מהמקורות מדברים על הנעה נוזלית, אחרים על מנועים מבוססי solid propellant, ועדיין אין מפרט רשמי מלא או הוכחות לניסוי מבצעי.

החשיפה עוררה גם תגובות בינלאומיות בגלל סרטון פרסומי שנראה כאילו מציג פגיעה במטרות בארה"ב, דבר שהגביר ספקות לגבי המסרים האסטרטגיים של התוכנית.



Source: Agnes Helou / Breaking Defense

אוויר והגנ"א

30. טיסת בכורה לכטב"ם היברידי-חשמלי של דארפא

8 במאי 2026

First Flight for DARPA's XRQ-73 Hybrid-Electric Flying Wing Drone

דארפא, בשיתוף עם מעבדת חא"א AFRL ו-Northrop Grumman, ביצעה טיסת ניסוי ראשונה ל-XRQ-73 – כלי טיס ניסיוני בלתי מאויש בעל הנעה היברידית-חשמלית בתצורת כנף טסה. הטיסה התקיימה בבסיס Edwards Air Force Base בקליפורניה במהלך אפריל 2026, במסגרת תוכנית Series Hybrid Electric Propulsion AiRcraft Demonstration (SHEPARD) של DARPA. הטיסה מהווה צעד משמעותי בהדגמת הפוטנציאל הצבאי של מערכות הנעה היברידיות-חשמליות.

לפי DARPA, ארכיטקטורות hybrid-electric propulsion עשויות לאפשר דור חדש של כלי טיס באמצעות שילוב של: יעילות דלק גבוהה יותר, הפחתת פליטות וגמישות מבצעית משופרת.

לדברי Lt. Col. Clark McGehee, מנהל תוכנית SHEPARD:

"הישג זה אינו עוסק רק בטיסה אחת. הארכיטקטורה שהודגמה באמצעות XRQ-73 פותחת את הדרך לסוגים חדשים של מערכות משימה ואפקטים מבצעיים. אנו מצפים להמשיך לקדם את הטכנולוגיה באמצעות תוכנית ניסויי הטיסה ולספק יכולות חדשות ללוחמים שלנו."

X-plane הוא כלי טיס בלתי מאויש קל מקבוצת Group 3 UAV, המשתמש במערכת הנעה היברידית-חשמלית. המערכת ממירה דלק מסורתי לאנרגיה חשמלית אשר מפעילה את כלי הטיס.

לפי הפרסום, הטכנולוגיה עשויה לספק פתרונות הנעה יעילים יותר, הפחתת רעש במהלך טיסה, ואפשרויות תכנון חדשות לכלי טיס עתידיים.



Source: DARPA; Northrop Grumman

אוויר והגנ"א

31. ניסויי כטב"ם המבוסס על אווירודינמיקה של זרימה למינרית

14 במאי 2026

Otto Aerospace Laminar-Flow Aircraft Flight Test Advances DARPA Research

חברת Otto Aerospace השלימה בהצלחה ניסויי טיסה לכלי טיס בלתי מאויש המבוסס על טכנולוגיית אווירודינמיקה של זרימה למינרית – laminar-flow aerodynamics, במסגרת מחקר הקשור לתוכנית Energy Web Aircraft (EWA) של דארפא. מטרת הפיתוח היא יצירת פלטפורמות אוויריות בעלות יעילות אנרגטית קיצונית ושהייה (endurance) ארוכה במיוחד.

חדשנות טכנולוגית:

- שמירה על זרימת אוויר למינרית להפחתת גרר
- שיפור משמעותי בצריכת דלק ושהייה
- פלטפורמות לשהייה ממושכת באוויר
- התאמה עתידית למערכות שידור אנרגיה
- יעילות אווירודינמית בגבהים גבוהים

תוכנית EWA בוחנת שידור אנרגיה בלייזר, ממסרי אנרגיה אוויריים, ורשתות אנרגיה אוויריות מבוזרות. החזון הוא אספקת אנרגיה לכלי טיס בזמן טיסה והארכת זמן שהייה כמעט ללא מגבלה. Otto תרמה את מרכיב הפלטפורמה הנדרש למימוש תפיסה זו.

הישגים טכנולוגיים:

- אישור של ביצועי laminar-flow בטיסה אמיתית
- אימות תחזיות יעילות אווירודינמית
- יצירת בסיס נתונים לתכן כטב"מים יעילים עתידיים

סטטוס והמשך:

ניסוי טיסה הושלם בהצלחה, הנתונים יוזנו למחקרי EWA עתידיים. Otto צפויה להמשיך לפתח קונספטי כטב"מים צבאיים יעילים עתידיים ומטוסים מסחריים יעילים.

Otto Aerospace מדגימה כי טכנולוגיית laminar-flow יכולה לספק קפיצת מדרגה ביעילות ובשהייה של כלי טיס בלתי מאוישים. מבחינה מסחרית וטכנולוגית, מדובר בפלטפורמה בעלת פוטנציאל משמעותי לשוקי ISR,

pseudo-satellites ותעופה חסכונית באנרגיה, ובטווח הארוך גם כחלק מארכיטקטורות power-beaming אוויריות עתידיות.





Source: Otto Aerospace

אוויר והגנ"א

32. ארה"ב: נחשף טיל אוויר–אוויר סודי AIM-260

15 במאי 2026

Secretive AIM-260 Air-To-Air Missile Finally Breaks Cover

AIM-260 Joint Advanced Tactical Missile (JATM) הוא דור חדש של טילי אוויר-אוויר ארוכי־טווח שמפותח עבור חיל האוויר והצי האמריקני כתחליף עתידי ל-AIM-120 AMRAAM. מטרת התוכנית היא להתמודד עם טילי אוויר-אוויר סיניים מתקדמים, ובראשם PL-15, באמצעות שילוב של טווח מוגדל, שרידות משופרת ויכולות העסקה ברשת.

חדשנות טכנולוגית:

- טווח מוגדל מעבר לקו ראיה BVR
- תאימות לטיל AMRAAM
- ארכיטקטורת הנעה מתקדמת
- ויכולות העסקה ברשת
- אינטגרציה למיגוון חיישנים
- התאמה לכלי-טיס חשאיים

מאפייני תכן מרכזיים:

הטיל תוכנן כך שישמור על ממדים דומים ל-AIM-120, ותאימות לתאי חימוש פנימיים של F-22, F-35. במקביל הוא צפוי לספק טווח גדול משמעותית, מהירות גבוהה יותר, תמרון משופר, ויכולת העסקה מעבר לטווח החיישנים של המטוס.

פלטפורמות יעד:

הטיל צפוי להשתלב במטוסי F/A-18 Super Hornet, F-22 Raptor, F-35 Lightning II, F-47, F/A-XX, Collaborative Combat Aircraft (CCA).

אתגרים וסיכונים:

עלויות גבוהות ליחידה, מורכבות חיישנים, חסינות ל"א, חימום במהירויות גבוהות, אמינות תקשורת רשתית.

סטטוס והמשך:

ניסויי ירי חי בטיסה כבר בוצעו, תמונה ראשונה של הטיל נחשפה ב-2026, התקדמות לקראת ייצור סדרתי ומבצעיות.

המערכת צפויה להשתלב בהדרגה לצד AIM-174B ולא בהכרח להחליפו.

AIM-260 JATM מייצג את הדור הבא של נשק עליונות אווירית עבור ארה"ב. מבחינה טכנולוגית מדובר במעבר לטילי BVR חכמים, מקושרים ובעלי שרידות גבוהה. מבחינה מסחרית במנוע צמיחה משמעותי לתעשיות חיישנים מתקדמים, טכנולוגיות טילים, ומערכות תקשורת רשתית בעשור הקרוב.



Source: Jonathan Tweedy/ @flightline_visuals

אוויר והגנ"א

33. לקראת מטוסי מטען אוטונומיים

20 במאי 2026

Autonomous aviation system aims for pilot-free cargo aircraft

חברת Merlin מפתחת מערכת אוטונומית מתקדמת בשם Merlin Pilot for Commercial Cargo, המיועדת להטמעה במטוסי מטען גדולים קיימים במטרה לצמצם את התלות בצוותי אוויר אנושיים ולהוות שלב ביניים בדרך להפעלה אוטונומית מלאה. בניגוד למרבית פתרונות האוטונומיה הקיימים הממוקדים במטוסים קלים או ברחפנים, Merlin מכוונת לשוק מטוסי המטען הכבדים – אחד ממנועי הצמיחה המרכזיים של ענף התעופה בעשורים הקרובים.

מבחינה טכנולוגית, המערכת מבוססת על מיזוג נתונים רב-חיישני (Sensor Fusion) המשלב:

- GPS לניווט גלובלי.
- מערכות ניווט אינרציאליות (INS).
- מכ"ם לזיהוי איומים ותנועה אווירית.
- מדי גובה רדיו.
- חיישנים סביבתיים ומטאורולוגיים.

שילוב מקורות המידע מאפשר למערכת לבנות תמונת מצב אווירית מלאה ולבצע קבלת החלטות אוטונומית בזמן אמת, גם בתנאי סביבה מורכבים או במקרה של אובדן חלקי של מקורות ניווט.

מרכיב ייחודי נוסף הוא שילוב בינה מלאכותית לעיבוד שפה טבעית (NLP), המאפשרת למערכת להבין הוראות מבקרי טיסה, לנהל תקשורת רדיו דו-כיוונית ולייצר תגובות בהתאם לנהלים האוויריים המקובלים. יכולת זו מטפלת באחד החסמים המרכזיים בדרך לטיסה אוטונומית מלאה – האינטראקציה האנושית הרציפה עם מערכות בקרת התעבורה האווירית.

המערכת תוכננה בארכיטקטורה Platform-Agnostic, המאפשרת התקנה במגוון רחב של מטוסים קיימים ללא צורך בשינויים מבניים משמעותיים. גישה זו מתאימה במיוחד לשוק הסבות המטוסים ממטוסי נוסעים למטוסי מטען (Passenger-to-Freighter – P2F) ולצי מטוסי המטען הקיים.

אסטרטגיית ההטמעה של Merlin מבוססת על מודל מדורג:

- מערכת עזר אוטונומית לטייס.
- טייס משנה דיגיטלי (Cognitive Co-Pilot).
- הפחתת גודל הצוות.
- מעבר עתידי להפעלה אוטונומית מלאה.

גישה זו נועדה להתמודד עם אתגרי ההסמכה של ה־FAA באמצעות צבירת נתוני בטיחות ותפעול בעולם האמיתי לאורך זמן. מבחינה מסחרית וטכנולוגית, Merlin פועלת בנקודת מפגש בין שני מגה-טרנדים: מחסור עולמי בטייסים וגידול משמעותי בביקוש למטוסי מטען כבדים.

לפי תחזיות Boeing, צפויים כ-2,800 מטוסי מטען חדשים או מוסבים במהלך 20 השנים הקרובות, מה שיוצר שוק יעד משמעותי לפתרונות אוטונומיים הניתנים להתקנה על פלטפורמות קיימות.

החדשנות המרכזית של Merlin אינה ביכולת להטיס מטוס באופן אוטונומי בלבד, אלא בפיתוח מערכת אוטונומית מוסמכת (Certifiable Autonomy) המשלבת ניווט רב-חיישני, הימנעות ממכשולים, אינטגרציה עם בקרת תעבורה אווירית ותקשורת מבצעית מבוססת בינה מלאכותית. אם תצלח את תהליכי ההסמכה, היא עשויה להפוך לאחת הפלטפורמות הראשונות שיאפשרו הפעלה מבצעית של מטוסי מטען גדולים ברמות אוטונומיה גבוהות בסביבה אווירית אזרחית וצבאית.



Source: Merlin

אוויר והגנ"א

34. ברומניה פותח טיל שיוט מונחה בבינה מלאכותית

22 במאי 2026

Romania Presents 'Sahara' AI-Guided Cruise Missile at BSDA 2026

"סהרה" הוא הכינוי של טיל שיוט מונחה בינה מלאכותית, שפותח ברומניה על ידי Oves Enterprise .
משקלו בשיגור 55 ק"ג, רש"ק במשקל 10 ק"ג, מונע על ידי טורבו סילון. טווח הפעולה עד 200 ק"מ. הטיל תוכנן לפגוע במטרות בעלות ערך גבוה בסביבות קשות. הפונקציונליות שלו מבוססת על בינה מלאכותית המונעת בלמידת מכונה משולבת באמצעי ראייה ממוחשבת כדי לתמוך בפונקציות כמו: זיהוי מטרות, הנחייה סופית וכן התאמת נתיב טיסה במהלך המעוף למטרה.
לטיל מנוע טורבו-סילון, נושא כ-20 קילוגרמים של דלק. "סהרה" תוכנן כמערכת נשק משולבת במלואה ולא כפלטפורמה עצמאית, המשלבת הנחיה, תוכנה, אלקטרוניקה ובקרות טיסה בחבילה אחת. הטיל טס בגובה של כ-50 מטרים מעל פני הקרקע, ויכול לעקוב אחר קווי המתאר של השטח כדי להפחית את נראות המכ"ם. מדיווחים מוקדמים עולה שהחברה השקיעה למעלה ממיליון אירו (1.1 מיליון דולר) במחקר ופיתוח של טיל הסהרה וגייסה צוות מומחים בן 25 חברים כדי לקדם את הפרויקט. הנתון משקף את עלויות הפיתוח. אין נתונים לגבי הוצאות הייצור ועלות ליחידה. נותרו חסויים פרטים על ניסויי טיסות, התקדמות ההסמכה וכל רכש פוטנציאלי על ידי הכוחות הרומניים או בעלי עניין בייצוא.





