– בלמ"ס –



ינואר 2026

מו"פ ביטחוני בעולם





מפא"ת
הופכים חזון לביטחון

מו"פ ביטחוני בעולם

ראו רשימת הידיעות בעמוד הבא

גיליון ינואר 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

גיליון זה פותח את השנה ה-36 של הופעתו הסדירה של "מו"פ ביטחוני בעולם". הירחון מופץ ברציפות, מדי חודש בחודשו, ומשרת בנאמנות את כל גורמי קהילת המו"פ הביטחוני בארץ, על גווניה השונים, ואת מפקדי צה"ל.

בפרוס השנה האזרחית החדשה 2026 אנו נמצאים עדיין בסטטוס של מצב-חרום, אבל אנו עדים לשיפור ניכר המתרחש בכל החזיתות וכולנו מקווים לבשורות טובות אף יותר בקרוב.

לקראת השנה האזרחית החדשה אני מאחל לקהל הקוראים שימשיכו להיות סקרנים, להתעניין בהישגים של הטכנולוגיה הצבאית, לאמץ את החידושים וליישם אותם באמצעי לחימה חדשניים, הדרושים לחיזוק עוצמתו של צה"ל.

ברכה ותודה מיוחדת לצוות העושים במלאכה, במסירות ובנאמנות, מלקטים את המידע, מתרגמים ומעבדים אותו, ומסייעים ליצירת הביטאון המגיע אל קהל הקוראים בכל חודש.

העורך: יעקב צור.

בגיליון זה סקירה:

מטוסי קרב "שיתופיים" - CCA

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

תוכן העניינים

1. הנושאים שהופיעו בגיליון שלנו בינואר 1996, לפני 30 שנה! 4
2. סקירה: מטוסי קרב "שיתופיים" - CCA 5

כללי וארגון

3. מימון לחדשנות ומודל רכש חדש בבריטניה 11
4. תקציבי הביטחון במזה"ת 11
5. קוריאה הדרומית "חוגגת" בשוק הביטחוני 12
6. התרעה: דרושה "תגובת חירום" כדי למנוע השלכות חמורות של משבר האקלים 12
7. יוזמה של הנציבות האירופית לקידום טכנולוגיות ביטחוניות חדשניות 13
8. צונאמי של טכנולוגיות חדשות בשדה הקרב 14
9. פרק לוחמת היבשה, בתקציר של הסקירה הביטחונית האסטרטגית של בריטניה 2025 15

יבשה

10. משגר רקטות חדש מפיתוח צרפתי – יתחרה ב-HIMARS 17
11. רוסיה מצטיידת במשגרי רקטות חדשים 17
12. צבא בריטניה מכריז על מוכנות מבצעית של רק"ם AJAX 18
13. צבא הודו מצטייד ברכב זחלי פרקי מפיתוח סקנדינבי 18
14. שת"פ תעשייתי וטכנולוגי איטליה-גרמניה בתחום הרק"ם 19
15. כלי רובוטי נגד טנקים בניסויים בצבא ארה"ב 20
16. שיירת תובלה אוטונומית הודגמה בספרד 20
17. זיהוי מטרות בסיוע AI מיושם במערכת השו"ב החדשה בצבא ארה"ב 21
18. שת"פ הודו-צרפת יביא להודו נשק לייזר נגד כטב"מים 22
19. צבא שוויץ שואף להצטייד באמצעי הסוואה רב-ספקטרליים 23
20. צבא טורקיה הכניס לשימוש תום"ת ראשון מפיתוח וייצור מקומי 24
21. צבא ארה"ב מעוניין להצטייד בפגזי מצרר 155 מ"מ 25
22. הטנק החדש של גרמניה זה שלושה עשורים, Leopard 2A8 25
23. ארה"ב: ערכה לשיגור תחמושת משוטטת מטנק Abrams 26
24. מערכות רק"ם: יכולות ומגמות בהתפתחות הטכנולוגית 27
25. רכב רובוטי פותח במצרים 30
26. התכן של חיישן ביות לפגז Excalibur Hit-to-Kill תוקף בניסוי 31

אוויר והגנ"א

27. X-BAT - מקל"ט אוטונומי חדש 32
28. בקוריאה הדרומית הוצגו שלושה כטב"מים חדשים 32
29. איירבס הציגה מסל"ט מטען חדש 33
30. ספינת אוויר למשימות ביטחוניות 33
31. המקל"ט YFQ-44A Fury ביצע טיסת בכורה 34
32. טיסת בכורה של מסל"ט סיני בתצורת רוטור־טנדם 35
33. הצעה לשדרג את תותח המסילה האלקטרומגנטי למטרת הגנ"א 35
34. ג'נרל אטומיקס: דור חדש של מקל"טים חמקניים 36
35. ארה"ב מחפשת טילים זולים ליירוט אוויר 37
36. נחשף מדגים לכטב"ם היברידי חדש מסוג VTOL 37
37. רחפן סולארי, ללא סוללה 38
38. מסל"ט גדול של סין עובר ניסויי טיסה 38
39. טיל אוקראיני חדש/ישן משולב עם פצצה אווירית רוסית 39
40. שדרוג זול מבוסס בינה מלאכותית ברחפנים 40
41. ארה"ב מקימה כוח כטב"מי תקיפה חד-פעמיים במזרח התיכון 40
42. שדרוג רוסי: כטב"ם מתאבד חמוש בטיל אוויר-אוויר 41

43. מצרים חשפה כטב"ם תקיפה שפותח בהשראת Shahed-136 42
44. התקדמות בפיתוח מכ"ם רב-תכליתי לכטב"מים טקטיים 43
45. כטב"ם מקבל באופן עצמאי החלטות מצילות־משימה 43
46. רוסיה: מערכת טק"א S-500 נכנסה לשירות מבצעי 44
47. מומלץ לעיון: 44

ים
48. חברה איטלקית השיקה סדרת כצב"מים 45
49. חברות אוסטרליות בוחנות שילוב הטיל NSM בכשב"מים 45
50. נשבר השיא של חציית האטלנטי ע"י כשב"ם 46
51. מספנה קוריאנית וחברה אמריקנית מציעות כשב"ם חדש לצי ארה"ב 47
52. יפן: פיתוח טיל שיוט סילוני תת-קולי ארוך טווח נגד ספינות 47
53. כלי שיט אמפיבי חדש נולד: "Alligator" 48
54. השפעת AI וטכנולוגיות קוונטיות על הלוחמה הימית 48
55. אחרי ניסוי מוצלח להפלת כטב"מים מהירים, נשק לייזר יותקן בצי הבריטי 49
56. צי ארה"ב מבטל את מיזם הפריגטות החדשות מדגם Constellation 50
57. טורקיה בונה צוללת ראשונה מתכנון מקומי 51

חלל
58. מבוקשות הצעות למיירטי טילים מבוססי חלל לשלב אמצע-המעוף 52
59. תותח חלל לשיגור לוויינים 52
60. פגיעת פסולת חלל בקפסולת-חזרה מדגישה צורך בשירות חילוץ משותף 53
61. סין שיגרה קפסולה בלתי מאוישת לחילוץ אסטרונאוטים שנתקעו 54
62. נזק נגרם לכן-השיגור הרוסי היחידי הפעיל בבאיקונור 54
63. ייצור של לוחות סולאריים בחלל 54
64. סין: תוכנית של 2,000 כטב"מים להשבתת Starlink 55

תקשוב ובינה מלאכותית
65. כיצד בינה מלאכותית יכולה לפתור בעיות מרכזיות בייצור 56
66. הפנטגון הגדיר: טכנולוגיית הקוונטום קריטית לעתיד שדה הקרב 57
67. חיישנים קוונטיים חסיני הפרעות 58
68. מסך שניתן "להרגיש": פיקסלים אופטו־טקטיליים ככיוון עתידי למשקי אדם-מכונה 59
69. נאט"ו בפער מסוכן ביכולת הלחימה בספקטרום האלקטרומגנטי 60
70. קנדה: מערכת AI מגינה על רשתות אלחוטיות מהתקפות שיבוש בזמן אמת 61
71. רחפן ל"א לאיכון קורני RF פותח בארה"ב 61
72. חברה טורקית מציגה מערכת GNSS חסינה קומפקטית 62
73. ה'בועה' של הבינה המלאכותית והשפעותיה על משרד ההגנה האמריקני 63

טכנולוגיות
74. איך להגן על רקמת שריר ולשקמה לאחר פגיעות הדף מפיצוץ 65
75. בינה מלאכותית ובקרה היברידית יכשירו רובוטים לביצוע תנועות מורכבות 66
76. שימוש במודלי שפה גדולים (LLM) לתכנון ובקרה של פעולות רובוטים 67
77. בד קל ונושם מספק קירור פסיבי בתנאי חום קיצוניים 68
78. שימוש בווירוס מהונדס להפקת מתכות נדירות ממים 69
79. התקן לביש קל מפחית עד 90% מהעומס של אפוד מגן 70
80. לוחמים-רובוטים מחקים פעילות של חיילים אנושיים, בעזרת בינה מלאכותית 71

1. הנושאים שהופיעו בגיליון שלנו בינואר 1996, לפני 30 שנה!

מעניין לסקור, ממרחק זמן של **30 שנה**, את הנושאים שהעסיקו אז את הצבאות המתקדמים בעולם, ואת ממסדי המו"פ הביטחוני, ולבחון אותם אל מול הנושאים שהם רלבנטיים היום.
להלן עיקרי הנושאים שהופיעו בגיליון של חודש ינואר 1996:

בחילות היבשה:

- שיפורים במענה לצורכי חיילי החי"ר בתחומי הציוד והנשק
- פיתוח אמל"ח לכוחות מיוחדים
- פיתוח אמל"ח לא-קטלני
- פיתוח מכשירי קשר מתקדמים
- פיתוח מזל"ט טקטי
- "לא חלף זמנו של הטנק"
- אמצעי-נגד המבוססים על לייזר

בחיל האוויר:

- שיפור כל המערכות בתא הטייס – תצוגות ובקרות
- הפחתת העומס מטייסי הקרב - תצוגה וכוונת בקסדה
- פיתוח דגם מתקדם למסק"ר אפאצ'י
- חידושים בחימוש אווירי
- פיתוח פצצה מדויקת בעלת כושר חדירה מעולה בבטון
- פיתוח הגנה לכלי טיס מפני טילי נ"מ
- לייזר מוטס
- פיתוח אמצעים להגנה מטק"ק

בחיל הים

- פיתוח טילים המשוגרים מצוללת
- מערכת הנעה שקטה לצוללות
- אמצעים לסילוק מוקשים ימיים, כולל באמצעות כשב"ם
- באירן טוענים שפיתחו טיל נגד ספינות, משוגר מהחוף

נושאים נוספים

- הצבת לייזר בחלל
- אמצעי ביטחון למחשבים
- רב"ת LADAR עם מעבד אופטי מהיר

תוכן העניינים

2. סקירה: מטוסי קרב "שיתופיים" - CCA

מאת סא"ל (מיל') אריה צור

היכרות, עיקרי ביצועי טיסה, משימות מבצעיות אופייניות, יתרונות

מטוסי קרב "שיתופיים" CCA (Collaborative Combat Aircraft) הם מטוסי לחימה בלתי מאוישים (או אופציונלית מאוישים) המתוכננים לפעול בצוות יחד עם מטוסי קרב מאוישים. מטרתם לשמש כ"מלווה נאמן" (Loyal Wingmen) לתמיכה בפעולות קרב, ולהגביר את כושר ההישרדות והכוח הכולל של הכוח האווירי[1][2]. הם כוללים יכולות עצמאיות מתקדמות (בינה מלאכותית) לביצוע משימות ללא פיקוח רציף של טייס, ומיוצרים במחיר נמוך בהרבה ממטוסי קרב מאוישים [3][4] . מדינות רבות (כגון ארה"ב, אוסטרליה, בריטניה, רוסיה) פועלות כיום לפיתוח CCA למודרניזציה של חיל האוויר. הדגמים המובילים כיום בתוכניות אלו כוללים את XQ-58 Valkyrie האמריקני, MQ-28 Ghost Bat האוסטרלי, וכן מטוסי הניסוי YFQ-42A ו- YFQ-44A של חיל האוויר האמריקני. לשם השוואה ומענה לשאלת ביצועי הטיסה נדון כאן במאפייני הביצועים העיקריים של דגמים בולטים אלו, וכן בטכנולוגיות טיסה מתקדמות האופייניות להם.

דגמים בולטים של CCA

- XQ-58A Valkyrie **ארה"ב**: מטוס קרב שיתופי מתוצרת Kratos בשירות ניסיוני של חיל האוויר האמריקני (AFRL). בעל גוף סטרלטי [הכוונה לגוף בתצורת כנף דלטא], נפחי-נשק פנימיים ואפשרות שיגור מתוך מטול רקטי ללא צורך במסלול [5][6] . החל בטיסת הבכורה ב-2019, הוא משמש כיום לבדיקות והדגמה במסגרת תוכנית Skyborg [5][7].
- MQ-28A Ghost Bat **אוסטרליה/בואינג** : מטוס קרב שיתופי מתוצרת בואינג אוסטרליה, בעל מבנה סטרלטי [כנף דלטא] ומנוע טורבופאן יחיד (Williams FJ33) [8] . פותח כחלק מתוכנית "Loyal Wingman" של Boeing אוסטרליה, ונמצא כעת בניסויי טיסה מתקדמים. נקרא גם Boeing Airpower Teaming System (ATS). מיועד לטוס במקביל למטוסי קרב מסורתיים ולבצע משימות חיפוש, סיוע והתקפה.
- MQ-20 Avenger **ארה"ב** GA-ASI: גרסה מודרנית של Predator C, מטוס קרב בלתי מאויש בנפח קטן יחסית. לא פותח במקור למטרת CCA , אך הוזכר כמועמד אפשרי בשל יכולותיו : טווח ארוך, מנוע טורבופאן, חימוש פנימי וחתימה נמוכה יחסית. השם הוא כינוי לניסויים אמריקניים ונמצא בכמות מצומצמת.
- **מטוסי ניסוי YFQ ארה"ב:** General Atomics (YFQ-42A) ו Anduril (YFQ-44A) מפתחים אבי טיפוס של CCA עבור USAF (NGAD) . שני המטוסים קיבלו תוספת תקציב במסגרת Increment 1 של התוכנית ושני אבי טיפוס אמורים לבצע ניסויי טיסה ראשונים עוד ב-2025 [2][9]. ביצועי הטיסה שלהם עדיין מסווגים במידה רבה , אך דווח כי תכנון הטווח שלהם יעמוד על סביבות 700 מיל ימי (1,296ק"מ) [2][4] והם בעלי מאפיינים של גוף סטרלטי [דלטא].

מעבר לכך, מועלות כיום יוזמות נוספות: לדוגמה בריטניה הייתה מעורבת בפיתוח מטוס בלתי מאויש בשם *Mosquito* שותף ל- Tempest, אך תוכנית זו בוטלה באמצע 2023 [10] . בצד הרוסי הוצג לאחרונה קונספט היפותטי של מל"ט לוחם בשם *Grom-U* שנתפש כמענה רוסי ל-Valkyrie [11][12], אך עדיין אין מידע אמין על ביצועיו.

ביצועי הטיסה המרכזיים

ננתח כאן את נתוני הביצועים העיקריים (מהירות , טווח, גובה , תמרון וכדומה) עבור דגמי CCA הבולטים , לפי הנתונים הזמינים במקורות עדכניים. [2][13][6]