אוויר והגנ"א

35. חברה הולנדית עם שותפים באוקראינה וגרמניה מפתחת טיל שיוט ארוך טווח

21 במאי 2026

Ruta's Next Evolution: A 2,000-Km Missile Built for Deep Strikes

טיל השיוט ההולנדי רוטה (RUTA) "נולד מחדש" בפעם השלישית, כאשר החברה ההולנדית דסטינוס ממשיכה עם תוכניות לגרסה ארוכת טווח המסוגלת להגיע למטרות במרחק של עד 2,000 קילומטרים. הגרסה החדשה, בלוק 3, תונע על ידי מנוע טורבו-סילון 220T הנמצא בפיתוח של דסטינוס, מערכת הנעה מהדור הבא שנועדה לתמוך במשימות ארוכות טווח. הטיל צפוי לשאת ראש נפץ במשקל 250 קילוגרם, מה שעשוי לאפשר תקיפות עוצמתיות נגד מטרות עמוק מאחורי קווי האויב. כדי לשפר את השרידות בסביבות מאוימות, בלוק 3 מפותח עם יכולות ניווט אוטונומיות לפעולות בתנאי לוחמה אלקטרונית, לצד מערכות חישה והנחיה שנועדו לשפר את דיוק הפגיעה הסופי. הטיל מתוכנן גם לפריסה גמישה. על פי דסטינוס, ניתן לשגר אותו ממתקנים קבועים, משגרים יבשתיים או מפלטפורמות ימיות באמצעות מכולה סטנדרטית.

לפי מנכ"ל דסטינוס, פיתוח הטיל מהווה מגמה אירופית ביטחונית חדשה שבה הגורם המכריע אינו עוד קיומם של כלי נשק מדויקים, אלא היכולת לייצר, לחדש ולפתח אותם בקנה מידה תעשייתי במהלך מבצעים ממושכים בעצימות גבוהה. לדבריו, בלוק 3 של RUTA מתוכנן סביב מציאות זו: אדריכלות אירופאית ריבונית, ייצור תעשייתי מבוזר ויכולת להתרחב במהירות על פני מדינות בעלות הברית. פיתוח הטיל יבוצע בשלושה מרכזים תעשייתיים בשלוש מדינות שונות, החל מאתר ההנדסה ותכנון ראשי בהולנד. אוקראינה תשמש כמרכז לשיפורים, ניסויי טיסות וייצור רכיבים מרכזיים, תוך מינוף תפקידה הגדל של המדינה כקרקע ניסויית לטכנולוגיות הגנה מתפתחות. עבור ייצור בקנה מידה גדול ואינטגרציה סופית, דסטינוס חברה לענקית הביטחון הגרמנית Rheinmetall, שתתמוך באספקות לצבא הגרמני ולבעלות ברית אירופאיות אחרות.

Rheinmetall כבר מתוכננת להתחיל לעבוד על מערכות Ruta Block 1 ו -2 הקיימות בין 2026 ל-2027, כאשר בלוק 3 צפוי לבוא לאחר השלמת בדיקות טיסה ופעילויות אישור נוספות.

אוויר והגנ"א



36. כטב"ם התדלוק MQ-25A Stingray מתחיל ייצור ראשוני

20 במאי 2026

MQ-25A Stingray Unmanned Tanker Cleared for Low-Rate Initial Production

הצי האמריקני קידם את תוכנית הכטב"ם MQ-25A Stingray לשלב ייצור ראשוני Low-Rate Initial Production (LRIP) לאחר קבלת אישור אבן דרך C. מדובר בכטב"ם התדלוק הראשון בעולם שתוכנן לפעול באופן מלא מנושאות מטוסים, ומהווה אבן דרך במעבר לתעופה בלתי-מאוישת מבוססת נושאות מטוסים.

חדשנות טכנולוגית:

- כטב"ם תדלוק אוטונומי מנושאות מטוסים
- תפעול אוטונומי על הסיפון
- יכולת תדלוק אווירי רציפה
- שילוב מבצעי עם מטוסי קרב

- פוטנציאל למשימות מבצעיות נוספות

תפקיד מבצעי מרכזי: MQ-25A נועד להעביר משימות תדלוק אווירי מ- F/A-18E/F Super Hornet לכלי בלתי מאויש, ובכך להגדיל זמינות של מטוסי הקרב למשימות תקיפה ועליונות אווירית.

סטטוס התוכנית:

- הושלם אישור Milestone C
- מעבר ל-LRIP
- חוזה ראשוני צפוי עבור 3 כלים
- IOC נדחה ל-2029

משמעות ארוכת טווח:

MQ-25A נתפס ככלי-טיס פורץ דרך למשימות עתידיות מנושאות מטוסים, כולל תקיפה, סיור, loyal wingman, ומערכות אוטונומיות עתידיות.

הכלי מייצג מעבר אסטרטגי של הצי האמריקני לעידן של תפעול אוטונומי מנושאות מטוסים. מבחינה טכנולוגית מדובר בפריצת דרך בתחום משימות ימיות אוטונומיות. מבחינה מסחרית - יצירת שוק חדש של כטב"ם מנושאות מטוסים ותשתיות אוטונומיות ייעודיות ללוחמה ימית עתידית.



Photo: Robert Bean/Boeing

אוויר והגנ"א

37. נחשף Blitz — כטב"ם מתכלה המשוגר ממכולה

21 במאי 2026

BlitzBox Packs 100 Weaponized Drones into an Unassuming Container

חברת DZYNE Technologies חשפה את Blitz — כטב"ם מתכלה מדור Group 1 המיועד להפעלה המונית, אוטונומית ומודולרית, לצד מערכת השיגור BlitzBox המסוגלת לשגר עשרות ואף מאות כטב"מים ממכולת ISO סטנדרטית. המערכת נועדה לתת מענה לצורך הגובר במסות מתכלות ובלחימת נחילים.

חדשנות טכנולוגית:

- ארכיטקטורה של נחילי כטב"ם מתכלים
- שיגור המוני של כטב"מים
- מטע"דים מודולריים
- יכולת שיגור נחיל ממכולה
- תכן לארכיטקטורה פתוחה
- שינוי יעוד מהיר בתנאי שדה

יכולות מבצעיות מרכזיות: Blitz תוכנן למשימות סיור מודיעיני ISR, ל"א, הטעיה, תקיפה בנחיל, חיישנים מבוזרים. המערכת מאפשרת מעבר מהיר בין פרופילי משימה ללא שינוי הכלי.

ביצועים: טווח 80–150 ק"מ, שהייה 1–2 שעות, משקל מטע"ד עד 5 פאונד (2.3 ק"ג), הנעה חשמלית שקטה, שיגור תוך פחות מ-2 דקות. מערכת BlitzBox מאפשרת שיגור מתואם ומהיר, פריסה מוסווית מתוך מכולות ISO, העסקה בכמויות משתנות, פריסה מהירה.

אתגרים וסיכונים: שרידות ל"א, צפיפות תדרים, ניהוג מורכב, עמידות במערכות נגד כטב"ם, לוגיסטיקה מורכבת לכמויות גדולות.

סטטוס: המערכת זמינה כעת להדגמות ורכש עבור לקוחות אמריקניים ובעלות ברית.

ה-Blitz ו-BlitzBox של DZYNE מייצגים דור חדש של מערכות נחילים מתכלים זולות, מודולריות ואוטונומיות. מבחינה טכנולוגית מדובר בשילוב של ארכיטקטורה פתוחה, אוטונומיה, ושיגור ממכולות. מבחינה מסחרית מעבר לתפיסת לחימה זולה במסות שבה יתרון מבצעי מושג באמצעות פריסה רחבה של מערכות מתכלות חכמות בקנה מידה גדול.



Source: DZYNE

[אוויר והגנ"א]

38. העברת אנרגיה אלחוטית מאפשרת "טיסה נצחית" לרחפנים

28 במאי 2026

[US-Made Wireless Power System Unlocks 'Perpetual Flight' for Drones]

חברה מקליפורניה פיתחה מערכת אספקת אנרגיה חדשנית שעשויה לאפשר לרחפנים להישאר באוויר למשך זמן בלתי מוגבל כמעט. היכולת מבוססת על מערכת POWER (Persistent Overwatch Wireless Energy Recharging) של חברת Reach Power, המעבירה אנרגיה באמצעות גלי רדיו (RF) ישירות אל הרחפן בזמן טיסה. המערכת מאפשרת טעינה באוויר באמצעות שידור אנרגיה ממוקד, ובכך מבטלת את הצורך לנחות לצורך טעינה, להחליף סוללות לחזור לבסיסי אספקה או תחזוקה.

חברת Reach הדגימה את הטכנולוגיה במסגרת תצוגת Joint Interoperability Field Experimentation בחסות הפנטגון, שם השיגה, לטענתה, מצב של "טיסה נצחית" (Perpetual Flight).

Reach הגישה את מערכת POWER לתחרות החדשנות xTechSearch 9 של צבא ארה"ב. החברה נבחרה כאחת מ־24 הזוכות מתוך יותר מ־800 משתתפים. במסגרת התחרות השלימה החברה את כל שלבי ההערכה: הגשת מסמך קונספט ראשוני (White Paper). בחינות טכנולוגיות. הצגות חיות בפני נציגי צבא ארה"ב ומשרד ההגנה. בנוסף לפרס הכספי, זכתה החברה להזמנה להשתתף בתוכנית החדשנות של צבא ארה"ב.

כעת, במסגרת חוזה שלב א' (Phase I), תפתח החברה תו"ל (Concept of Operations (CONOPS בהתאם לצרכים המבצעיים של הצבא, תוך עבודה ישירה עם חיילים ומפעילים במטרה להתאים את המערכת לשימוש מבצעי. אם הטכנולוגיה תבשיל לכדי מערכת מבצעית, היא עשויה לאפשר:

- משימות מודיעין ותצפית רציפות לאורך שעות ואף ימים.
- הפחתה דרמטית של מגבלות הסוללה.
- צמצום הצורך בתשתיות טעינה קדמיות.

- הפעלת רחפנים אוטונומיים לטווח ארוך.
- הגדלת זמינות מבצעית של מערכי רחפנים צבאיים ואזרחיים.

המערכת מהווה צעד משמעותי לקראת חזון של רחפנים בעלי שהייה כמעט בלתי מוגבלת באוויר, באמצעות אספקת אנרגיה רציפה מרחוק במקום הסתמכות בלעדית על סוללות פנימיות.

[אוויר והגנ"א]

39. יורש למטוס SR-71 ?

28 במאי 2026

[SR-71 successor? Quarterhorse Mk 2.1 prototype cracks the sound barrier]

Hermeus עברה אבן דרך משמעותית בפיתוח פלטפורמת טיסה היפרסונית עתידית, כאשר אבטיפוס Quarterhorse Mk 2.1 חצה לראשונה את מחסום הקול והגיע למהירות מאך 1.21. אף שמדובר עדיין במהירות על-קולית מתונה יחסית, הניסוי מאמת טכנולוגיות ליבה הדרושות למעבר עתידי לטיסה היפרסונית (מעל מאך 5).

התוכנית נועדה לפתח:

- מערכת הנעה היברידית חדשנית המסוגלת לפעול ממנוחה ועד מהירויות היפרסוניות.
- מטוס צבאי בלתי מאויש עתידי (Darkhorse) למשימות מודיעין, תקיפה וחדירה מהירה.
- מטוס נוסעים היפרסוני (Halcyon) לטיסות מסחריות ארוכות טווח.
- תחליף מודרני לקונספט המבצעי של SR-71 Blackbird.

החשיבות האמיתית של הניסוי אינה במהירות מאך 1.21 אלא ביכולת לבצע מעבר בטוח למשטר טיסה על-קולי, לאמת מערכות בקרה במהירויות גבוהות, לאסוף נתונים אווירודינמיים קריטיים, לקצר משמעותית את מחזורי הפיתוח באמצעות סדרת אבות-טיפוס.

Hermeus מאמצת גישה הדומה לעולם החלל המסחרי: Rapid Prototyping. במקום לפתח מטוס סופי יחיד כל אבטיפוס בודק יכולת מסוימת, הנתונים מוזנים לדגם הבא, וזמן הפיתוח מתקצר משמעותית.

שרשרת הפיתוח: Mk 1 → Mk 2.1 → Mk 2.2 → Mk 2.3 → Darkhorse → Halcyon

השלכות צבאיות: הפלטפורמה הצבאית העתידית Darkhorse צפויה להציע: חדירה מהירה למרחבים מוגנים, קיצור דרמטי של זמני תגובה, סיור ואיסוף מודיעין בטווחים גדולים, שרידות גבוהה בזכות מהירות קיצונית. בדומה ל-SR-71, מהירות הטיסה עשויה להוות אמצעי הגנה בפני עצמה.

השלכות אזרחיות: החזון האזרחי Halcyon כולל: 20 נוסעים, טיסה היפרסונית בין-יבשתית, קיצור משמעותי של זמני טיסה.

הישגים שהוכחו: מעבר לטיסה על-קולית, אימות תצורת האווירודינמיקה, איסוף נתוני טיסה אמיתיים, קצב פיתוח מהיר במיוחד.

טרם הוכח: טיסה במהירות היפרסונית, הפעלה מלאה של מערכת TBCC במעטפת הטיסה המתוכננת, טיסה ממושכת במאך 5 ומעלה, עמידות תרמית ומבצעית ארוכת טווח.

פרויקט Quarterhorse אינו מהווה עדיין פריצת דרך מבצעית, אך הוא מציג התקדמות הנדסית משמעותית בדרך לפלטפורמת טיסה היפרסונית שימושית. הערך המרכזי של הניסוי הוא באימות גישת הפיתוח המהירה ובצבירת נתונים לקראת שילוב מערכת ההנעה TBCC. אם שלבי הפיתוח הבאים יצליחו, Hermeus עשויה להיות אחת החברות הראשונות שיציגו כלי טיס היפרסוני מבצעי – צבאי ובהמשך גם אזרחי.



Source: Hermeus

[אוויר והגנ"א]

40. הופסקה תוכנית מטוס הקרב העתידי FCAS של צרפת, גרמניה וספרד

8 ביוני 2026

[Franco-German-Spanish FCAS fighter program dead: Reports]

Future Combat Air System (FCAS) הוא פרויקט אירופי שנועד לפתח מערכת לחימה אווירית מהדור הבא, הכוללת לא רק מטוס קרב חדש אלא מערכת אקולוגית שלמה של פלטפורמות מקושרות.

מרכיבי המערכת המתוכננים:

- New Generation Fighter (NGF) – מטוס הקרב המאויש המרכזי.
- Combat Cloud – רשת תקשורת ולוחמה דיגיטלית.
- כטב"ם מלווים (Loyal Wingman) הפועלים לצד המטוס.
- מערכות חישה ומכ"ם משולבות.
- מערכות שליטה ובקרה מבוססות רשת.
- מנועים וטכנולוגיות הנעה מתקדמות.