- **מהירות מרבית**: מטוסי CCA הנוכחיים מתוכננים לטוס במיינסטרים בתת-קולי גבוה Subsonic (High). לדוגמה *XQ-58 Valkyrie* מסוגל להגיע למהירות של כ 652 מייל/שעה (1,050~ קמ"ש, כ0.85 מאך) [6] *MQ-28 Ghost Bat*. גם הוא מהיר-תת קולי (משוער כ 0.8- מאך) [8]. מטוסים ישנים יותר כמו *Avenger* מגיעים ל- 460 מייל/שעה (740 קמ"ש) [14] . מהירויות על-קוליות (מעל מאך1) לא מאפיינות כיום את מתכנני CCA , למעט שמועות על פרויקטים רוסיים (Grom מצהיר על 621 מייל/שעה 1,000~ קמ"ש) [11]. ככלל, CCA אינם נמנים על מטוסי קרב על-קוליים ולא מדמים לחימה צמודה. לכן המהירות נתונה במסגרת 0.7–0.9 מאך.
- **טווח טיסה**: הגדרת טווח או רדיוס קרבי של CCA גבוהה משמעותית מזו של מטוסי קרב מאוישים . לדוגמה ל- Valkyrie יש טווח של כ 3,000 מייל ימי (5,500~ק"מ) [6] כלומר מאפשר טיסת איתור ארוכה. Ghost Bat מתוכנן לטוס מעל 2,000 מייל ימי (3,700~ ק"מ) [13] . במילים אחרות, מדובר בטווח של כמה אלפי קילומטרים, המאפשר פעילות רחבת היקף ללא תדלוק . בפרויקטים הניסיוניים (YFQ-42A/YFQ-44A) דווח על רדיוס קרבי של מעל 700 מייל ימי [2] (כ 1,300 ק"מ) לטיסות מבצעיות צפויות.
- **גובה מרבי (סייג שירות)** : מטוסי CCA מתוכננים לטוס בגבהים בינוניים עד גבוהים (30,000–50,000 רגל) . XQ-58 ו- Avenger מסוגלים לטוס עד 45,000–50,000 רגל (13–15ק"מ) [14][6]. מה שמאפשר טיפול בבסיסי-אויב וגם מניעת חשיפה ממערכות גילוי מסוימות . Ghost Bat כנראה גם הוא יפעל בגובה דומה, אם כי מקור מדויק לא נחשף . בסך הכל, גובה שיוט של מעל 40,000 רגל אופייני למטוסי CCA גבוה יותר ממטוסים בלתי מאוישים ארוכי טווח , הקרובים ל- 60,000–70,000 רגל, אך נמוך משמעותית מטוסי הקרב המאוישים המהירים ביותר.
- **יכולת תמרון**: CCA מעוצבים בעיקר לתפקידים תומכי סיוע אווירי לטווחים ארוכים , ולא נועדו לתמרון קרב אוויר-אוויר (dogfight) . לכן תמרונם מוגבל בהשוואה למטוסי חמקן אווירי מסורתיים . עם זאת , הם עדיין מצוידים בכנפיים ובמשטחי בקרה אקטיביים שמאפשרים תמרון בטווח נורמלי למשימותיהם . לא מצאנו מקורות מספריים ל- G או לייחס תמרון מדויק . גורם מרכזי הוא ששימושם העיקרי ב- BVR (מעבר לאופק) פוגע בהאטת משמעות התמרון בגובה נמוך [15] . בקצרה CCA מתמקדים ביכולת לדאות ולבצע מטלות חישה או יירוט ממרחק , ולא בקרבות אוויר צמודים.
- **מערכות הנעה**: לרוב מטוסי CCA משתמשים במנועי סילון (טורבופאן או טורבו-ג'ט). לדוגמה *Valkyrie* מצויד במנוע טורבופאן יחיד ובשיגור רקטי [5] . למעשה XQ-58 משוגר על ידי שני מצתים רקטיים מוצקים במקום מסלול , ונוחת בעזרת מצנח וכריות אוויר [5][6] . *Ghost Bat* מונע על-ידי מנוע טורבופאן Williams FJ33 אחד [8] וכך גם *Avenger* משתמש במנוע טורבופאן [14] (Pratt & Whitney PW545B) . לעומת זאת, אין מנועים רקטיים בשימוש רציף (מלבד זה של Valkyrie).
- **כושר שהייה** : עיקר ההישרדות של CCA נשענת על טווח ושהייה ארוכה לדוגמה Avenger ER , שבנה GA-ASI השיג טיסה רצופה של 23.4 שעות [16] . עם זאת מטוסים כמו Valkyrie ו- Ghost Bat עדיין צעירים ואין להם נתונים מדויקים פומביים , אך ברור שטווחים של אלפי קילומטרים מבטיחים שהייה שעות רבות. במקביל CCA מתוכננים לפעול באופן אוטונומי (עם שליטה דיגיטלית מתקדמת) או בבקרה מרחוק מזערית. כלומר הם יכולים לפעול כקבוצות רובוטיות בתקשורת חכמה עם מטוסי חמקן מאוישים או קשרי רשת משודרגים [17][18] . במצבי עימות עתידיים יתכן שיופעלו חלקם אפילו ללא פיקוח רציף של טייס אנושי , כך שמטוסי CCA "משגרים" ותוקפים אויבים באופן עצמאי בעת סכנה [17][5].

- **טכנולוגיות תעופה מתקדמות**: מטוסי CCA משלבים חידושים כמו חומרים מרוכבים , עיצוב סטרלטי [דלטא] וטכנולוגיות מחשב ובקרה חכמות . מבנה הגוף של Ghost Bat לדוגמה, כולל כנף גדולה מרוכבת שעליה מורכבות מערכות משוכללות [8][19]. הם מצוידים בחיישנים אלקטרוניים מודרניים, מערכות חישה-כוללת ויכולת עיבוד בינה מלאכותית (AI) לכפיפות למערך גלישה ותמרון טקטי [8][17]. ראייה ממוחשבת ואלגוריתמים מאפשרים למטוסי CCA לתמרן בסביבת קרב דינמית ואף להחליט לבצע תקיפה במצבי סיכון [1][15]. בנוסף, הדגמים החדישים משתמשים גם במנועי טורבו-ג'ט חסכוניים, במכלי דלק מורחבים וכדומה כדי להגדיל את טווחי הטיסה והשהייה.

טבלה מסכמת

להלן השוואה בין כמה דגמי CCA מרכזיים (כוללים מטוסים בפיתוח וניסויי טיסה עכשוויים) , התייחס למהירות , טווח וגובה , יכולת הישרדות ומנועים:

דגם	הערות (טכנולוגיות)	הנעה	זמן שהייה / מבצעיות	גובה מרבי	טווח (כושר טיסה)	מהירות משוערת
XQ-58A Valkyrie (ארה"ב)	עיצוב סטרלטי (LO) בינה מלאכותית תפעול אוטונומי [5][17]	מנוע טורבופאן יחיד, שיגור בעזרת משגר רקטות[5]	6,500~ק"מ (3,500מייל) [6], שיגור רקטי נחיתה במצנח [5]	45,000 רגל 13,700 מ' [6]	5,500 ק"מ [6]	652 מייל/ש 1,050 קמ"ש [Mach 0.85 [6]
MQ-28A Ghost Bat אוסטרליה	כנף גדולה מרוכבת [19] מערכת בקרת טיסה אלקטרו-מכאנית ; חתימת רדאר נמוכה[8]	מנוע טורבופאן יחיד Williams FJ33 [8]	**לא פורסם רשמית** 3,700~ק"מ [13] 20–30 שעות פעילות משוערכות מהטווח	נרמז כ–40~ 50k רגל	3,700~ק" מ [13]	בהערכה: "מהיר-תת-קולי גבוה" (~Mach 0.8)[8]
MQ-20 Avenger (ארה"ב)	חימוש פנימי (LO airframe) ;מערכת מחשוב מתקדמת	מנוע טורבופאן PW 545B Pratt & Whitney	כ 18-שעות בתצורת ISR [14]	50,000 רגל 15,200מ' [14]	2,900 ק"מ [20]	max 460 mph 740 קמ"ש [14] (Mach~0.6)
YFQ-42A /YFQ-44A (ארה"ב)	עיצוב סטרלטי ; אוטונומיה מתקדמת	מנועים טורבופניים (פרטי מזעור)	–	מיועד לטוס בגבהים גבוהים (40–45k רגל)	רדיוס קרבי 1,300~ק"מ [2]	**סווגו** (יוזכרו כמטוסי קרב)

הערה לטבלה: המהירויות והטווחים מבוססים על פרסומי היצרן ומקורות גלויים [6][13][2]

משימות מבצעיות אופייניות של CCA

מטוסי CCA תוכננו מלכתחילה כמכפילי כוח עבור חילות האוויר, עם משימות המיועדות להוריד עומס וסיכון מטייסים מאוישים ולשמר עליונות אווירית מודרנית. להלן המיקודים העיקריים:

1. **סיוע למטוסי קרב** (Loyal Wingman Support)
   - ליווי מטוסי קרב מאוישים (F-35, F-22, NGAD) .
   - יצירת "בועה קדמית" של חיישנים, כך שהטייס במטוס המאויש יוכל לבצע החלטות טקטיות על בסיס מידע משופר.
   - חסימת טילי אויב באמצעות לוחמה אלקטרונית או שיגורי חימוש מטווח בטוח.

2. **איסוף מודיעין מתקדם** (ISR)
   - טיסה למרחבים מאוימים שבהם הסיכון למטוס מאויש גבוה.
   - נשיאת חיישנים אלקטרו-אופטיים, מכ"מי AESA , מערכות SIGINT ולכידת תקשורת אויב.
   - העברת נתוני זמן־אמת למטוסי הקרב המאוישים, למרכזי שליטה או לכלים נוספים.

3. **תקיפה עמוקה וסיוע קרוב**
   - נשיאת חימוש מונחה (JDAM, SDB) או טילים מודרניים קטנים.
   - תקיפת מטרות קרקע/ים תוך הפחתת סיכון לצוותי אוויר.
   - ביצוע תקיפות משניות או "סגירת מעגל" לאחר שהמטוס המאויש מזהה מטרה.

4. **לוחמה אלקטרונית** (EW)
   - שיבוש וחסימת מכ"מי אויב.
   - הגנה על מטוסי הקרב באמצעות "ענן־לוחמה־אלקטרונית" מתמרן.
   - הדמיית מטרות שווא , דיכוי מכ"מי ומגנטי להגנת הכוח העיקרי.

5. **דיכוי/השמדת מערכות נ"מ** (SEAD / DEAD)
   - חדירה קדמית לעבר סוללות SAM
   - שיגור חימוש נגד קרינה (Anti-Radiation Missiles) או שיבוש מכ"מים.
   - יצירת "נתיב בטוח" למטוס המאויש.

6. **חסימת אוויר** (Air Interdiction)
   - יירוט מטרות בלתי מאוישות או מטוסים קלים.
   - יצירת טבעת הגנה קדמית סביב הכוח.

7. **משימות התאבדות מבוקרות** (Expendable Strike)

- רק חלק מהדגמים מתוכננים להיות אמורים להשמיד מטרה גם במחיר אובדן הכלי , תרחיש מתאים בעיקר נגד מטרות מוגנות במיוחד.
- מאפשר לחיל האוויר לתקוף עמדות אויב ללא סיכון לחיי אדם.

יתרונות שילוב CCA יחד עם מטוסי קרב מאוישים

השילוב בין מטוסי CCA לבין מטוסי קרב מאוישים יוצר מארג רב־שכבתי שמכפיל את כוחו של חיל האוויר. להלן היתרונות המרכזיים:

1. **שיפור מודעות מצבית** (Situational Awareness)

כלי CCA בעלי חיישנים קדמיים מתקדמים משמשים:

- "עיניים חיצוניות" של המטוס המאויש.
- איסוף מידע בזמן אמת ממספר כיוונים בו-זמנית.
- חשיפת איומים בציר עמוק מבלי לחשוף את מטוס הקרב עצמו.

בפועל, הטייס במטוס המאויש רואה רחוק יותר ומזהה קודם הודות לשכבת החיישנים הנוספת.

2. **הפחתת סיכון למטוסי הקרב**

הפעלת CCA כ"מחסום ראשון" מגדילה משמעותית את שרידות הכוח:

- הם יכולים להיכנס ראשונים לאזור המסוכן.
- ניתן לשלוח אותם לאזורים שבהם לא רצוי לשלוח מטוס מאויש (נ"מ עתידי, שטח אויב עמוק).
- חלקם מוגדרים גם ככלים "אובדניים" במקרה הצורך, מה שמאפשר גמישות תקיפה שלא הייתה קיימת בעבר.

3. **כוח אש מוגדל באופן דרמטי**

מטוס מאויש יכול להגיע לקרב עם:

- 2 עד 6 מל"טי CCA נושאי חימוש.
- יכולת לבצע תקיפה מרובת-מטרות בו-זמנית.
- חלוקת התפקידים בין הכלים (תקיפה, שיבוש, מודיעין, משיכת אש).

התוצאה: טייס אחד יכול לפקד על "מבנה שלם" במקום על מטוס בודד.

4. **רשת מבוזרת שקשה לשבש**

כאשר מספר כלים פועלים יחד, יש יכולת:

- להפיץ מידע על פני רשת מרובת צמתים.
- להחזיק תקשורת רציפה גם אם אחד הכלים נפגע.
- להשתמש ב- AI כדי לגבות החלטות טקטיות.

המערכת הופכת עמידה הרבה יותר לניסיונות של לוחמה אלקטרונית.

5. **עלות נמוכה יותר למול ביצועים גבוהים**

מל"טי CCA זולים משמעותית ממטוסי קרב מאוישים:

- מאפשרים ייצור ב"כמויות משמעותיות"
- התחדשות מהירה של כוח אווירי לאחר אבדות
- יכולת להפעיל "נחיל" של כלים תוך שליטה מינימלית

זה מעניק יתרון אסטרטגי משמעותי מול מדינות עתירות נ"מ.

6. **גמישות מבצעית גבוהה מאוד**

CCA מאפשרים לבצע פעולות שבאופן מסורתי מחייבות:

- סיכוני אדם גבוהים
- מטוסי שליטה או תמיכה גדולים וחשופים
- תיאום מורכב בין טייסות

כעת, בזכות אוטונומיה ותקשורת מתקדמת, ניתן לבצע את כל אלה עם חתימה נמוכה ובגזרה מדויקת.

סיכום

מטוסי CCA מהווים שינוי תפיסה בעידן הלחימה האווירית: הם מעניקים יתרון מודיעיני, התקפי והגנתי, ומפחיתים את הסיכון לטייסים מאוישים. שילובם לצד מטוסי קרב הופך כל טייס ל"מפקד כנף רובוטית", ובונה כוח אווירי רב־שכבתי, גמיש ועמיד שמתאים ללחימה המודרנית.



תוכן העניינים

כללי וארגון

3. מימון לחדשנות ומודל רכש חדש בבריטניה

28 בנובמבר 2025

Budget 2025: what it means for defence

בבריטניה, תקציב 2025 עיגן הקצאה שנתית של 400 מיליון ליש"ט לסוכנות החדשנות הביטחונית, לצד דרישה שמשרד ההגנה יקדיש לפחות 10% מתקציב הציוד לטכנולוגיות חדשניות כמו בינה מלאכותית ואוטונומיה. במקביל, מודל הרכש מעוצב מחדש כך שיתחשב לא רק במחיר ובביצועים, אלא גם בשרשראות אספקה מקומיות, חסינות לאיומים ושמירה על יכולת ריבונית, מה שמעודד גופים תעשייתיים לאמץ מודלים ארגוניים וגמישים יותר לפיתוח מהיר של יכולות חדשות.

הממשלה סיפקה 5 מיליארד ליש"ט למימון ביטחון נוסף לשנים 2025-26 מאז תחילת כהונתו של הפרלמנט, כאשר הוצאות הביטחון של בריטניה צפויות להגיע ל-2.6% מהתמ"ג בשנת 2027. זהו הגידול המתמשך הגדול ביותר מאז המלחמה הקרה ומקיים את ההתחייבויות שניתנו בסקירת ההגנה האסטרטגית, אשר גיבשה את ההאצה ל-2.5% מהתמ"ג עד 2027 עם שאיפה ל-3% בפרלמנט הבא.

כללי

4. תקציבי הביטחון במזה"ת

על פי פרסום AW&ST מגיליון נובמבר 2025. (מובא באדיבותו של יאיר רמתי)

העיתון התעופתי היוקרתי AW & ST פרסם לאחרונה כתבה מעניינת אודות תקציבי הביטחון במזה"ת וחלוקתם כיום, ובעשור הקרוב. המדובר בהיקפים תקציביים נכבדים של כ-135 $B לשנה כיום, שיצמחו בקצב של כמעט 2% לשנה לכ-160 $B בעוד כעשור. לשם השוואה, התקציב הביטחוני השנתי של צרפת, לרבות תמיכה בתעשיות ועלות הכוח האסטרטגי שלה, הוא פחות מ-60 $B. **משמע: פחות ממחצית התקציב של האזור.**

רוב התקציב מוקצה לכוח-אדם, אך הרכש והאחזקה "נוגסים" נתח משמעותי ממנו. מרכיב הרכש יגדל בעשור הקרוב מכ-11% לכ-16%. מקורות הרכש שהיו בעבר, בעיקר ארה"ב ואירופה, עוברים גיוון. סעודיה פונה לסין לצורכי כטב"מים, טילים וארטילריה. UAE רוכשת מטוס אימון מתקדם מסין. טורקיה מוכרת ציוד מגוון באזור ובעיקר כטב"מים. גם קוריאה לא טמנה ידה בצלחת ושיווקה מערכות תקיפה והגנה ובקרוב אולי גם מטוס חמקן KF-21.

הערות:

א. נראה כי ההשקעות של מדינות האזור בתחומי החימוש, ההגנה האווירית ויכולת פיתוח וייצור עצמית יגדלו משמעותית.

ב. דומה כי הראייה של האנליסטים מה-AW&ST איננה מעניקה משקל ראוי לאירועי "עם כלביא" מיוני 2025, שערערו לא מעט תובנות מסורתיות בבניין הכוח האזורי.