הקושי העיקרי לא היה טכנולוגי בלבד, אלא נבע מהבדלים בדרישות המבצעיות והתעשייתיות:

- צרפת דרשה מטוס המסוגל לשאת נשק גרעיני.
- גרמניה ו־Airbus ביקשו גישה גמישה יותר ואף שקלו פיתוח של שתי פלטפורמות שונות.
- התגלעו מחלוקות על חלוקת האחריות, הקניין הרוחני והובלת הפרויקט.

אם הדיווחים נכונים, קריסת FCAS מהווה אחת מנקודות המפנה המשמעותיות ביותר בתעשיית הביטחון האירופית בשנים האחרונות. היא עלולה להביא לפיצול המאמצים בין המדינות השותפות ולעיכוב בפיתוח מטוס קרב אירופי דור שישי. מנגד, ייתכן שרכיבים דיגיטליים מרכזיים כמו Combat Cloud ימשיכו להתפתח באופן עצמאי וישמשו בסיס לשיתופי פעולה עתידיים גם ללא פלטפורמה אווירית משותפת.

ידיעה נוספת להלן:

[אוויר והגנ"א]

41. יוזמה גרמנית לפתח מטוס קרב אירופי מהדור השישי

11 ביוני 2026

[After FCAS's fall, Airbus and 'Team Gen 6' line up for new future fighter]

לאחר ביטול תוכנית FCAS, התעשייה הגרמנית מובילה יוזמה חדשה בשם Team Gen 6 בהובלת איירבוס, שמטרתה לפתח מטוס קרב אירופי מהדור השישי תוך ניצול הידע והטכנולוגיות שנצברו בפרויקט המקורי. מתגבשת גם השתתפות ספרדית במסגרת החדשה.

למרות ביטול מטוס הקרב NGF, מספר רכיבים מרכזיים צפויים להמשיך להתפתח:

- Combat Cloud – רשת שליטה ותקשורת מבצעית.
- טכנולוגיות חיישנים ומיזוג מידע.
- אינטגרציה בין מטוסים מאוישים ובלתי מאוישים.
- יכולות "System of Systems" לחיבור כלל מרכיבי שדה הקרב.

Team Gen 6 שואפת לבנות מסגרת תעשייתית גמישה ומהירה יותר, שתאפשר קיצור זמני פיתוח, שיתוף פעולה רחב בין חברות מובילות, שימוש חוזר בטכנולוגיות שכבר פותחו, התאמה טובה יותר לדרישות המבצעיות המשתנות.

האתגר אינו רק הנדסי אלא גם ארגוני: חלוקת אחריות בין החברות, היתכנות תעשייתית וכלכלית, קבלת החלטות משותפת בין המדינות השותפות, שילוב טכנולוגיות קיימות במסגרת חדשה.

הקמת Team Gen 6 מסמנת ניסיון לשמר את היכולות וההשקעות שנצברו במסגרת FCAS, תוך מעבר למודל פיתוח גמיש יותר. אם המהלך יצליח, הוא עשוי להוות בסיס לדור הבא של מטוסי הקרב האירופיים, תוך התמקדות במערכות רשתיות, אינטגרציה עם פלטפורמות בלתי מאוישות וניצול מיטבי של טכנולוגיות שכבר הבשילו.

[אוויר והגנ"א]

ים

42. חברה טורקית הציגה כשב"מים וכצב"מים עם יכולת תקיפה

5 במאי 2026

Aselsan presents new uncrewed naval systems at SAHA 2026

החברה הביטחונית הטורקית Aselsan הציגה בתחילת חודש מאי בתערוכת SAHA 2026 שני כלים בלתי מאוישים המיועדים לתקיפת התאבדות.

סדרת הכלים הראשונה, המכונה KILIÇ, כוללת מספר דגמים של כצב"מים חד פעמיים המיועדים לבצע פעולות חשאיות בחתימה אקוסטית נמוכה. הכלים יכולים להיות מנוהגים מרחוק באמצעות כבל או RF וכן לפעול בצורה אוטונומית, כולל בנחיל.

בסדרה זו קיימים שני דגמים, דגם קטן בשם KILIÇ 10 ודגם גדול בשם KILIÇ 200. הם בעלי יכולת נשיאה של מטעדים מסוגים שונים, כולל פריסקופ אופטי ותקשורת אקוסטית תת מימית.

הדגם הגדול מוגדר כמיועד לתקיפה של מגוון גדול יותר של מטרות, כולל תשתיות תת-ימיות, מתקני נמל ואסדות אנרגיה בים הפתוח.



המחשה של דגם KILIÇ 200 – חברת Aselsan

הכלים הנוספים שהחברה הציגה הם על מימיים, בשם Tufan והם בעלי יכולות סיור ותקיפה כאחד. הכלי הוא באורך 8.1 מ' והוא מונע במנוע בנזין וג'טים. לדברי החברה מה שמייחד אותו הוא הטכנולוגיה שמוטמעת בו ומאפשרת לו לפעול אוטונומית בנחיל, הן במשימות סיור והן בתקיפת התאבדות באמצעות רש"ק המותקן בכלי.

ים

43. חברת Navantia מציגה קונספט לכשב"ם חמוש חדש

23 במאי 2026

Navantia UK unveils LASV75 autonomous surface vessel concept

החברה הציגה את הדגם החדש, המכונה Lasv75, ככשב"ם אוטונומי גדול המכוון להשתלב בצי הבריטי במסגרת רעיון "הצי ההיברידי" המשלב כלים מאוישים ובלתי מאוישים. מדובר בכלי גדול מאד, 75 מ' והדחק של 1,000 טון, והוא מיועד למגוון של משימות, ככלי עצמאי או כחלק מכוח משימה. הכלי אמור לבצע משימות של סיור, איסוף מודיעין, לוחמה אלקטרונית וכן משימות תקיפה.

על פי מתכנן הדגם ייבנה כך שיוכל להיות מופעל גם על ידי צוות אנושי, כולל כל המערכות לתמיכה בצוות כזה.



ים

44. קוריאה הדרומית הציגה מיזם לבניית צוללת גרעינית עד 2040

27 במאי 2026

South Korea officially unveils Jangbogo-N Project to launch first nuclear submarine by 2030s

קוריאה הדרומית הכריזה על פרויקט Jangbogo-N, שבמסגרתו תפתח ותבנה את הצוללת הגרעינית הראשונה שלה, במטרה להשיקה באמצע שנות ה-30 ולהכניסה לשירות לפני שנת 2040. המהלך נועד להתמודד עם האיום הגובר מצד קוריאה הצפונית, במיוחד בתחום הטילים והנשק הגרעיני המשוגר מצוללות, וכן להתגבר על מגבלות הצוללות הדיזל-חשמליות הקיימות של הצי הדרום-קוריאני.

קוריאה הדרומית הודיעה שהצוללות החדשות יונעו באמצעות אורניום מועשר ברמה נמוכה (LEU), ללא נשק גרעיני, ויפותחו תוך שיתוף פעולה עם ארצות הברית ועמידה בדרישות הסוכנות הבינלאומית לאנרגיה אטומית. לפי משרד ההגנה הדרום-קוריאני, הפרויקט מסמן מעבר מהגנה ימית אזורית מוגבלת ליכולת הרתעה ופעולה ממושכת במרחב האינדו-פסיפי, והוא צפוי להסתמך על יכולותיה המתקדמות של המדינה בתחומי בניית הספינות והאנרגיה הגרעינית.

ים

45. כצב"ם אוטונומי סודי האמור לפעול לצד צוללות מאוישות כמעין 'מס' 2'

27 במאי 2026

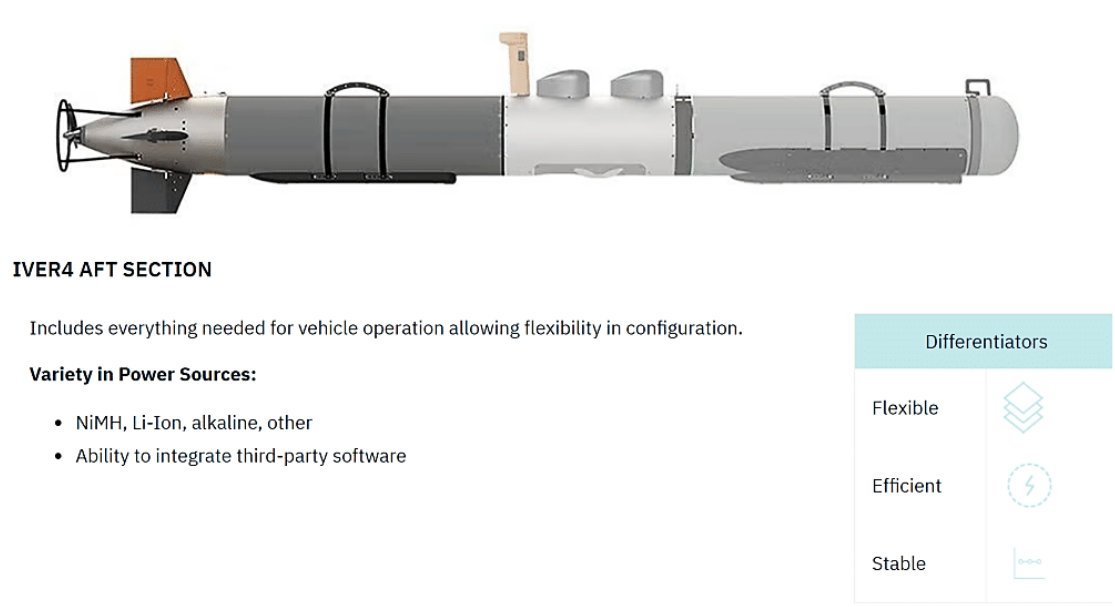
L3Harris Delivering Clandestine Submarine-Launched AUVs to the U.S. Navy

הכצב"ם Iver4 900 של חברת L3Harris אמור לשמש כיחידת משנה של הצוללת. אחרי שישוגר מצמ"ט בעומק הוא מיועד לבצע בצורה אוטונומית משימות כמו איתור מוקשים, גילוי קדמי ומיפוי קרקעית הים.

בחברה מתארים את הפעילות של הכצב"ם כביצוע 'העבודה המלוכלכת' של הצוללת, במתארים מסוכנים ומסווגים, כדי להפחית את הסיכון לכלי המאויש. יש לכצב"ם אפשרות לשאת מטעדים מגוונים, תודות למקטעים בחרטום ובזנב הניתנים להחלפה בקלות, בהתאם לסוג המשימה.

הכלי מונע בסוללות ליתיום-יון והוא מסוגל לשהות בין 16-24 שעות ללא טעינה חוזרת. כאשר הוא נושא מטעד מינימלי שהותו יכולה להגיע ל-40 שעות בין טעינות.

הכלי איננו מקושר בכבל לצוללת האם. בחברה סירבו לפרט את צורת התקשורת בין הצוללת והכלי בטווחים הארוכים יותר.



גרפיקה: חברת L3Harris

ים

46. חיישן מגנטי מוטס לגילוי מהיר של מוקשים ימיים וצוללות

28 במאי 2026

How to Clear the Strait of Hormuz from the Air: UMag Solutions Launches F1Mag® - an Unmanned Solution for Rapid Naval Mine Detection and Anti-Submarine Warfare

חברת UMag הדנית הוסיפה את החיישן F1Mag לסל של חיישנים מגנטיים המוטסים על ידי כטב"מים. החיישן החדש מאפשר גילוי מוקשים ימיים וצוללות, עם יכולת לסרוק שטחים נרחבים בלי לסכן כלי שייט או אנשי צוות.

במשך למעלה משנה עברה המערכת ניסויים עם יחידות צבאיות ועכשיו נכנסה רשמית לשימוש. את החיישן ניתן להתקין על כטב"ם ולהטיסו מעל השטח שרוצים לסרוק. החיישן מסוגל, במהלך טיסה במהירות 120 קמ"ש, לגלות בזמן אמת איומים מגנטיים בעומק הים כמו מוקשים ימיים, צוללות וכצב"מים מבלי להוריד את החיישן לתוך המים.

מאחר והמערכת פועלת מעל פני המים, אין היא תלויה במזג אוויר או במצב הים וגם לא בתמיכה של כלי שיט. המערכת לא מושפעת מקרח, ממים מזוהמים או שכבות מים הקיימות בים, זאת לדברי מנכ"ל ומייסד החברה.

החיישן F1Mag מסוגל לבצע את הדברים הבאים:

1. גילוי מוקשים ימיים בעומק 15 עד 30 מטר מתחת לפני המים במהירות סריקה של כ-1/5 קמ"ר בשעה.
2. גילוי צוללות בעומק מאות מטרים במהירות סריקה של 4 עד 24 קמ"ר בשעה.
3. ניתן לשימוש יבשתי לגילוי רכבים או מבניים מכניים בשטח מיוער בצפיפות.
4. העברת נתונים בזמן אמת תוך כדי טיסה לפי סטנדרט של נאט"ו NATO STANAG 4817.

ניתן לשלב את החיישן בכטב"מים שונים המשמשים לשימושים אזרחיים וצבאיים, כגון UMS Skeldar(V-200), High-Eye(Airboxer) , Petrodynamics(Transwing) ,Acecore Technologies (NOA) , Airolit (CX-10), Hecto Drone (HD-606), Freespace Operations (Callisto 25) Inspired Flight (IF1200), Velos Rotors (V3), Harris Carrier (Carrier H6).

F1Mag זמין לשימוש מבצעי, הדגמה ושילוב במערכות עם שותף. החברה תציג בתערוכה XPONENTIAL 2026 בדטרויט וגם בכנס NATO Naval Mine Warfare Conference 2026 בבלגיה.



החיישן ליד הרחפן הנושא אותו

ים

47. כלי שיט אוטונומי חילץ אנשי צוות של מסוק אמריקני שהופל במפרץ הפרסי

8 ביוני 2026

Historic drone rescue of Apache crew points to future of recovery missions

בפעם הראשונה בהיסטוריה, שני אנשי צוות של צבא ארה"ב ממסוק אפאצ'י AH-64 שהתרסק ליד חופי עומאן (ואח"כ התברר שהופל על ידי איראנים בהתנגשות כטב"ם, אירוע תקדימי למדי בפני עצמו, אם כי מקרים דומים כבר אירעו באוקראינה) חולצו תוך שעתיים על ידי כלי שיט לא מאויש מדגם Saronic Corsair של חיל הים האמריקני, שהופעל על ידי כוח המשימה 59 של הצי החמישי.