כללי

5. קוריאה הדרומית "חוגגת" בשוק הביטחוני

South Korea Leverages Industrial Might to make arms market inroads

התעשייה הביטחונית של קוריאה הדרומית בתנופת התפתחות:

ביצוא ביטחוני – בשנת 2024 – מקום 10 בעולם – שואפים למקום רביעי בשנת 2030.

תקציב הביטחון – 47.1 מיליארד דולר – בשנת 2026 יגיע ל-8.2% מהתוצר!

בשוק הארטילריה העולמי – מהווים 60%

תומ"ת – K9 – נמכר ל-11 מדינות מערביות (וגם למצרים). העסקאות כוללות הענקת ידע ייצורי. מתחרים על התומ"ת העתידי בארה"ב.

רק"ם Redock – זכה באוסטרליה – הקימו שם מפעל ייצור.

"One stop shop" - מגמה של ייצור עצמי בלתי תלוי בחו"ל (סיסמה שלהם)

תעשיות ביטחוניות גדולות בתחומים רבים:

Hanwha: Systems, Aerospace, Ocean

שיתופי פעולה בינלאומיים – מערכות לכטב"ם – Gray Eagle

שיפוץ מספנה בפילדלפיה, מפעלי תחמושת בפולין: מטענים מודולריים בשבדיה; פיתוח סימולטור למשגר רקטות שלהם (Chanmos) בנורבגיה, שת"פ לתוכניות בתחום מספנות לשימוש צי ארה"ב (HII HD Hyundai); שת"פ של Korean Air עם Andruil (ארה"ב) בתחום תעופתי; ועוד.

קוריאה – יבואן מס' 12 בעולם בתחום הביטחוני – בעיקר מארה"ב.

מדגישים את העובדה שיש להם איום מתמיד משכניהם בצפון, דבר שמדרבן את הפיתוח והייצור הביטחוני.

כללי

6. התרעה: דרושה "תגובת חירום" כדי למנוע השלכות חמורות של משבר האקלים

27 בנובמבר 2025

Emergency response needed to prevent climate breakdown, warn experts

מומחים מובילים בתחומי אקלים וביטחון בבריטניה התריעו שנדרשת תגובת חירום, בקנה מידה של מלחמת העולם השנייה, כדי למנוע השפעה הרסנית של משבר האקלים. אזהרות אלו ניתנו בתדרוך חירום לאומי שהתכנס בלונדון, בו השתתפו למעלה מ-1,000 מנהלי חברות, בכירי שירות המדינה ומנהיגים אזרחיים.

המומחים סיפקו הערכות חמורות לגבי השינויים הנדרשים להתאמת המדינה למצב האקולוגי והאקלימי המשתנה במהירות. הודגש כי יש לעשות כל שניתן כדי להגביל את משך הזמן שבו הטמפרטורה הגלובלית תהיה 1.5° (מעלות צלזיוס) מעל הרמות הטרום-תעשייתיות. בין השאר הזהירו מקריסה של זרם האוקיינוס האטלנטי (Atlantic Meridional Overturning Circulation - Amoc) שעלולה לגרום לטמפרטורות של 20- מעלות צלזיוס בלונדון בחורף, וזאת יחד עם טמפרטורות גבוהות מאוד בקיץ.

ציינו שמדובר במצב חירום לאומי, כולל השלכות כלכליות וביטחוניות חמורות. גנרל (בדימוס) ריצ'רד נוגי אמר כי הפוליטיקאים מתמקדים באיום מרוסיה אך אינם רואים את האיום הגדול יותר של משבר האקלים, אותו הגדיר כ"איום ערמומי", אשר יגרום נזק רב יותר מהאיומים הנוכחיים שבהם מתמקדים. הוא הזהיר כי חוסר הפעולה להבטחת עמידות תשתיות חיוניות משאיר את המדינה פגיעה בפני מזג אוויר קיצוני ומתקפות אויב.

המומחים קראו לממשלה לאמץ חקיקת חירום אקלימית ותגובה בסגנון "תוכנית מרשל" אחרי מלחמת העולם השנייה.

נציגי הממשלה ציינו בתגובתם שננקטים צעדי מדיניות שאפתניים כדי להפחית את פליטות גזי החממה, כולל הצבת יעד מוביל בעולם להפחתת פליטות של לפחות 81% עד 2035, התחייבות לספק עד 400,000 משרות נוספות באנרגיה נקייה עד 2030, וכן הכרזה על למעלה מ-62 מיליארד לישי"ט בהשקעות פרטיות באנרגיה נקייה בבריטניה.

למעלה מ-1,400 מדענים מרחבי בריטניה כתבו לחברי הפרלמנט שבלי "פעולה דחופה ונחושה" צפויות השלכות קשות של משבר האקלים, ביניהם ערעור הכלכלה – ברמה גלובלית, עד כדי רעב, קריסה כלכלית ומלחמות. יש חשש רציני שעליית הטמפרטורה הממוצעת הגלובלית תגיע ל-4 מעלות צלזיוס עד סוף המאה, והמשמעות היא התפתחות אקלים קיצוני ובלתי יציב, הרבה מעל יכולת הקיום של הציוויליזציה האנושית. לפי המומחים, התהליך צפוי להוביל להסלמה של אי-יציבות גיאופוליטית והתגברות של מתחים צבאיים. הם השתמשו בביטוי "קריסה מערכתית" והזהירו מהסכנה של מה שכינו "טכנולוגיות דחייה" שנועדו "לשמר את תעשיות הנפט והגז". ציינו שכבר כיום ההשפעות של ההתחממות הגלובלית קשות יותר ממה שחזו בעבר. גלי החום באירופה מתגברים בקצב מהיר יותר מאזורים אחרים בעולם, והרבה יותר מהר ממה שחזו מודלים אקלימיים. גנרל נוגי הזהיר מאיומים על הביטחון הלאומי. "מה שמדאיג אותי זה לא משבר יחיד מסוים, אלא מפל של משברים: מזון, בריאות, תשתיות, הגירה, אנרגיה, מזג אוויר קיצוני וכו' וכו' – כולם מכים באותו זמן, תוך שחיקת האמון בממשלה עקב תגובות כושלות או איטיות מדי".

כללי

7. יוזמה של הנציבות האירופית לקידום טכנולוגיות ביטחוניות חדשניות

18 בנובמבר 2025

EU Commission to float new project for boosting defence technologies

הנציבות האירופית מתכננת יוזמה חדשה שנועדה להאיץ את פיתוחן ורכישתן של טכנולוגיות ביטחוניות חדשניות באירופה, על רקע האיומים הגוברים מצד רוסיה מאז הפלישה לאוקראינה ב־2022 והחשש לגבי עתיד הנוכחות האמריקנית ביבשת.

המסמך המקדמי מציג מפת דרכים לשינוי תעשיית הביטחון האירופית, שכוללת האצת פיתוח ושימוש בטכנולוגיות מתקדמות כמו בינה מלאכותית, מערכות אוטונומיות וטכנולוגיות קוונטיות. הנציבות מדגישה כי "אירופה חייבת ללמוד מאוקראינה" וכי אימוץ חדשנות משבשת אינו יכול להישאר בגדר מותרות אלא להפוך למדיניות חיונית.

היוזמה כוללת תוכנית פיילוט שתוצג בתחילת 2026, שתאפשר לחברות – במיוחד קטנות ובינוניות – לבחון ולשכלל טכנולוגיות חדשות ולהפוך אותן במהירות למוצרים ביטחוניים מסחריים. בנוסף, הנציבות מציעה מנגנונים להכרה הדדית באישורי טכנולוגיות ביטחוניות בין המדינות החברות, גישה למתקני מחקר של האיחוד, ועידוד ממשלות להקצות לפחות 10% מתקציבי הרכש הביטחוני לטכנולוגיות מתקדמות ומשבשות.

כמו כן, הנציבות מתכננת, בשיתוף עם הבנק האירופי להשקעות, להקים קרן בהיקף של עד מיליארד אירו שתספק הון צמיחה לחברות ביטחוניות קטנות ובינוניות.

מדובר בצעד אסטרטגי שנועד לחזק את יכולות ההגנה של אירופה באמצעות חדשנות טכנולוגית, להפחית תלות חיצונית, ולבנות תעשייה ביטחונית מתקדמת ומשולבת יותר.

כללי

8. צונאמי של טכנולוגיות חדשות בשדה הקרב

7 בדצמבר 2025

צונאמי של טכנולוגיות חדשות בשדה הקרב

המאמר נכתב ע"י רון רייס* ופורסם ב'מבט מבס"א' מס' 2,357
להלן מצוטטים רק התקציר והמסקנות. ניתן להיכנס לקישור ולקרוא את המאמר בשלמותו.

תקציר:

הכנס השנתי לטכנולוגיה צבאית של RUSI הציג תמונה מקיפה של המהפכה הטכנולוגית המתרחשת בצבא בריטניה ובצבאות נוספים באירופה, לנוכח האיום הרוסי, ולנוכח לקחי המלחמה באוקראינה. בניין הכוח העתידי מתבסס על מעבר חד ממערכות מבוססות חומרה למערכות מבוססות בינה מלאכותית ואוטונומיה, והיעד האסטרטגי הוא שעד שנת 2035 מרבית הפלטפורמות הלוחמות יהיו בלתי מאוישות. לצד השקעות עתק ופיתוח תוכניות דגל כגון Digital Targeting Web, Recce-Strike, Loyal Wingman ו-PANORAMA, זוהו גם חסמים מרכזיים: ביורוקרטיה מעכבת ("עמק המוות" של החדשנות), פערים בין AI אזרחי לבין דרישות שדה הקרב, ואתגרים משפטיים ואתיים בשילוב מערכות אוטונומיות. בכנס הודגשו הלקחים ממלחמת אוקראינה בניתוח הצבאי האירופי, אך גם נחשף היעדר בולט של למידה מהזירה המזרח-תיכונית. המסקנה היא שבריטניה נמצאת בעיצומו של שינוי תפיסתי ומבצעי עמוק, אך הצלחת המהלך תלויה ביכולת לצמצם חסמים, להאיץ חדשנות ולתרגם יכולות טכנולוגיות מתקדמות לכוח צבאי אפקטיבי בזמן קצר.

רשמים מקצועיים מכנס RUSI בלונדון על עתיד פיתוחי האמל"ח בבריטניה (2025)

העשור הנוכחי מאופיין בשינוי עמוק באופייה של הלחימה המודרנית. אירופה, ובריטניה בתוכה, ניצבות שוב נוכח איומים קונבנציונליים רחבי-היקף, תוך הבנה כי עימות עתידי עם רוסיה – ישיר או עקיף – אינו עוד תרחיש תיאורטי אלא אפשרות ממשית. מציאות זו מביאה להיערכות מחודשת של צבאות אירופה, בדגש על בניין כוח מבוסס בינה מלאכותית (AI), אוטונומיה, קישוריות מתקדמת ויכולות דיגיטליות רב-ממדיות.
במרכזם של תהליכים אלה עומד מסמך ה-Strategic Defense Review (SDR) הבריטי, אשר מגדיר עלייה דרמטית בהשקעות, בשינוי בתפיסת הכוח, ובחזון ברור שבו חלק משמעותי מהכוח הלוחם יהיה בלתי-מאויש ומבוסס תוכנה. השינוי המובנה מגדיר יעד שאפתני לשנת 2035 לפיו בריטניה **תכפיל את תקציב הביטחון**, ותשנה מן היסוד את מבנה צבאה.
כנס RUSI השנתי לטכנולוגיה צבאית, שנערך באוקטובר בלונדון, התמקד בתהליך זה והציג תמונה ברורה של מהפכה טכנולוגית ולא של אבולוציה מדורגת. הדוברים הבכירים תיארו את התהליך כצונאמי שישטוף את שדה הקרב בשנים הקרובות.

מסקנות

- בריטניה נמצאת בעיצומה של מהפכה צבאית אמיתית, ולא בשדרוג נקודתי.
- התקציבים הנוכחיים והפרויקטים שיצאו לדרך מצביעים על שינוי ארוך טווח.
- ה-AI יעמוד במרכז שדה הקרב הבריטי בשנים הקרובות, מעיבוד מידע ועד סגירת מעגל תקיפה.
- הכוח הבריטי יהפוך לכוח שבו רוב הפלטפורמות אינן מאוישות, דבר שישנה מן היסוד את מבנה הצבא הבריטי, את ההכשרה ואת תהליכי הפיקוד.
- החסם המרכזי אינו טכנולוגי אלא ארגוני, ובראשו "עמק המוות" של החדשנות.
- רוסיה וסין משמשות מנוע מאיץ להתעצמות הבריטית, בשל קצב ההתקדמות שלהן בתחומי EW ואוטונומיה.

- היעדר למידה מהזירה המזרח-תיכונית משאיר חורים בתוכנית הבריטית בעיקר בתחום הטילים, ההגנה אווירית ורב-זירתיות.
- עתיד בניית הכוח יקבע לפי יכולתם של הבריטים לאמץ תהליכי חדשנות גמישים, להפחית ביורוקרטיה ולהגביר שיתוף פעולה עם תעשיות קטנות ואזרחיות.
- השלכות הכנס חורגות מעבר לבריטניה והן משקפות תהליך רחב באירופה כולה לקראת עימות פוטנציאלי מול ציר רוסיה-סין.

*דון רייס שירת שנים רבות במגוון תפקידי ניהול ופיתוח עסקי בכירים ברפאל. תפקידו האחרון היה סמנכ"ל חטיבתי ל-A&M בחטיבת אוויר ומודיעין ברפאל. כיום מוביל החממה הביטחונית של SouthUp ושותף למחקר אקדמי על תהליכי ההתעצמות הטכנולוגית של צה"ל.

כללי

9. פרק לוחמת היבשה, בתקציר של הסקירה הביטחונית האסטרטגית של בריטניה 2025

11 בדצמבר 2025

Summary of the UK'S Strategic Defence Review 2025: Chapter 7.3 Land Domain

סקירת ההגנה האסטרטגית 2025 של בריטניה מזהה את הלחימה היבשתית כתחום קריטי באסטרטגיית ההגנה, זאת למרות התפתחותה של לוחמה רב־ממדית. על הצבא הבריטי להסתגל ממיקוד בהתערבויות צבאיות שלאחר המלחמה הקרה, לכוח המאורגן לצורכי תפיסת "**הרתעה באמצעות מניעה** (Deterrence by Denial) של נאט"ו, המחייבת קטלניות גבוהה יותר, מסה גדולה יותר ויכולת עמידות ממושכת. הדבר כולל הגנה על הממלכה המאוחדת, תרומה לביטחון האירו־אטלנטי ועיצוב יציבות גלובלית באמצעות שותפויות ומשימות אימון והדרכה.

לב השינוי הוא מודרניזציה של ציוד הצבא, ארגונו ותפיסות ההפעלה שלו. מאחר שחלק ניכר מיכולות הליבה הוותיקות של הצבא – כגון טנקי Challenger 2 ותותחי AS90 – הועברו לאוקראינה, הצבא נמצא בתהליך של בנייה מחדש באמצעות השקעות בפלטפורמות חדשות כגון Ajax Challenger 3 ו־ Boxer. עם זאת, נדרש שינוי שאפתני בהרבה כדי להשיג גידול של פי עשרה בקטלניות, באמצעות שילוב של אש מדויקת, חיישנים ואיסוף מודיעין, אוטונומיה, קישוריות דיגיטלית וניצול נתונים. הצבא יספק רכיבים קריטיים ל"כוח המשולב" (Integrated Force) המאורגן בכוחות מתקדמים ,תגובה מהירה ו־מענה לאיומים, המוכנים לפריסה תחת פיקוד בריטי או פיקוד נאט"ו.

המפקדה של כוח התגובה המהירה של נאט"ו (ARRC) שבהובלת בריטניה, תפקד על אחד משני חילות העתודה האסטרטגיים של נאט"ו (SRC) אשר יכללו שתי דיוויזיות המסוגלות לנהל הסלמה מתוכננת מראש ברחבי אירופה. מומלץ להקדים ולמקם ציוד ותחמושת באירופה כדי לתמוך ברמת הכשירות של נאט"ו.

בלב השינוי של הצבא עומדים פרויקט ASGARD ומודל "סיור–תקיפה" (Recce-Strike) . מדובר בשילוב רשתות דיגיטליות, בינה מלאכותית, מודיעין ואש מדויקת לצורך איתור והשמדת אויבים מטווחים גדולים יותר ובמהירות רבה יותר. מערכת משולבת זו מחברת בין יכולות איסוף (כולל סייבר וחלל) לבין אמצעי אש כגון ארטילריה, טילים ארוכי־טווח, מטוסים ורחפנים מתכלים, כולם מופעלים באמצעות "רשת מיקוד דיגיטלית". גישה זו מוצגת כמכפיל כוח שניתן לשתפו בכלל מערך הביטחון ועם בעלות הברית. [המטרה היא לחולל מהפכה ביכולות התקיפה והסיור, להכפיל את עוצמת האש והקטלניות ולצמצם מאוד את הזמן הנדרש "לגלות, להחליט ולתקוף"].