כוח משימה 59 הוא יחידה ייעודית לבינה מלאכותית ושילוב מערכות בלתי מאוישות, המפעילה שייטת של כשב"מים, כולל קורסייר . מצוידת במטעד חישה פסיבי 360 כלל כיווני, הספינה איתרה את שני אנשי הצוות, שהצליחו לטפס על סיפון הספינה באורך 7.3 מטרים ולהיאחז במבנה העל שלה. הספינה נשאה אותם לאזור בטוח לחילוץ במסוק.

חילוץ ראשון מסוגו זה משמעותי יותר מערכו ההיסטורי. הוא מדגיש יישום פוטנציאלי חשוב של כלים לא מאוישים הן למשימות צבאיות והן למשימות סיוע באסונות. פינוי נפגעים תמיד היווה אתגר גדול עבור הכוחות, ובמיוחד עבור צבאות מערביים המחויבים לעקרון של אי-השארת איש מאחור. הדבר גרם לבעיות בעבר. לכל הפחות, פירושו שימוש בחיילים כדי להעביר חברים פצועים לעורף, כלומר נדרשים לפחות שני אנשים כשירים לטיפול בפצוע אחד. אפילו עם נושאי אלונקות ייעודיים, מדובר בהרבה כוח אדם. כלים אוטונומיים – ביבשה, בים ובאוויר, המשמשים לחילוץ ופינוי – יכולים לשנות את המצב באופן דרמטי. חיילים רבים יותר יוכלו להתפנות ללחימה ולפעולות אחרות.



A Corsair drone vessel. Saronic

ים

48. יכולת לשגר טילים שגא-קוליים מכלי שיט בלתי מאוישים

12 ביוני 2026

Saronic Races to Deploy Blackbeard Hypersonic Capability Amid Growing Demand for Distributed Maritime Strike

חברת Castelion, יצרנית הטיל השגא-קולי Blackbird, הודיעה על שיתוף פעולה עם יצרנית הפלטפורמות הלא מאוישות Saronic, לשילוב יכולות שיגור הטיל מכלי שיט לא מאוישים. החברות קבעו את שנת 2027 כתאריך יעד לביצוע ירי הדגמה כזה.

חברת Saronic הציגה מוקדם יותר השנה את הכשב"ם הבינוני שלה Marauder, המיועד למשימות ארוכות טווח ומסוגל לפעול בצורה אוטונומית או נשלטת מרחוק. לדברי החברה לכלי טווח פעולה של 4,500 מייל במהירות של עד 25 קשר ויכולת נשיאת מטעד של עד 150 טון. הכלי בנוי בצורה מודולרית המאפשרת ביצוע מגוון של משימות, כמו איסוף מודיעין, אספקה, סיור ימי, ובעתיד מתכננת החברה להוסיף גם יכולות תקיפה. שיתוף הפעולה עם Castelion נועד להפוך את הכשב"ם מתומך לחימה לבעל יכולות תקיפה מנגד על כלי שייט אחרים.

עד כה טילים שגא-קוליים תוכננו להיות משוגרים בעיקר מהיבשה, ממפציצים אסטרטגיים או מכלי שיט גדולים. שילוב של הטיל בכשב"ם בינוני אוטונומי יאפשר גמישות מבצעית חדשה.

ים

49. הצי הגרמני ביטל את פרויקט פריגטה F126

24 ביוני 2026

Germany cancels F126 frigate program, plans to acquire eight MEKO A-200 frigates instead

משרד ההגנה הגרמני הודיע על ביטול פרויקט הפריגטה F126 שהיה אמור להביא לאספקה של 6 ספינות מהדגם, המיועד בעיקר לחיזוק יכולת הנצ"ל של הצי הגרמני.

לדברי המשרד, מספנת Damen, שהייתה הקבלן הראשי בפרויקט, לא עמדה בלוחות הזמנים ובתקציב של הפרויקט.

במקום הדגם המבוטל המשרד מתכנן לרכוש 8 ספינות מדגם MEKO A-200-DEU של מספנת TKMS, וכעת נדרש אישור של ועדת הכספים של הבונדסטג לביצוע הרכישה.



ים

חלל

50. רשת חשמל ראשונה בחלל – באמצעות לייזרים

12 במאי 2026

[Star Catcher just raised $65 million to build the world's first power grid in space — with lasers]

חברת Star Catcher Industries מפתחת את רשת החשמל הראשונה בחלל – מערכת orbital power-beaming המבוססת על חלליות power nodes שמעבירות אנרגיה ללוויינים באמצעות לייזרים. החברה גייסה 65 מיליון דולר בסבב Series A במטרה להקים תשתית אנרגיה מסחרית לחלל.

חדשנות טכנולוגית:

- רשת אספקת אנרגיה מסלולית
- העברת אנרגיה אלחוטית באמצעות לייזר
- תאימות ללוויינים קיימים עם פאנלים סולאריים רגילים
- אספקת חשמל לפי דרישה
- מערכת מבוזרת עם רשת power nodes במסלול

הישגים טכנולוגיים:

- העברת kW1.1 לפאנלים מסחריים ב-Kennedy Space Center
- שבירת שיא 800W
- ניסויי power-beaming בטווח 300 רגל
- הכנות לניסוי orbital ראשון ב-2026

ערך מבצעי/מסחרי:

המערכת צפויה לאפשר לארכת שהייה uptime של לוויינים פי 2–10, פעילות בזמן eclipse, תמרון תוך כדי חישה, הארכת חיי לוויינים ותיקים, הפחתת מגבלות תקצוב הספק.

אתגרים וסיכונים:

- beam accuracy ובטיחות לייזרים
- הפסדי אנרגיה למרחקים גדולים
- רגולציה orbital/laser
- מורכבות scaling למסלול אמיתי
- תלות בהצלחת ניסויי חלל ראשונים

סטטוס והמשך:

- גיוס כולל: 88 מיליון דולר
- 7 הסכמי PPA כבר נחתמו
- ניסוי orbital ראשון צפוי ב-2026
- יעד מסחרי: סוף העשור

Star Catcher מנסה ליצור שכבת תשתית חדשה לכלכלת החלל — "utility grid" מסלולית לאספקת אנרגיה. מבחינה טכנולוגית מדובר בשילוב מתקדם של laser power beaming ותשתיות של שירותים מסלוליים, ומבחינה מסחרית במודל "תשתית כשירות" – infrastructure-as-a-service – שעשוי להפוך אנרגיה בחלל ממשאב מוגבל לשירות זמין לפי דרישה.

חלל

51. ניסויים מתקדמים לרוטורים של מסוקי מאדים

18 במאי 2026

Watch NASA's new Mars helicopter rotor break the speed of sound (video)

NASA ו-JPL השלימו סדרת ניסויים מתקדמים לרוטורים של מסוקי מאדים מהדור הבא, במסגרת פיתוח כלי טיס אוטונומיים עתידיים לחקר כוכב הלכת האדום. בניסוי הושגו מהירויות קצה של Mach 1.08 בתנאי אטמוספירה המדמים את מאדים, הישג משמעותי בתחום אווירודינמיקה עבור כלי טיס בסביבה דלילת־אטמוספירה.

חדשנות טכנולוגית:

- מערכות רוטורים קרובות לשגא-קולי בתנאי המאדים
- אווירודינמיקה בסביבה דלילת־אטמוספירה
- אופטימיזציה לרוטורים עם עילוי גבוה
- ארכיטקטורה לטיסה אוטונומית
- תכן ספרתי CFD מתקדם וניסויי הוכחה

הנתונים תומכים בפיתוח SkyFall – קונספט משימה המתוכנן ל-2028 וכולל שלושה מסל"טי מאדים מהדור הבא. המערכת צפויה לאפשר נשיאת מטע"דים מדעיים גדולים יותר, טווחי טיסה ארוכים יותר, סיור באזורים בלתי נגישים לכרב"ם.

סטטוס והמשך:

- ניסויי הוכחת הרוטורים הושלמו בהצלחה
- נתוני הניסוי משולבים בתכנון SkyFall
- NASA ממשיכה בפיתוח דור חדש של כלי טיס עבור מאדים

NASA מדגימה כי כלי טיס מתקדמים יכולים לפעול גם באטמוספירה הדלילה של מאדים במהירויות קרובות לשגא-קולי. מבחינה טכנולוגית מדובר בפריצת דרך בתחום טיסה אוטונומית בחלל. מבחינה תעשייתית ביצירת בסיס לדור חדש של מערכות סיור מוטסות שעשויות להפוך למרכיב מרכזי במשימות מדע וחקר חלל עתידיות.



Image credit: NASA/JPL-Caltech

חלל

52. חללית שירות רובוטית של דארפא תשוגר בקרוב

20 במאי 2026

DARPA’s robotic servicing mission to finally fly this summer

חברת נורת'רופ גראמן מתכננת לשגר במהלך הקיץ הקרוב את חללית השירות הרובוטית Mission Robotic Vehicle (MRV), שפותחה בשיתוף עם דארפא, על גבי הטיל פלקון 9 של חברת SpaceX שנרכש על ידי נורת'רופ גראמן. השיגור יכלול גם שלושה רכיבי Mission Extension Pods. מדובר בחללית השירות הרובוטית הראשונה של ארה"ב, במסגרת פרויקט Robotic Servicing of Geosynchronous Satellites (RSGS) שיזמה דארפא בשנת 2017.

לאחר תביעה ונטישת הקבלן המקורי, Maxar Technologies, בשנת 2019, קיבלה נורת'רופ גראמן את החוזה בשנת 2020. השיגור, שתוכנן במקור ל-2024, התעכב בשל מורכבות השילוב בין פלטפורמת הלוויין לבין המטען הרובוטי, צרכי תוכנה משותפת, וקשיים בשרשרת האספקה לאחר תקופת הקורונה. ה-MRV, בגודל של ואן, מצויד בשתי זרועות רובוטיות שפותחו על ידי מעבדת המחקר של הצי עבור דארפא, וכולל פתחים לאחסון כלים ואספקת חשמל או נתונים.



Northrop Grumman's Mission Robotic Vehicle (MRV) incorporates two robotic arms provided by DARPA and built by the US Naval Research Laboratory. (Photo credit: Northrop Grumman)

החללית מיועדת לארבע משימות: בדיקת אנומליות, סיוע בהתאמת מסלול, תיקון בעיות מכניות והתקנת מטענים חדשים. הניסוי יחל כשנה לאחר השיגור, לאחר שמערכת ההנעה החשמלית תניע את החללית במשך כ-10 חודשים למסלול גיאוסינכרוני.

המשימה תכלול שימוש בזרועות הרובוטיות להתקנת שלושת רכיבי Mission Extension Pods על לווייני לקוחות. רכיבים אלו מסוגלים להעניק אנרגיה ללוויינים במשקל 2,000 ק"ג למשך עד שמונה שנים. ה-MRV, בעל תוחלת חיים של עשור, מצויד גם בפתח תדלוק מסוג Passive Refueling Module (PRM), תקן ממשק שפותח עבור חיל החלל האמריקני לעגינה ותדלוק במסלול. ה-PRM ישמש גם כחלק ממטען התדלוק Elixir של נורת'רופ גראמן, המיועד להדגמה עבור חיל החלל במסגרת חוזה בשווי 70 מיליון דולר שנחתם באפריל האחרון. במסגרת זאת יותקן על לוויין לקוח וידגים תדלוק באמצעות יחידת תדלוק פעילה.

חלל

53. רכב הירח החדש Pegasus

21 במאי 2026

Lunar Outpost has big plans for the moon. The new Pegasus lunar rover is just the start

חברת Lunar Outpost ממקמת את עצמה כספקית תשתיות ירח מקיפה ולא רק כיצרנית רכבי שטח ירחיים. הכרזת החברה על פיתוח הכרב"ם החדש Pegasus, לצד גיוס הון של 30 מיליון דולר, משקפת מעבר ממיקוד בפלטפורמות ניידות בודדות לפיתוח מערכת אוטונומית כוללת להקמה, תחזוקה ותפעול של תשתיות על הירח.

מבחינה טכנולוגית, Pegasus מהווה דור חדש של רכבי ירח קלי-משקל המיועדים לפעול כחלק ממערך רובוטי רחב. במקביל, החברה ממשיכה לפתח את משפחת רכבי MAPP (Mobile Autonomous Prospecting Platform) המיועדים למשימות סיור, מיפוי ואפיון קרקע ירחית (Regolith). שילוב רכבי MAPP במשימת Artemis 4 צפוי להוות הדגמה ראשונה של שיתוף פעולה מבצעי בין אסטרונאוטים לבין מערכות קרקעיות אוטונומיות.

החזון הטכנולוגי של החברה נשען על מספר יכולות ליבה:

- אוטונומיה מתקדמת לפעולה בסביבה ירחית עם תקשורת מוגבלת.
- רובוטיקה שיתופית (Human-Robot Teaming) המאפשרת עבודה משולבת של אסטרונאוטים ורובוטים.
- מערכות בנייה אוטונומיות להקמת משטחי נחיתה ושיגור, תשתיות אנרגיה ומתקני מגורים.
- כרייה, מיפוי ואפיון קרקע ירחית לצורך תמיכה במשימות מדעיות ובהקמת תשתיות עתידיות.
- ארכיטקטורת תפעול מודולרית המאפשרת פריסת צי של רכבים בעלי ייעודים שונים הפועלים במשותף.

החברה רואה בכוח עבודה רובוטי אוטונומי תנאי הכרחי להקמת נוכחות אנושית קבועה על הירח, שכן היקף העבודות הנדרש עולה משמעותית על היכולת לבצע אותן באמצעות צוותים אנושיים בלבד.

ברמה האסטרטגית, Lunar Outpost ממוצבת היטב ליהנות מהתרחבות שוק התשתיות הירחיות, ובפרט מתוכנית Lunar Terrain Vehicle (LTV) של נאס"א, שמוערכת בכ-4.6 מיליארד דולר עד 2039. שילוב של יכולות רובוטיקה אוטונומית, בניית תשתיות ומשימות תמיכה באסטרונאוטים עשוי להפוך את החברה לספק מרכזי של תשתיות קרקעיות עבור תוכנית Artemis והמאמצים הבינלאומיים להתיישבות עתידית על הירח.