האחריות הפנימית של הצבא תתבצע תחת פיקוד Standing Joint Command (UK) האחראי על תיאום הסיוע הצבאי לחוסן הלאומי. נוכח מחויבויות הצבא לנאט"ו, יכולתו לפעול בזירה הפנימית תהיה מוגבלת במקרה

של גיוס למלחמה. כוח האדם של הצבא צריך להישאר לכל הפחות בהיקף של 100,000 חיילים מהם 73,000 חיילי סדיר ,עם אפשרות להגדלת מספר חיילי הסדיר כאשר המימון יאפשר זאת. מערך המילואים צפוי לעבור חידוש משמעותי, עם תכנון להגדלה של 20% במספר אנשי המילואים הפעילים וחיזוק הדגש על המילואים האסטרטגיים לצורכי גיוס ועומק אסטרטגי.

האימון הוא יעד מרכזי, תוך שימוש בסימולציות מתקדמות לשם יעילות, לצד שמירה על אימוני אש חיה חיוניים, במיוחד לעימותים בטווחים העולים על 100 ק"מ . שיתוף פעולה עם מדינות נאט"ו נדרש לצורך גישה למרחבי אימון מתאימים. הצבא חייב לשמר פלטפורמות משוריינות ומסוקי קרב כדי להתמודד עם יריבים מדינתיים וכדי להחזיק בשטח. מומלץ להגביר את התאימות (Interoperability) עם בעלות הברית של נאט"ו ברכש פלטפורמות יבשתיות.

מערכות אוטונומיות ובלתי מאוישות ישולבו עם פלטפורמות משוריינות במבנה משולב: 20% מאוישות, 40% לא מאוישות רב־פעמיות ,ו־ 40% מתכלות . נדרש להשקיע בעדיפות גבוהה ברחפנים, באמצעי נגד־רחפנים ובלוחמה אלקטרומגנטית, תוך תמיכה בייצור רציף של הכלים.

בין ההמלצות הבולטות:

מודרניזציה של שתי הדיוויזיות ומפקדות הגייסות של הצבא לצורכי חיל העתודה האסטרטגי של נאט"ו; האצת יישום מודל "סיור–תקיפה"; שמירה על כוח מינימלי של 100,000 חיילים; חיזוק מבני החוסן הלאומי; והצבת חטיבת הצנחנים והסער האווירי 16 ככוח תגובה למשברים גלובליים, תוך שימור יכולות צניחה אווירית.

כללי

יבשה

10. משגר רקטות חדש מפיתוח צרפתי – יתחרה ב-HIMARS

24 באוקטובר 2025

France to test Thundart rocket launcher to rival US HIMARS in 2026 demonstrations

חברות MBDA ו-Safran מפתחות משגר לרקטות ארוכות טווח במסגרת התוכנית הצרפתית לפיתוח מערכת נשק רקטית Thundart, אשר תחליף את המערכת המתיישנת Lance Roquette, Unitaire LRU של צבא צרפת. מטרת הצרפתים היא להדגים בשנת 2026 מערכת רקטית, שתתחרה עם זו מתוצרת ארה"ב (Himars) ותבטיח לצרפתים אי תלות במגבלות האמריקניות להמשך פיתוח עצמאי ושיווק. להערכתם יוכלו להגיע עד סוף העשור להצטיידות סדרתית ב- Thundart ובמקביל לשיווק המערכת גם למדינות נאט"ו ואחרות. חברת MBDA מפתחת את ההנעה והרש"ק ו-Sapran את מערכת ההנחיה.

מדובר במשגר שמורכב על רכב גלגלי. הטווח הראשוני של המערכת הוא 150 ק"מ. מציינים תכונות כמו מהירות לכניסה ויציאה מהירי, תקשורת דיגיטלית בין החיישנים והירי, דיוק, אפשרות לירי מאסיבי על מטרות, גם ניידות טובה. הצרפתים מודעים כמובן לרבגוניות של Himars – כשהמשגר מסוגל לירות גם תחמושת GMERSER וגם ATACMS לטווחים עד 500 ק"מ, אבל בשלב זה יתחרו על מערכות שיגור לטווחים עד 150 ק"מ עם יכולת לשווק במדינות בלטיות ובדרום אירופה.

השלב הראשון, כאמור: הדגמת מערכת Thundart בשנת 2026.

יבשה

11. רוסיה מצטיידת במשגרי רקטות חדשים

3 בנובמבר 2025

Russia fields new Sarna 300mm multiple rocket launcher as the answer to us Himars

לפי הודעה של הצבא הרוסי, משגרי הרקטות החדשים SARMA 300 עוברים מסטטוס של דגמים בפיתוח לייצור סדרתי. הצבא הזמין 12 רכבי משגר ו-12 רכבי הובלה/טעינה על משאיות משוריינות 8x8 וכן רקטות 300 מ"מ למיניהן. המשגר בנוי ל-6 רקטות. המשגרים מאפשרים גם שיגור של טילי שיוט. המערכת מצוידת בבקרת אש והנחייה. מגוון של ארבעה סוגי רקטות (300 מ"מ): 9M543 - נפיץ, 534L – מונחות, 549 עם פצצונות ו-557, 558 – מסווגות. הטווח עד 200 ק"מ. מציינים דיוק CEP בטווח 120 ק"מ 7-15 מ' או 5-10 מ'. מציגים אפשרויות לפצצונות עם ביות על רק"ם ורקטות שמתבייתות על מכ"ם. הכתבה משווה את SARMA 300 למערכת HIMARS, אשר מסוגלת לשגר ER GMLRS עד 150 ק"מ, ATACMS ל-300 ק"מ ו-PrSM עתידי לטווח גדול יותר בעוד הטווח של SARMA הוא -200 ק"מ.



יבשה

12. צבא בריטניה מכריז על מוכנות מבצעית של רק"ם AJAX

6 בנובמבר 2025

British Army Declares Ajax Ready, First New Armored Vehicle in 30 Years

הרק"ם AJAX של צבא בריטניה, שעוכב זמן רב, הגיע ליכולת מבצעית ראשונית, ומסמן את רכב הקרב המשוריין החדש הראשון שנכנס לשירות מזה כמעט 30 שנה. התוכנית, שנבנתה על ידי ג'נרל דיינמיקס (GD), בשווי 6.3 מיליארד פאונד (8.2 מיליארד דולר) תספק 589 כלי רכב בשש גרסאות ותתמוך ביותר מ-4,100 מקומות עבודה באמצעות שרשרת אספקה מקומית. עד כה מוכנים כלים ליותר מפלוגה מלאה ויש עוד כלים בייצור.

עיכוב של שמונה שנים בתוכנית

התוכנית היא חלק מהשקעה רחבה יותר של 41 מיליארד פאונד (53.6 מיליארד דולר) למודרניזציה של כוחות הקרקע של בריטניה על רקע איומים עולמיים גוברים. תוכנית הרכב, שתוכננה במקור לשירות בשנת 2017, נתקלה במכשולים משמעותיים לאחר שבעיות רעש ורעידות גרמו נזק לחיילים במהלך הניסויים.

יכולת קרקעית מודרנית

עם הפעלתו, Ajax יחליף את רכב הסיור הקרבי הוותיק של הצבא הבריטי, CVR(T) , Combat Vehicle Reconnaissance (Tracked), שתוכנן בשנות ה-60.

Ajax שאורכו 8 מטרים כולל תותח עם תחמושת טלסקופית בקוטר 40 מילימטר, מקלע שרשרת בקוטר 7.62 מילימטר, טילי נ"ט מסוג Javelin, שריון מודולרי וחיישנים מתקדמים לקישוריות דיגיטלית ומודעות לכל הכיוונים (מודעות מצבית). ראייה של 360 מעלות, שהייתה בעבר מונופול של המפקד בצריח, ניתנת כעת לכל עמדות הצוות. הוא מונע על ידי מנוע MTU V8 בהספק 800 כוחות סוס ותיבת הילוכים RENK בעלת שישה הילוכים, המאפשרת מהירות מרבית של 70 קילומטרים לשעה וטווח נסיעה של כ-500 קילומטרים.

הערה: נודע כי בתרגילים שנערכו לאחרונה שוב הופיעו בעיות של חיילים שסבלו **מהרעש ומהרעידות**.