החדשנות המרכזית של Lunar Outpost אינה ברכב Pegasus עצמו, אלא בפיתוח אקוסיסטם רובוטי אוטונומי מלא לבניית והפעלת תשתיות ירחיות, המהווה נדבך טכנולוגי מרכזי בדרך למעבר ממשימות ביקור קצרות להתיישבות אנושית ממושכת על הירח.



Image credit: Lunar Outpost

חלל

54. חיל החלל האמריקני מאיץ מימוש טכנולוגיות של לוגיסטיקה בחלל

22 במאי 2026

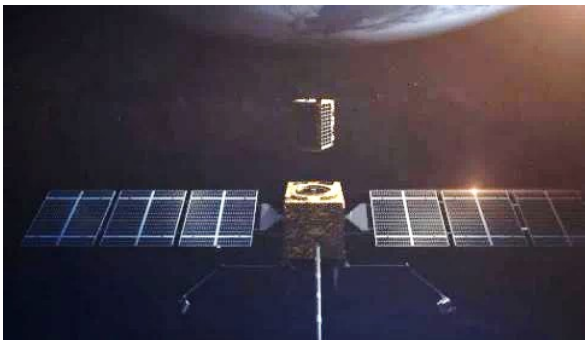
Space Force accelerating work to operationalize on-orbit logistics tech

חיל החלל האמריקני יוזם שורה של פעולות למימוש מבצעי של טכנולוגיות תדלוק ושירות בחלל, ובכוונתו לערוך בשנת 2027 שני ניסויי הדגמה בתחום הלוגיסטיקה במסלול. הניסוי הראשון מתמקד בתדלוק לווויינים בשיתוף פעולה של יחידת החדשנות הביטחונית (DIU) ומעבדת המחקר של חיל האוויר (AFRL), ובו רכב החלל "Provisioner" של חברת Astroscale יתדלק לוויין של חברת Tetra 5, יתמלא מחדש ממאגר המנוהל על ידי Orbit Fab ויבצע תדלוק נוסף ללוויין Tetra 5 כדי להדגים את היכולות.

ניסוי זה עשוי להשפיע על תוכנית RG-XX, לווייני המודעות למרחב החלל של הדור הבא, שהיא הראשונה הכוללת דרישת תדלוק מוגדרת. הניסוי השני מתמקד בתמרון מוגבר, ובמסגרתו התקשרות עם חברת Starfish Space להפעלת רכב החלל "Otter", המתפקד כגוררת חלל המיועדת להתחבר ללווויינים ללא צורך במתקני עגינה. התוכנית כוללת תחילה חיבור לרכב לא מבצעי והעברתו למסלול סילוק (disposable orbit), ולאחר מכן מעבר למשימות הארכת חיים ללווויינים מבצעיים.

טכנולוגיות אלו נבחרו בשל רמת בשלותן הגבוהה ומתן מענה על פערים קריטיים, דוגמת תמיכה זמנית בלווויינים במקרה של עיכובים בהחלפת קונסטלציות. הניסויים ממומנים מתקציבי עבר, שכן לא הוגשה בקשת

תקציב ייעודית לתחום השירות, הניידות והלוגיסטיקה (SML) לשנת הכספים 2027, אך צפויה הגדלת תקציב עתידית עם גיבוש ארכיטקטורה לוגיסטית רחבה עבור משרד ההגנה. בנוסף, השיק פיקוד מערכות החלל (SSC) בשיתוף עם SpaceWERX את התוכנית "In-Domain Orbital Logistics Challenge" בהיקף של 20 מיליון דולר, לבחינת ארכיטקטורות לוגיסטיות הכוללות מחסני חלל, רכבי תעבורה מסלוליים, תפעול רשתות הפצה, ניהול דלק, וכן יכולות שימוש חוזר, תיקון ותדלוק. התוכנית כוללת קולות קוראים לתעשייה, אפשרות לפיתוח אבטיפוס והדגמות מוגבלות.



Artist rendering of an Orbit Fab shuttle refueling Astroscale's servicing vehicle. (Orbit Fab image)



Image credit: Star Catcher Industries

חלל

55. נאסא: מבצע חילוץ של לוויין שעומד ליפול לאטמוספירה ולהישרף

19 ביוני 2026

'No one thought it was going to be possible.' A space telescope is falling out of space. This is NASA's daring plan to save it.

הכתבה מתארת את אחד ממבצעי החילוץ השאפתניים ביותר שנאס"א ניסתה אי-פעם לבצע במסלול סביב כדור הארץ. במרכזו ניצב טלסקופ החלל Swift שפועל מאז 2004 ואחראי לתגליות רבות בתחום האסטרופיזיקה, ובעיקר חקר התפרצויות קרני גמא, האירועים האלימים והאנרגטיים ביותר ביקום. לאחר יותר משני עשורים של פעילות, מסלולו של Swift הלך והידרדר בשל גרר אטמוספרי. אם לא תבוצע התערבות, הלוויין צפוי להיכנס מחדש לאטמוספירה ולהישרף עד סוף שנת 2026, ובכך יסתיים אחד ממיזמי המחקר החשובים של נאס"א.

כדי למנוע זאת, יזמה נאס"א את משימת Swift Boost שנועדה להעלות מחדש את הלוויין למסלול גבוה יותר ולהאריך את חייו המבצעיים במספר שנים. המשימה אינה מסתפקת בהפעלת מנועים קיימים, שכן ל -Swift

אין יכולת כזו, אלא מתבססת על רעיון חדשני: שיגור חללית שירות שתיפגש עם הטלסקופ, תעגון אליו ותגרור אותו למסלול גבוה יותר.

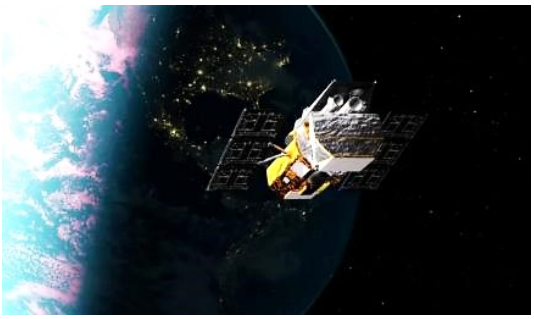
לצורך המשימה נבחרה חברת Katalyst Space Technologies שקיבלה תקציב של 30 מיליון דולר בלבד. החברה פיתחה את חללית השירות Link המצוידת בזרועות רובוטיות, במנועי Hall חשמליים ובמערכות ניווט ובקרה מתקדמות. הצלחת המשימה מחייבת לבצע מפגש ועגינה עם לוויין שמעולם לא תוכנן לתמרון כזה, אתגר הנדסי מורכב במיוחד. אחד ההיבטים המרשימים ביותר בפרויקט הוא קצב הפיתוח. מנאס"א נמסר כי רק בספטמבר 2025 נבחרה החברה לבצע את המשימה, וכעבור תשעה חודשים בלבד כבר הייתה החללית מוכנה לשיגור. גם אנשי נאס"א הודו כי בתחילת הדרך ספק אם מישהו האמין שניתן יהיה להשלים פרויקט מסוג זה בפרק זמן כה קצר.

השיגור מתוכנן להתבצע באמצעות משגר Pegasus XL שישוגר ממטוס L-1011 Stargazer מעל האוקיינוס השקט. זה יהיה השיגור האחרון של משגר Pegasus ובכך תסתיים גם תקופה ארוכה בהיסטוריה של שיגורים אוויריים אמריקניים.

מעבר להצלת Swift עצמו, למשימה יש חשיבות אסטרטגית רחבה יותר. אם היא תצליח, זו תהיה הוכחה שניתן לבצע שירות, תחזוקה והארכת חיים של לוויינים גם כאשר הם לא תוכננו לכך מראש. הצלחה כזו עשויה לשנות את הדרך שבה מתכננים ומפעילים לוויינים בעתיד, ולהפחית את הצורך בשיגור לוויינים חדשים בכל פעם שמסלולו של לוויין קיים מתדרדר.

המשימה גם מדגישה את השינוי בגישתה של נאס"א, הנשענת יותר ויותר על חברות חלל פרטיות לפיתוח פתרונות חדשניים ומהירים. במקום פרויקט ממשלתי ארוך ויקר, נבחרה חברה צעירה שהצליחה לפתח מערכת מבצעית בתוך חודשים ספורים.

בסופו של דבר Swift Boost היא הרבה יותר ממבצע להצלת טלסקופ ותיק. היא עשויה להיות ציון דרך משמעותי בהתפתחות תחום שירות הלוויינים במסלול (On-Orbit Servicing) ולהוכיח כי בעתיד ניתן יהיה לתחזק, לתקן ואף להאריך את חייהם של לוויינים מדעיים, מסחריים וביטחוניים, ובכך לחסוך משאבים רבים ולהגדיל את הגמישות המבצעית של מערכות חלל.



Artist's illustration of NASA’s Neil Gehrels Swift Observatory orbiting Earth. (Image credit: NASA’s Goddard Space Flight Center Conceptual Image Lab)



Engineers from Katalyst stabilize their LINK robotic servicing spacecraft as it moves into a vibration chamber at NASA's Goddard Space Flight Center on April 15, 2026. (Image credit: NASA/Scott Wiessinger)

חלל

56. מומלץ לעיון: מה מפרסמים עלינו בעולם

8 ביוני 2026

The new high ground: Israel's military future in space

ביטחון ישראל והחלל - כפי שזה משתקף במלחמה האחרונה.

חלל

תקשוב ובינה מלאכותית

57. "רודפים אחרי ברקים"

טור דעה מאת אמתי פרץ*

אקספוזיציה

ב- 3 ביוני התפרסם מחקר שכותרתו Chasing Lightning: Detecting, Characterizing, and Identifying a Powerful Space-Based GNSS Interference Source. המחקר הובל על ידי פרופ' טוד המפריס וד"ר זאכרי קלמנטס מאוניברסיטת טקסס. מחקר זה חושף תופעה מדאיגה: סדרה מתמשכת של אותות מסתוריים המשבשים מקלטי GPS ברחבי אירופה, שמגיעים עד לגרינלנד וקנדה. האותות הללו נקלטים באופן עקבי משנת 2019 ועד היום, ומקורם נותר תעלומה במשך זמן רב.

בנקודה זו חשוב לעצור לרגע כדי לדבר על GNSS ו- GPS בפרט. המטרייה של Global Navigation Satellite Systems כוללת מספר קונסטלציות מרכזיות: Glonass הרוסית, Galileo האירופאית, Beidu הסינית, NavIC ההודית וכמובן Global Positioning System האמריקנית. כל מערכת עובדת במערך תדרים ופורטוקול תקשורת ייחודי, אך כולן "מצטופפות" בתוך 500 מה"צ בספקטרום בתחום L. לפני התחלת המלחמה באוקראינה, ולאחר מכן בישראל, השיח על שיבושי GNSS כמעט ולא היה בנמצא במעגלים האזרחיים. לאחר התחלת המלחמות הללו הנושא טיפס בצורה מטאורית לשיח היומיומי כי כולם הבינו שמערכות GNSS הן לא פתרון קסם, ולא ניתן עוד לקחת אותן כמובן מאליו.

לוויני GNSS חגים סביב כדור הארץ במסלולי MEO. המרחקים האלו מנחיתים את האות המגיע למקלט שנמצא באחד היישומים בצורה מאוד משמעותית. כלומר לא צריך להשקיע הרבה מאמץ בכדי לשבש אותות אלו ולשבור את הנעילה של המקלט ובכך לגרום למכשיר לאבד את חישוב המיקום שלו. הפרעות בקליטת אותות GNSS יכולות להגיע ממגוון מקורות: שיבושים והטעיות מעשה ידי אדם, בין אם במכוון או לא, בנוסף לחסימות אורבניות ותופעות מזג אוויר קיצוני.

היכולת שלנו לדעת את מיקומנו המדויק בכל רגע נתון היא קריטית, והשפעתה חורגת בהרבה מעבר לשימוש שלנו בווייז; היא מהווה תשתית קריטית לפעילותם של מטוסים, ספינות, ציוד מכני כבד ורשתות תקשורת וסלולר.

המתודולוגיה

בשלב הראשון החוקרים רתמו את רשת תחנות הייחוס הבינלאומית (IGS) – רשת גלובלית של מקלטי GNSS אזרחיים המפוזרים על פני כדור הארץ ומקליטים נתונים באופן רציף בקצב של פעם בשנייה. מאחר שהאות המשבש נמשך שניות בודדות בלבד, החוקרים פיתחו אלגוריתם ייעודי לזיהוי שינויים מהירים וזמניים. האלגוריתם סרק את הקבצים שתחנות אלו מפיקות וחיפש ירידות פתאומיות וסימולטניות במדד יחס אות-לרעש (SNR) בתדר 1L. כדי לנקות רעשים מקומיים, החוקרים שילבו ומצעו את הנתונים מכל הלווייניים לכדי מדד אחיד, מה שאיפשר להם לזהות בבירור "פולסים" של שיבוש שנמשכו בין 3 ל-10 שניות, ולשרטט מפת חום ראשונית של אזורי הפגיעה הגיאוגרפיים.

השלב השני הוקדש לאפיון פיזיקלי וספקטרלי של האות ושלילת תופעות טבע. לצורך כך, הם אספו דגימות רחבות פס גולמיות (Broadband IQ samples) מתחנות מחקר עצמאיות בהולנד ובפולין. באמצעות ניתוח ספקטרלי, הם גילו כי המשבש אינו פועל על תדר GPS 1L הבסיסי באופן ישיר, אלא פולט שני תתי-תדרים צרים ספציפיים (1577.5 MHz ו-1558.5 MHz). עוצמת השידור הגבוהה של תדרים אלו יצרה עומס (Intermodulation) בתוך חומרת המקלט האזרחי, מה שגרם לחסימת האותות של רשתות הניווט השונות – GPS האמריקני, גלילאו האירופי ובייידו הסיני. בשלב זה גם הוצלבו הנתונים מול ארכיון נאס"א כדי לשלול באופן סופי הפרעות שמקורן בסערות שמש או במזג אוויר חללי קיצוני.

השלב השלישי והמכריע היה שלב האיכון והזיהוי של המקור. כדי להוכיח שהמקור נמצא בחלל ולא על הקרקע, יישמו החוקרים שילוב של שתי טכניקות גיאומטריות מתקדמות:

- **מסכת הגבהה** (Elevation Mask): החוקרים ניתחו אילו תחנות קרקעיות חוו את השיבוש החזק ביותר ואילו לא חוו אותו כלל. המעבר החד בין תחנה מושבתת לתחנה נקייה יצר קו אופק גיאומטרי, שהוכיח כי הגורם המשבש חייב להימצא בגובה עצום מעל פני הקרקע (בתוך "קו הראייה" של התחנות הפגועות).
- **הפרש זמני הגעה** (TDOA): מאחר שהמשבש פלט אותות שנקלטו בו-זמנית במספר תחנות אירופיות מרוחקות, החוקרים מדדו את הפרשי הזמנים המזעריים (ברמת חלקיקי השנייה) שבהם הגיע האות המשבש לכל תחנה. חישוב ההפרשים הללו מאפשר לצייר משטח היפרבולי במרחב שנחתך עם מסלול של לוויין אחד ספציפי ברגע הקליטה, Cosmos 2546.

משמעויות

הלוויין Cosmos 2546 הוא חלק ממערכת EKS הרוסית לגילוי מוקדם של טילים בליסטים. כל ההפרעות שנקלטו מלווייני EKS היו בשעות עבודה המקובלות והתדר שנקלט היה בהסטה קלה מתדר L1 . כל העובדות האלו חיזקו את ההשערה שמדובר בהפעלה מכוונת של הלוויין. בעקבות כל המידע שהוצג במחקר ניתן להסיק שקיימים שני תרחישים.

- הראשון הוא מצב בו קיימת למערכת הלוויינים יכולת של תקשורת בתדרים קרובים לתדרי GPS ובכך הם שומרים לעצמם את היכולת לתקשר בכל עת, בגלל ששיבוש התקשורת שלהם יגרום לשיבוש GPS לכן ירתיע אויבים מפני הפעלת שיבושים.
- השני, המטריד בהרבה: בעזרת כמה לוויינים בודדים הרוסים יכולים להחשיך את מערכת GPS ובסבירות גבוהה גם את שאר מערכות GNSS על פני תא שטח עצום ללא סיכון משמעותי מהצד שלהם וללא עלות מתמשכת.

המסקנה המהדהדת שעולה ממחקר זה היא שהפיתוח וההטמעה של מערכות ניווט אלטרנטיביות ועצמאיות הם כבר אינם מותרות, אלא צורך דחוף וחיוני מאי פעם. ארכיטקטורת PNT מודרנית חייבת להתבסס על מערכות מרובות שכבות (Multi-layered); שילוב של טכנולוגיות פנימיות חסינות כמו ניווט אינרציאלי (INS) או חיישנים קוונטיים מבוססי יהלומי NV, לצד מערכות גיבוי חיצוניות מבוססות קרקע דוגמת eLoran ו-R-mode, מספקים את המענה הטכנולוגי ההכרחי כדי לעקוף את התלות המוחלטת במערכות ה-GNSS הפגיעות.

*אמתי פרץ:

Amittai Peretz
RF analyst
M +972-58-4927227 | T +972-3-7960600
ImageSat International (ISI) Ltd.
www.imagesatintl.com

[תקשוב ובינה מלאכותית]

58. תוכנת אוטונומיה שיתופית בין פלטפורמות ימיות ואוויריות

24 באפריל 2026

[One Operator, Multiple Platforms: US Firms Create Unified Control for Air, Sea Systems]

אוטונומיה שיתופית היא יכולת המאפשרת למפעיל אחד לבצע אינטגרציה ולשלוט בפלטפורמות מרובות. החברות האמריקניות Leidos ו-Havoc מקדמות פעילות זו על ידי פיתוח יכולת המאפשרת למפעיל יחיד לתאם ולשלוט בפלטפורמות מרובות בסביבות מאתגרות.

לצורך כך, רכיבים של תוכנת האוטונומיה השיתופית של Havoc ישולבו בארכיטקטורת כלי השיט האוטונומיים של Leidos. העבודה הראשונית תתמקד בכלי השיט הבלתי מאויש Sea Archer.

השילוב נועד לבנות ארכיטקטורה שבה מערכות אוויריות וכלי שיט (על מיימים ותת מימיים) יוכלו לחוש, להחליט ולפעול כצוות מאוחד גם כאשר התקשורת פגומה או חסומה.

שתי החברות מתכננות להדגים את היכולת במהלך ניסוי ולידציה מבצעי משותף בהמשך השנה.
Sea Archer יכולה להגיע למהירויות של 40 קשר (74 קמ"ש), לפעול מעל 1,500 מיילים ימיים (1,725 ק"מ), ולשאת יותר מ-900 ק"ג של מטען. המבנה המודולרי שלה תומך במשימות החל מתקיפה ומודיעין, מעקב וסיור ועד אספקה לוגיסטית והטעיה אלקטרומגנטית.
תוכנת האוטונומיה השיתופית של Havoc מחברת כלי שיט, חיישנים ומפעילים לרשת אדפטיבית מאוחדת, המאפשרת לתאם מערכות בלתי מאוישות מגוונות מממשק יחיד.
האינטגרציה צפויה להרחיב את הטווח התפעולי, לשפר את התיאום בין פלטפורמות ולהפחית את עומס העבודה של המפעילים בסביבות מורכבות.



כלי השיט הבלתי מאויש Sea Archer. מקור: Leidos

[תקשוב ובינה מלאכותית]

59. צבא ארה"ב: כלי בינה מלאכותית עבור לוחמה קוגניטיבית

12 במאי 2026

[Peraton Launches AI Tool for Cognitive Warfare]
כלי בינה מלאכותית Peraton IRIS לניטור סביבת המידע ומבצעי השפעה צבאיים, כמעט בזמן אמת, פותח ע"י חברת Peraton עבור הצבא האמריקני. הכלי אוסף ומנתח מידע מרשתות חברתיות, תקשורת מסורתית, פעילות סייבר ומקורות דיגיטליים נוספים, במטרה לבדוק מגמות שינוי בשדה הקרב של המידע. הכלי משלב חמישה מודלי שפה גדולים (LLM), נתוני המשימה והתהליך המבצעי. הוא מאפשר חיפוש סמנטי, ניתוח נרטיבים, ותכנון מבצעים פסיכולוגיים. הכלי תומך בכל רמות הפעולה מהרמה האסטרטגית, דרך האופרטיבית ועד הטקטית, כולל מבצעי השפעה על תהליכי קבלת החלטות של היריב. הכלי כבר הוטמע ונמצא בשימוש מבצעי.
במקום תהליך מייגע של איסוף וניתוח נתונים ממקורות שונים, המערכת מאפשרת למשתמש לבקש מידע מורכב, רב שכבתי, בשפה טבעית ממערכי מידע עצומים, ולקבל בתוך שניות תשובות מפורטות ומגובות במקורות. החברה טוענת שהכלי פותח במענה למבצעי השפעה מתוחכמים ההולכים ורבים מצד גורמים מדינתיים ואחרים. בעיניהם סביבת המידע אינה זירה משנית אלא ראשונית, ולכן מהירות ובהירות של הבנה מאפשרים יתרון משמעותי בלוחמה הקוגניטיבית.
ההכרזה משקפת עניין צבאי מוגבר בשימוש במודלי שפה גדולים, בדומה גם ל-Sakana AI היפנית המנטרת מגמות ברשתות חברתיות.
[סרטון של החברה]

[תקשוב ובינה מלאכותית]

60. צבא ארה"ב בוחן רחפן ל"א אוטונומי

13 במאי 2026

U.S. Army evaluates autonomous EW drone that hunts jammers

חברת CX2 פיתחה את Wraith — רחפן לוחמה אלקטרונית אוטונומי המסוגל לאתר, לאפיין ולאמת איומי קורנים RF בסביבה חסומת GPS. המערכת נבחנה מבצעית על ידי צבא ארה"ב במהלך תרגיל Ivy Mass במסגרת יוזמת Next Generation Command and Control.

חדשנות טכנולוגית:

- ניווט בסביבה חסומת GPS
- היתוך מידע אווירי EW + ISR
- איתור וסיווג אוטונומי של איומי קורנים RF
- אישור אופטי
- עיבוד מידע בסביבה עם הפרעות EM

יתרון מבצעי מרכזי: במקום להפעיל נכסי ISR נפרדים, מערכות EW נפרדות, ואנליסטים חיצוניים, ה-Wraith מספק גילוי ואיתור בגיחה אוטונומית אחת.

יכולות מבצעיות:

- גילוי ואיתור קורנים RF (מערכות מכ"ם וחוסמי ל"א)
- פעולה תחת חסימות GPS
- יצירת מודיעין מבצעי בזמן אמת
- תמיכה חופש תמרון לכוחות קרקעיים

סטטוס והמשך:

הערכה מבצעית ב-Fort Carson הושלמה, מספר משימות אוטונומיות בוצעו בהצלחה, המערכת צוברת הוכחה מבצעית ראשוני מול צבא ארה"ב.

ה-Wraith של CX2 מייצג דור חדש של מערכות ל"א אוטונומיות הפועלות בסביבות חסומות GPS. מבחינה טכנולוגית מדובר בשילוב מתקדם של autonomy, RF intelligence, sensor fusion ו-, ומבחינה מסחרית — בפתרון בעל פוטנציאל משמעותי לשוק הל"א הטקטי המתפתח, במיוחד לנוכח העלייה בחשיבות הלחימה בספקטרום האלקטרומגנטי.



Source: Courtesy photo

תקשוב ובינה מלאכותית

61. מחשב-על של NextSilicon הצליח במבחני קבלה במעבדה הלאומית 'סאנדיה'

20 במאי 2026

NextSilicon's Spectra supercomputer achieves full acceptance at US' Sandia National Laboratories

חברת הסטארט-אפ הישראלית NextSilicon רשמה הישג משמעותי כאשר מחשב-העל שלה Spectra עבר בהצלחה את מבחני הקבלה של תוכנית Vanguard במעבדות הלאומיות Sandia בארצות הברית. מדובר בתוכנית יוקרתית של הממשל האמריקני, הבוחנת טכנולוגיות מיחשוב ניסיוניות מול עומסי עבודה אמיתיים בתחום הביטחון הלאומי והמחקר המדעי.

Spectra מבוסס על שבבי Maverick-2 שפיתחה החברה. המערכת הצליחה להריץ סימולציות מורכבות הקשורות למחקר גרעיני ולפיזיקה מולקולרית, תוך שמירה על יציבות וביצועים גבוהים. ההצלחה הופכת את הטכנולוגיה למועמדת רצינית לפרויקטי מיחשוב-על עתידיים של ממשלת ארצות הברית.

החברה טוענת כי שבבי Maverick-2 מציעים יתרון משמעותי ביעילות אנרגטית: יותר מפי ארבעה ביצועים לכל ואט לעומת GPUs רגילים, ופי עשרים לעומת CPUs מתקדמים. בנוסף, המערכת מצמצמת משמעותית את עלויות התפעול והחשמל של מרכזי הנתונים.

המערכת פותחה בשיתוף פעולה בין Sandia, NextSilicon וחברת Penguin Solutions. היא כוללת 64 יחידות חישוב ו-128 מאיצי Maverick-2. בניגוד למעבדי GPU מסורתיים, הארכיטקטורה של NextSilicon מתאימה את משאבי החומרה בזמן אמת לכל יישום, מה שמאפשר שילוב של ביצועים גבוהים וצריכת אנרגיה נמוכה יותר. הצלחת Spectra מזכירה את פרויקט Astra משנת 2018, שהוכיח כי מעבדי Arm יכולים לשמש בסיס למחשבי-על מודרניים. כעת מקווים ב- NextSilicon לחולל מהפכה דומה בתחום המאיצים החישוביים.

לאחר שכבר נפרסו עשרות מערכות Maverick-2 ברחבי העולם, ההצלחה במבחני Sandia עשויה לפתוח בפני החברה דלת להשתלבות עמוקה יותר בתשתיות מיחשוב מתקדמות של ממשלת ארצות הברית ושל גופי מחקר וביטחון נוספים.

תקשוב ובינה מלאכותית

62. מערכת ל"א פסיבית חדשה מגלה איומים שונים בלי להתגלות

20 במאי 2026

New electronic warfare system can locate enemy drones, radars without sending signals

חברת לאונרדו (Leonardo) הציגה את "Guardian Vantage", מערכת חדשה ללוחמה אלקטרונית ומודיעין אותות, במהלך אירוע הביטחון AOC Europe שנערך בפינלנד. המערכת פועלת באופן פסיבי ואינה משדרת אותות משל עצמה, דבר המאפשר לכוחות לזהות פליטות אלקטרוניות עוינות שמקורן בלוחמה אלקטרונית, מכ"מים, כטב"מים ורשתות קשר צבאיות, תוך הפחתת הסיכון לחשיפת מיקומם של הכוחות הידידותיים.

המערכת מנטרת את הספקטרום האלקטרומגנטי, משווה אותות מזוהים לספריית איומים כדי לקבוע את רמת האיום, ומציגה תמונת מצב של עמדות ויכולות האויב בזמן אמת, תוך תיעדוף אוטומטי של איומים משמעותיים. בנוסף, המערכת כוללת כלים מונעי בינה מלאכותית המסוגלים לתמלל תקשורת שיורטה ולתרגם משפות זרות לשפת המפעיל. המערכת תוכננה עם ארכיטקטורה פתוחה המאפשרת שינויים ושדרוגים, והיא ניתנת להפעלה ממגוון פלטפורמות, כולל כלי רכב קרקעיים, כלי שיט, ומתקנים נייחים.

מבחינת ייצוא, המערכת אינה כפופה להגבלות ITAR, שכן היא פותחה באמצעות רכיבים ותוכנות של החברות הבריטיות CommsAudit, Esroe ו-Mercury, דבר העשוי להקל על מכירות בינלאומיות. המערכת נשענת על ניסיון של למעלה מ-60 שנה של חברת לאונרדו בתחום הלוחמה האלקטרונית ונועדה לספק יתרון מבצעי בסביבות אלקטרומגנטיות מאתגרות.

תקשוב ובינה מלאכותית

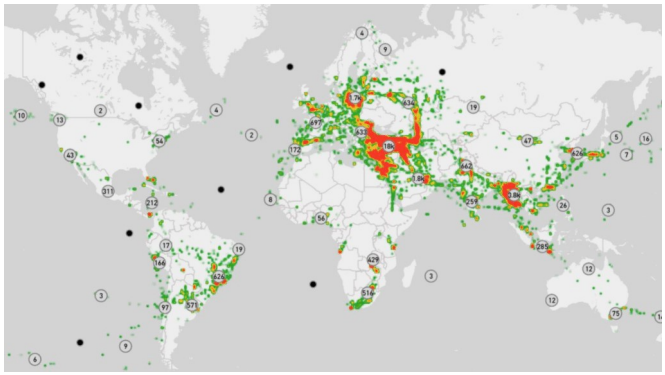
63. ניווט אינרציאלי מבוסס FOG כפתרון לשיבושי ניווט לווייני

26 במאי 2026

Beyond satellites: Why FOG inertial navigation is the new imperative for land warfare

להלן מאמר פרסומי של החברה הצרפתית exail.

ניווט לוויני (GNSS) מדויק ומתקדם, אבל הולך ונעשה מאתגר באזורים רבים עקב לוחמה אלקטרונית. זו הולכת ונעשית זמינה גם לארגונים לא מדינתיים, בשל מחיר נמוך ובשל האצת הפיתוח של מערכות לחימה ומערכות מנגד בעזרת בינה מלאכותית. במפה המוצגת של איגוד התעופה הבינלאומי (IATA) ניתן לראות השוואת שיבושי GPS בין 2022 ל-2026 שמצביעה על חומרת הבעיה.



הסלמה בכמות אירועי שיבוש (חסימה ו/או הטעיה) של מערכות ניווט לווייניות בין 2022 ומחצית הראשונה של 2025 מגדילה את הצורך בניווט אוטונומי (מקור IATA)

זו אינה רק בעיית שיבוש של מקלטי GNSS. לחלק מהשחקנים בזירה יש יכולת פגיעה ושיבוש של מערך הלוויינים עצמו. ארה"ב פועלת לשיפורים כמו M-code, לוויינים מדור חדש, ומקלטים מתוחכמים אבל כל אלו אינם פותרים את פגיעות הלוויינים עצמם.

מאידך גיסא, הצורך בניווט מדויק וקביעת מיקום ותזמון חיוניים בשדה הקרב המודרני יותר מתמיד. לכן לטענת החברה יש לחזור לפתרונות גיבוי אינרציאליים כמו מערכת הג'ירוסקופ מבוסס סיב אופטי (FOG). פתרונות אינרציאליים (INS) אינם חשופים לשיבוש של מערכות ניווט לווייניות. ל-FOG מספר יתרונות: יציבות ארוכה המאפשרת שגיאה מצטברת נמוכה בתנאי מניעת GNSS, מהירות מציאת צפון גבוהה ללא תנועה חיצונית או מקור ייחוס, אמינות ורובוסטיות גבוהים ללא חלקים נעים.

הערת המתרגם:

כל צבא נורמלי יודע שנדרשים לכל פלטפורמה מערכות ניווט אינרציאליות כגיבוי למערכות ניווט לווייניות שזמינותן מוגבלת. הכיוון המעניין יותר היום הוא ג'ירוסקופים קוונטיים עם סחיפה נמוכה בסדרי גודל. אלו באמת יכולים להביא למהפכה בה ניתן יהיה להשתמש בניווט אינרציאלי למשך זמנים ארוכים הרבה יותר בתנאי מניעת GNSS. בנוסף הופיעו לאחרונה פתרונות שגם הם קשורים לחישה קוונטית, כמו ניווט מגנטי מדויק על סמך מיפוי מדויק של השדה המגנטי של כדה"א. בנוסף נולדו פתרונות ניווט על בסיס מערך לווייני LEO כמו starlink. לכל אלו התייחסנו בגליונות קודמים.

תקשוב ובינה מלאכותית

טכנולוגיות

64. תאורה ללא חשמל – בעזרת אצות זוהרות

6 במאי 2026

Light without electricity? Glowing algae could make it possible

מחקר חדש מאוניברסיטת קולורדו, שפורסם בכתב העת Science Advances, מציג טכנולוגיה המאפשרת שליטה והארכה של פליטת אור ביולוגית (ביולומינסנציה) באצות מהמין Pyrocystis lunula. אצות פוטוסינתטיות אלו, הניזונות ממי ים, אור שמש ופחמן דו-חמצני (CO_2), פולטות בטבע הבזקי אור כחול הנמשכים מילישניות בלבד בתגובה לגירוי מכני. החוקרים הצליחו להאריך את משך פליטת האור לעד 25 דקות רצופות על ידי חשיפת האצות לסביבה חומצית בדרגת pH4, בעוד חשיפה לסביבה בסיסית בדרגת pH10 הניבה אור מפוזר שנמשך זמן קצר יותר. לצורך יישום טכנולוגי, האצות הוטמעו בתוך הידרוג'ל ממקור טבעי שעבר הדפסת תלת-ממדית ליצירת מבנים שנותרו חיים ושמרו על 75% מבהירותם גם לאחר ארבעה שבועות.

המחקר מפרט שורה של יישומים פוטנציאליים. ראשית, הטכנולוגיה יכולה לשמש לתאורה עבור רובוטים אוטונומיים הפועלים בסביבות חשוכות, כגון במעמקי הים או בחלל החיצון, ללא צורך בסוללות או בחשמל.

שנית, החוקרים בוחנים את השימוש באצות כחיישנים חיים לניטור איכות מים; במידה והאצות יגיבו לתרכובות כימיות נוספות, הן יוכלו לשמש ככלי זיהוי המאיר בנוכחות רעלנים במים.

שלישית, יישום סביבתי של תאורה חוסכת פחמן; מכיוון שהאצות מבצעות פוטוסינתזה, הן מקבעות פחמן והופכות אותו לאנרגיה, ובכך מאפשרות "אחסון פחמן" תוך כדי ייצור אור, בניגוד לתאורה קונבנציונלית הפולטת פחמן.

לבסוף, הטכנולוגיה עשויה לשמש ליצירת חומרים ומכשירים פולטי אור בעיצובים ויזואליים שונים, כולל שימוש עתידי בתרבות הפנאי (במקום מקלות תאורה המכילים כימיקלים רעילים).

מאמר מדעי

טכנולוגיות

65. התקן לביש לחישת מדדים פיזיולוגיים בסביבות שבהן מערכות ניטור מסורתיות נכשלות

14 במאי 2026

New Wearable Tracks Troops' Vital Signs in Combat and Aviation



Tiger Tech's armband being tested in a helicopter. Source: Tiger Tech.

חברה קטנה במיאמי, Tiger Tech Solutions, פיתחה במשך למעלה מעשור טכנולוגיה ביומטרית לבישה המיועדת לסביבות שבהן מערכות ניטור רפואיות מסורתיות נכשלות. החברה מתמקדת במערכות ניטור פיזיולוגי מבוססות קצה (edge-based), המסוגלות לפעול ללא הסתמכות על מיחשוב ענן או תשתית חיצונית, מתוך הבנה שתנאי לחימה וסביבות עם תקשורת חסומה הופכים קישוריות ענן ללא אמינה ופגיעה.

ליבת הפלטפורמה היא חיישן המורכב על הזרוע (single-arm sensor), המסוגל לאסוף נתוני אק"ג, מדידות של מערכת העצבים האוטונומית ומדדים פיזיולוגיים נוספים, ללא צורך במדבקות חזה (chest leads) הנהוגות במערכות אק"ג בבתי חולים. מדובר ב-single limb electrocardiogram הראשון בעולם. ההרכבה על הזרוע נבחרה כהחלטה פרקטית עבור אנשי צבא הנושאים מכשירי קשר, GPS, מד-גובה, כפפות ואפודי מגן המכסים את רוב הגוף.

המכשירים מיועדים לסביבות צבאיות, תעופתיות ומבצעיות קשות שבהן מדבקות, סנכרון ענן או פעילות אקטיבית של המשתמש נכשלים בשל זיעה, לכלוך, שריון גוף ומשימות ממושכות. כל עיבוד הנתונים מתבצע ישירות על המכשיר (edge computing).

החברה זכתה לתשומת לב לאומית במהלך מגפת הקורונה, לאחר שקיבלה אישור לשימוש חירום מ-FDA עבור פלטפורמת AI לא פולשנית שזיהתה סמנים ביולוגיים הקשורים ל-COVID-19 דרך מדידות מערכת העצבים האוטונומית. לפי ראשי החברה, היא הייתה היחידה בעולם שהציגה פתרון מבצעי בתחום זה במהלך המגפה.

בנוסף, החברה פרסמה מחקרים בתחומים הבאים:

- עקה תרמית (heat stress)
- עומס קוגניטיבי (cognitive load)
- סמנים ביולוגיים לסרטן (cancer biomarkers)
- חשיפה ללחץ יתר מפיצוצים (blast overpressure) – דאגה גוברת בקרב אנשי ארטילריה, צלפים, כוחות מיוחדים ופורצי מכשולים החשופים לכוחות הדף חוזרים גם ללא פגיעה מוחית טראומטית מאובחנת.

מנכ"ל החברה, שהוא יוצא צבא בעל רקע בכוחות מיוחדים, הסביר כי המערכת שפותחה מאפשרת לחוקרים לכמת שינויים פיזיולוגיים שלפני כן היו בגדר תלונות אנקדוטליות. החברה עובדת גם עם קהילות צניחה צבאית כדי לחקור את ההשפעות הפיזיולוגיות המצטברות של הלם פתיחת המצנח (parachute opening shock). נתוני החברה סייעו להרחיב את הדיון מעבר לפציעות נחיתה והתמקדו בעומס הכרוני שנגרם לגוף כתוצאה מצניחות חוזרות, מה שמאפשר לכמת את השפעת העומס ולבחון דרכים להפחתתו.

[טכנולוגיות]

66. אנטנות מבוססות מטא-חומרים להרחבת טווח RF

20 במאי 2026

[US Firm Builds Metamaterial-Based Antennas for Extended RF Range]

חברת Notch Technologies בארה"ב משיקה קו חדש של אנטנות מוגדרות תוכנה המשתמשות במבני מטא-חומרים כדי לכוונן באופן דינמי אותות תדר רדיו (RF) עבור כטב"מים, מערכות קרקעיות ותקשורת לפלטפורמות שטח אחרות. מטא-חומרים הם חומרים הניתנים ל"הגדרה מחדש" אלקטרונית המאפשרים לאנטנות לשלוט, לנווט ולעצב במדויק אותות רדיו ללא חלקים נעים, ובכך לשפר את אמינות התקשורת בסביבות מורכבות או מאתגרות.

האנטנה המובילה בסדרה היא MAGIC WIZARD, ששוקלת כ-700 גרם ומיועדת לשימוש בתחנות קרקעיות, כלי רכב ומתקנים קבועים. פועלת בטווח תדרים של 1,500 עד 2,700 מגה-הרץ, מספקת עד 8.7 דציבלים של הגבר אות, ויכולה לכוון את הקרן שלה לכל כיוון.

המערכת אלקטרונית לחלוטין, צורכת פחות מ-600 מיליוואט של הספק ותומכת באפשרויות קלט מרובות, כולל מיקרו-USB וטווח הספק של 5 עד 40 וולט.

MAGIC ELF, גרסה קטנה יותר, שוקלת רק 250 גרם ובנויה עבור פלטפורמות עם דרישות גודל, משקל והספק מחמירות. היא מספקת עד 5 דציבלים של הגבר ויכולה להחליף הגדרות סיגנל בכ-16 מילישניות. רוב המערכות בשדה הקרב עדיין מסתמכות על אנטנות רב-כיווניות מכיוון שהן פשוטות, מוכחות וקלות לשילוב. אך הן משדרות אנרגיית RF לכל הכיוונים בו זמנית. בסביבות מורכבות או צפופות, זה הופך למגבלה, כאשר חלק ניכר מאנרגיית האות אינו בשימוש בעוד שיצירת הלינקים עדיין תלויים בהספק מספיק המגיע למקלט.
הקו החדש של Notch Technologies מטפל בכך עם שדרוג אנטנה עצמאית (Plug-and-Play) שנועד לעבוד עם מכשירי רדיו קיימים וממשקי RF סטנדרטיים, הדורש שילוב מערכת מינימלי.



אנטנות מטא-חומרים ליצירת תקשורת ישירה בין עמדות/פלטפורמות. מקור: Notch Technologies

טכנולוגיות

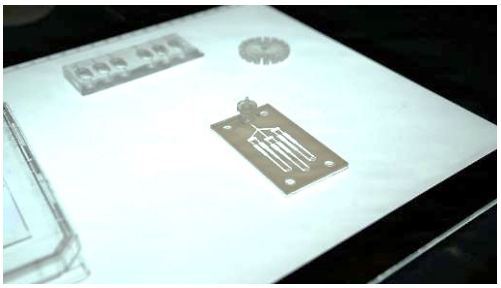
67. צבא ארה"ב: התקן חדשני לזיהוי חלבונים ייחודיים ליישומים צבאיים

18 במאי 2026

Army invention identifies bio-materials for future military technology

חוקרים במעבדת המחקר של צבא ארצות הברית ARL פיתחו כלי פורץ דרך בשם "Kappa(κ)Chip", התקן מיקרופלואידי המיועד לזיהוי מהיר של חלבונים חדשים בעלי תכונות קישור (binding) רצויות. הטכנולוגיה פותחה כדי להתגבר על מגבלות הכלים הקיימים, שהם איטיים ומסורבלים, ולסייע בפיתוח יישומים צבאיים כגון תיקון חומרים וחומרים מרוכבים אנרגטיים. ההתקן מאפשר לבצע סריקה של מיליארדי חלבונים מועמדים במהירות הגבוהה פי 24 ובעלות נמוכה פי 200 בהשוואה לשיטות הקיימות, כך שניתן להשלים נפח עבודה של חודש ביום אחד בלבד. המערכת כוללת כלי ניתוח מבוסס בינה מלאכותית לעיבוד נתוני תמונה מורכבים המתקבלים מההתקן, ומאפשרת בחינה ישירה של הדבקות חלבונים על משטחי מתכת של כלי שיט או מטוסים.
ההתקן נמצא כעת בתהליך בחינה במשרד הפטנטים של ארה"ב, והמעבדה פועלת לשיתופי פעולה עם התעשייה לצורך רישוי ויישום הטכנולוגיה.
הכלי משתמש בבינה מלאכותית כדי לעבד את הנפח הגדול של נתוני תמונה מורכבים המופקים על ידי ההתקן. זאת כחלק מהמערכת שנועדה לצמצם דרמטית את הזמן והעלות המושקעים באיתור פולימרים מורכבים וחומרים מקשרים (binders) הנחוצים למשימות האסטרטגיות של הצבא.

פיתוח הכלי כלל שיתוף פעולה אקדמי שנמשך שלוש שנים עם סטודנטים מאוניברסיטת מרילנד במסגרת תוכנית התמחות של National Security Scholars.
פרטים נוספים במאמר המדעי.



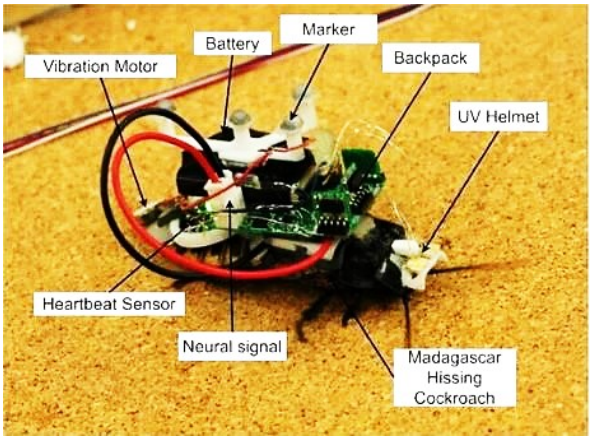
The kappa(k)Chip, invented by ARL researchers, identifies proteins for Army adhesive applications significantly faster than existing methods, reducing a month's work into a single day. (Photo Credit: Steven Park)

טכנולוגיות

68. הכוונת "חרקי סייבורג" ע"י חיישנים ייחודיים ובינה מלאכותית

28 במאי 2026

AI listens to insect body signals to guide cyborg cockroaches



Fully integrated BCI system mounted on a Madagascar hissing cockroach. Credit: ROBOMECH Journal (2026)

חוקרים יפנים מאוניברסיטת אוסקה בשיתוף חוקרים מאוניברסיטת דיפונגורו (Diponegoro University), פיתחו קונספט חדש בשם "מעגל סינרגיית חרקים" (Insect Synergy Circuit - ISC) עבור מערכות ביו-היברידיות, כלומר "חרקי סייבורג". המחקר מציע מעבר משליטה חיצונית מבוססת התנהגות גלויה של החרק (כמו הליכה או עצירה) לשליטה דו-כיוונית המשלבת בינה מלאכותית עם אותות ביולוגיים פנימיים.
הצוות פיתח "תרמיל גב" (backpack) לביש עבור חרקים ספציפיים ("תיקני מדגסקר", המסוגל למדוד בו-זמנית:

- פעילות פעימות לב (heartbeat activity).
- מאפייני אותות עצביים בתדר נמוך (low-frequency neural signal features).
- נתוני תנועת גוף (body motion data).

ה"תרמיל" כולל התקני גירוי (low-burden stimulation devices): אור על-סגול המשמש להכוונת פניות, וגירוי רטט (vibration) המשמש להנעה קדימה.

ניתוח וסיווג מבוסס AI:

החוקרים אספו נתונים תחת חמישה תנאים סביבתיים: מצב בסיס טבעי, אור על-סגול, חשיפה כימית, חום ומזון. הנתונים שימשו לאימון מודלים של למידת מכונה לסיווג המצב הפנימי של החרק. המודל הטוב ביותר שהופעל היה מסוג *Random Forest classifier*, אשר סיווג את חמשת התנאים הסביבתיים בדיוק כולל של 93%. המודל הציג דיוק גבוה במיוחד בזיהוי מצבי בסיס ומזון, בעוד שנצפתה חפיפה מסוימת בתנאי חשיפה לאור על-סגול, כימיקלים וחום, שכן תנאים אלו מייצרים תגובות (avoidance-related responses) דומות.

אסטרטגיית שליטה בזמן אמת:

המערכת משתמשת באסטרטגיית בקרה בחוג סגור (closed-loop control):

- כאשר ה-AI מזהה שהחרק נמצא במצב רגוע או "אטרקטיבי" (כגון בקרבת מזון), מופעל גירוי כדי להכווין את תנועתו.
- כאשר ה-AI מזהה שהחרק נמצא במצב של הימנעות (תחת תנאי חום או כימיקלים), הגירוי מושבת כדי לאפשר לחרק להגיב על פי התנהגותו הטבעית.

בניסוי במבוך רב-תאי, התיקנים ה"סייבורגים" הצליחו לנווט בסביבה בהצלחה, בניגוד לתיקנים רגילים שנטו להישאר בתאי המזון ולא סיימו את המבוך.

יישומים עתידיים:

הטכנולוגיה מיועדת ליישומים כגון חיפוש והצלה באסונות, ניטור סביבתי וחישה בחללים מסוכנים או צפופים מדי עבור רובוטים קונבנציונליים. החוקרים מדגישים כי הקונספט מניח יסודות לשיתוף פעולה "חלק" יותר בין מערכות מלאכותיות לאורגניזמים חיים, ועשוי בעתיד להתרחב מעבר לחרקים לשימוש באורגניזמים או במערכות חיישנים אחרות.

סרטון משולב בכתבה המקורית.

מאמר מדעי

הערה: ראו סקירה נרחבת "חרקים רובוטיים ורובוטים חרקיים" שפרסמנו בלקט ספטמבר 2024

טכנולוגיות

69. קוריאה הדרומית: קידום רובוטיקה צבאית של הדור הבא, בעזרת "תאומים דיגיטליים" ו-AI

28 במאי 2026

South Korea backs autonomous military robots with digital twin battlefield simulator



A quadruped robot and a tank; Hyundai Rotem

קוריאה הדרומית בחרה בחברת הגיימינג והבינה המלאכותית NC AI ובמפעל הביטחוני "יונדאי רוטם" (Hyundai Rotem) לפיתוח טכנולוגיות רובוטיקה צבאית מהדור הבא, שמטרתן קידום לחימה אוטונומיות ושיתופי פעולה בין כוחות מאוישים לבלתי מאוישים. הפרויקט, בהזמנת הסוכנות לפיתוח ביטחוני של קוריאה הדרומית, מתמקד בבניית סימולטור משולב מבוסס בינה מלאכותית פיזיקלית ומערכת רובוטית מודולרית לשיפור היעילות המבצעית. במסגרת יוזמה זו, תוביל NC AI את פיתוח "מודל עולם" (world model), טכנולוגיית ליבה המאפשרת לרובוטים לדמות פיזיקה בעולם האמיתי, התנהגות שטח ושינויים סביבתיים לפני המרתם לנתוני אימון, במטרה לצמצם את הפער בין סימולציה למציאות (sim-to-real gap).
יונדאי רוטם מתכננת לשלב פיתוח סביבות וירטואליות תלת-ממדיות רחבות היקף וברמת דיוק גבוהה עם טכנולוגיות בינה מלאכותית גנרטיבית, ובנוסף תבנה "צנרת נתונים סינתטיים" (synthetic data pipeline) המסוגלת לייצר כמויות גדולות של נתוני אימון לתרחישי הגנה מורכבים.
בנפרד, יונדאי רוטם זכתה בשני פרויקטים נוספים, כאשר הדגש המרכזי מושם על יכולת התוכנה החדשה, שנועדה לתמוך בפעולות מתואמות המשלבות את הרכב הקרקעי הבלתי מאויש HR-Sherpa של יונדאי רוטם ומערכות רובוטיות מרובעות רגליים; המטרה היא לאפשר יצירת נחילים רובוטיים הניתנים להרחבה (scalable), ותפיסות עתידיות של צוותי אדם-מכונה בשדה הקרב.
כמו כן, הפרויקט השני מתמקד בפיתוח סימולטור "תאום דיגיטלי" (digital twin) שתוכנן במיוחד לבחינה והערכה של מערכות אוטונומיות בסביבות וירטואליות מציאותיות לפני פריסתן, מה שיאפשר אימות ביצועים תחת תנאי שדה שונים ללא מגבלות זמן או מרחב.
היוזמה כוללת גם פיתוח פלטפורמה רובוטית מודולרית המצוידת ביכולת תנועה מרובעת רגליים, גלגלים הניתנים להסרה ומערכות מטעד (payload) הניתנות להגדרה לפי משימה. פרויקטים אלו הותנעו על ידי משרד המסחר, התעשייה והאנרגיה והסוכנות לפיתוח ביטחוני של קוריאה הדרומית, כחלק ממאמץ לאומי לשילוב בינה מלאכותית פיזיקלית, מערכות "תאומים דיגיטליים" ורובוטיקה אוטונומית באסטרטגיות ההגנה העתידיות.

[טכנולוגיות]

70. שיטה אקוסטית חדשה לגילוי מנהרות

29 במאי 2026

[Underground acoustic signals reveal hidden tunnels]
חוקרים מהמעבדה הלאומית אוק רידג' (ORNL) של משרד האנרגיה האמריקני פיתחו שיטה חדשה לזיהוי מנהרות על ידי היפוך כיוון השידור של אותות אקוסטיים. שיטות קונבנציונליות – הכוללות סקרים סיסמיים, מכ"ם חודר קרקע (GPR) והתנגדות חשמלית – מסתמכות על שליחת אותות מפני השטח כלפי מטה, גישה המוגבלת לעיתים עקב סוג הקרקע או בסביבות מורכבות, שבהן אותות בתדר גבוה דועכים במהירות ואותות בתדר נמוך מחמיצים פרטים עדינים.
החוקרים הדגימו כי שידור קול כלפי מעלה מתוך קידוחים (boreholes) מאפשר זיהוי מדויק יותר ע"י לכידת פיזור אותות שהיה הולך לאיבוד בשיטה המסורתית.
במסגרת ניסוי שדה, הותקנה מנהרת פלדה באורך 12.2 מטרים בעומק של כ-3 מטרים מתחת לפני השטח. החוקרים הציבו מקור קול אקוסטי בתוך קידוחים אנכיים בעומק של עד כ-9.1 מטרים מתחת לקרקע, והשתמשו במערך של גיאופונים (חיישני רעידות רגישים) על פני השטח כדי להקליט ולמדוד את התפשטות גלי הקול לפני ואחרי התקנת המנהרה לצורך השוואה ישירה.
הניסוי העלה כי כאשר גלי הקול מבצעים דיפרקציה (עקיפה) סביב המנהרה, נוצר אות תת-הרמוני (subharmonic) בתדר נמוך, אשר מזוהה על ידי החיישנים על פני השטח באופן עקבי רק כאשר המנהרה קיימת והאות משודר מתחתיה. גישה זו, המבוססת על התאמת שיטת ה-vertical seismic profiling (פרופיל סייסמי אנכי) מתחום חיפושי נפט וגז, הוכחה כמאפשרת זיהוי של מבנים תת-קרקעיים המהווים סיכון ליציבות הקרקע ויצירת חללים נסתרים תחת כבישים, מסילות רכבת ותשתיות קריטיות.

מעבר לאישור קיום המנהרה, הטכניקה עשויה לספק רמזים לגבי עומקה, שכן האות התת-הרמוני הופיע רק כאשר מקור הקול הושם מתחת למנהרה. צוות המחקר מתכנן להמשיך ולבחון את יכולות השיטה בסוגי קרקע שונים, לעדן את טכניקות ניתוח האותות ולחקור כיצד תזמון האות ועוצמתו יכולים לאפשר דימות מפורט יותר.
מאמר מדעי

טכנולוגיות

71. גילוי וזיהוי חומרי נפץ הנישאים ע"י רחפנים

5 ביוני 2026

US Firm Tests Sensor That Identifies Explosive Payloads on Drones

חברת Base Molecular Resonance Technologies (BMRT) מקדמת שיטת זיהוי חדשה, המכונה Base Molecular Resonance (BMR), שנועדה לגלות ולנטר רחפנים הנושאים חומרי נפץ. המערכת פועלת על ידי עירור וזיהוי של "חתימות מולקולריות" (molecular signatures) ייחודיות של חומרים ותרכובות ספציפיות, ובכך היא מאפשרת לזהות חומרי נפץ הנישאים על גבי רחפנים.
בשונה משיטות קונבנציונליות המסתמכות על אותות חיצוניים (כמו מכ"ם) או על פליטות של הרחפן (כמו רעש אלקטרוני או חתימות תקשורת), הטכנולוגיה החדשה מתוכננת לזהות ממה המטעד (payload) עשוי בפועל. בניסוי שנערך לאחרונה, המערכת הדגימה יכולת לזהות חומר הודף (propellant) מבוסס ניטרוצלולוזה בתוך כדור 9 מ"מ יחיד שהורכב על רחפן רתום (tethered drone), כאשר הזיהוי נשמר באופן עקבי גם בזמן שהרחפן עלה לגובה של מעל 60 מטר.
הפיתוח מדגיש שינוי במיקוד ההגנתי – מזיהוי הכלי לזיהוי המטענים שהוא נושא, כגון רימונים, חומרי נפץ ותחמושת.
חשיבותו של שינוי זה גוברת ככל שרחפנים זולים הופכים לאיומים נפוצים יותר, וככל שהם מאמצים טכנולוגיות חסינות בפני ל"א, כגון שימוש בסיב אופטי, המצמצמים את יכולת השיבוש.
לדברי החברה, הטכנולוגיה נועדה להתמודד עם המגמה העולמית של איומים אוויריים קטנים, זולים ומתכלים המסוגלים לשאת מטענים קטלניים. המערכת מספקת שכבת זיהוי ממוקדת במאפייני המטען, המיועדת לסביבות שבהן שיטות עקיבה מסורתיות פחות אפקטיביות. החברה מתכננת סדרת הדגמות נוספות בשיתוף עם גורמי ביטחון כדי להמשיך ולאמת את יכולותיה כחלק מהמענה לאתגרי שדה הקרב המתפתח.

טכנולוגיות





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