רק"ם AJAX. מקור: British Army

יבשה

13. צבא הודו מצטייד ברכב זחלי פרקי מפיתוח סקנדינבי

19 בנובמבר 2025

India picks BAE Hagglunds BvS-10 for army's new tracked vehicle

בשנת 2022 הצבא ההודי פרסם בקשה להצעות (RfP) לרכב שמותאם לתנועה בשטחים הרריים, ביצות וסביבת מלח. יצרן מקומי התחרה והפסיד. חברת Hagglunds-BAE זכתה בחוזה ל-18 כלי רכב ATV

(Articulated Tracked Vehicle), שיסופקו באמצעות תאגיד Larsen&Turbo. הרכב שכינויו "Sindhu" Bvs-10, הותאם על ידי היצרן לתנאי סביבה הנדרשים בהודו: גבהים, ביצות, מדבר, מכשולי מים (אמפיביות) וחום גבוה. הניסויים בוצעו בגובה מעל 5 ק"מ מפני הים.

לפי החוזה במסגרת "make in India", ההרכבה וייצור חלקי יבוצעו במפעל Mazira של התאגיד L.R. הנ"ל ויובטח נתח מקומי של העסקה 60% כנדרש (אגב, במפעל זה מייצרים גם את התומ"תים הקוריאניים K9).

בשלב ראשון כל הכלים ישמשו כנושאי לוחמים. לפי החוזה על הספק להבטיח העברת טכנולוגיה, ותמיכה לוגיסטית.



יבשה

14. שת"פ תעשייתי וטכנולוגי איטליה–גרמניה בתחום הרק"ם

5 בנובמבר 2020

1) Italian army orders first armored vehicles from Rheinmetall-Leonardo joint venture
2) Leonardo Rheinmetall book first Lynx Combat vehicle order for Italy

בשנה שעברה חתמו החברות ליאונרדו האיטלקית וריינמטאל הגרמנית על שיתוף פעולה בייצור ואספקה של רק"ם לצבא האיטלקי (23 מיליארד אירו). לפי הפרסום הנוכחי, איטליה תרכוש בשלב ראשון 21 כלי רק"ם (KF-41 Lynx) מהם חמישה עם צריח תקני של ריינמטאל ו-16 עם צריח של ליאונרדו ותותח 30 מ"מ שלהם.

בחוזה זה מדובר גם על אופציה ל-30 כלים נוספים עם צריח 30 מ"מ של ליאונרדו, כמו כן על ידע גרמני לייצור באיטליה, תמיכה בהדרכה, תחזוקה וכו'.

בהסכם שיתוף הפעולה מהשנה שעברה מדובר גם על ייצור של 272 טנקים גרמניים חדשים Panther עבור הצבא האיטלקי, כאשר גם כאן מדובר על ייצור על אדמת איטליה בליאונרדו, תוך שימוש בטכנולוגיה, ידע ומכללים מריינמטאל.

באשר ל-Lynx, מדובר בהיקף של 1,050 כלים מכמה דגמים בסיסיים: מרגמה 120 מ"מ, נ"מ, ללא צריח.

יבשה

15. כלי רובוטי נגד טנקים בניסויים בצבא ארה"ב

25 בנובמבר 2025

US Army tests FIRE Ant anti-tank ground robot to detect and neutralize armored vehicles

השלמה לידיעה מהחודש שעבר:

הצבא האמריקני ביצע ניסויים ברכב רובוטי Fire Ant, המיועד לגילוי ותקיפה של טנקים. הניסוי בוצע בתנאים ריאליסטיים ומטרתו הייתה לבדוק באיזו מידה הביצועים של הרכב הבודד או של נחיל רכבים יכולים לסייע ליחידות שריון בגילוי איתור והשמדות מטרות.
מדובר ברכב קטן מאד באורך של 1 מ' ומשקל 90 ק"ג שניתן לנשיאה ע"י שני חיילים. מונע ע"י מנוע היברידי חשמלי, ניתן להנחתה ע"י מסוק. מצויד בשורה של אמצעי נ"ט – תחמושת משוטטת, נשק לא-רתע (כמו לאו); חיישן מולטי ספקטרלי – מערכות תרמיות, אלקטרואופטיות, מד טווח לייזר שמחובר למחשוב, אלגוריתמים עם חתימות של כלי רכב שונים; מערכת ניווט אינרציאלי גם כשאין GPS.
האפשרות להפעילו "כנחיל" – חייל אחד יכול להפעיל 6-8 כלים עם ממשק על צג. הנחיל פועל ברשת תקשורת כשלכל כלי מיקום, גזרות אש, עדיפות מטרות והתאמה לתנאי שטח, שינויי איומים וכו'.
היעוד: השמדת טנקים, אבל גם כ"מכפיל כוח" – כניסה לאזורים מוכי אש, הכוונת כוח השריון מבלי לסכנו, תיעול האויב לשטחי הריגה, איתור רחפנים וכו'. הפיתוח של Fire Art מבוצע ע"י חברת Swarmbotics AI (המחיר 50 אלף דולר ליחידה) ומבוצע במסגרת מאמצי הפנטגון לפיתוח פלטפורמות זולות ויעילות שניתן לייצר מהר ובכמויות גדולות (Replicator Initiative).
ניסויים נוספים בכלי זה מתוכננים ל-2026.



יבשה

16. שיירת תובלה אוטונומית הודגמה בספרד

4 בנובמבר 2025

Spain unveils Europe's first autonomous military convoy

חברת Sener Aerospace & Defence הספרדית השלימה את ההדגמה הסופית של פרויקט COMMANDS שלה בסביליה, בהשתתפות בכירים מצבא ספרד, המנהל הכללי לחימוש וחומרים (DIGAM) ונציגים מכמה משרדי הגנה אירופאים. קונסורציום COMMANDS, המובל על ידי החברה הספרדית ואשר מומן על ידי קרן ההגנה האירופית, נועד לקדם את האוטונומיה והיעילות של שיירות לוגיסטיקה צבאיות. לדברי החברה,

ההדגמה הציגה את שיירת הלוגיסטיקה הראשונה ללא צוות עם יכולת מבצעית ראשונית, מערכת המסוגלת לפעול עם פיקוח אנושי מוגבל בתנאי שדה קרב דינמיים.
ההדגמה, שאורגנה על ידי GDELS Santa Bárbara Sistemas, חברה השותפה בצוות הפיתוח, הציגה כלי רכב קרקעיים אוטונומיים שביצעו תמרונים לוגיסטיים מתואמים הנתמכים על ידי מערכות ניווט ומערכות חישה הכוללות בינה מלאכותית. מטרת הפרויקט היא לאפשר לכוחות אירופיים לבצע משימות אספקה ותובלה באזורים בסיכון גבוה מבלי לסכן כוח אדם.
במהלך שלוש השנים האחרונות, התמקד הקונסורציום בקידום בינה מלאכותית ומערכות ניידות אוטונומיות. החברה מסרה כי שיתוף פעולה זה משקף מאמץ גובר לחזק את האינטגרציה האסטרטגית בתחום ההגנה בתוך האיחוד האירופי תוך צמצום התלות בטכנולוגיות שאינן אירופאיות. ההדגמה כללה את פתרון Naviground הקנייני של החברה, אשר הופך רכבים לוגיסטיים עם צוות אופציונלי לאוטונומיים. מערכת השיירה הדגימה יכולת "עקוב אחרי" - שבה רכבים ללא צוות משחזרים את תנועותיו של רכב מוביל - ו"שירות הובלה" אוטונומי למייל האחרון המבוסס על פלטפורמות של IVECO Defence Vehicles.
Naviground משתלבת עם מערכת השו"ב (Battle Management System) של Indra המותקנת על כלי הרכב המשוריינים GDELS ASCOD, ומבטיחה יכולת פעולה שיתופית באמצעות ארכיטקטורות דיגיטליות בתקני נאט"ו, כולל GVA 10 ו-STANAG 4609. תקנים אלה מאפשרים שיתוף נתונים רציף, מודעות מצבית ופיקוד מתואם בין פלטפורמות מאוישות ופלטפורמות אוטונומיות בשדה הקרב.



יבשה

17. זיהוי מטרות בסיוע AI מיושם במערכת השו"ב החדשה בצבא ארה"ב

6 בנובמבר 2025

That's a tank': Army introduces AI-aided target recognition to Next Gen C2 prototype

הצבא האמריקני מרחיב את ההיקף והמורכבות של ניסויי אב הטיפוס של מערכת השו"ב החדשה (NGC2) והכליל בה מודל בינה מלאכותית [ב"מ] לסיוע בזיהוי מטרות. בתרגיל שנערך בספטמבר אומן המודל לזהות רכבים ישנים, המשמשים כמטרות, כטנקים. כך מיוצרת באופן אוטומטי משימת אש. נעשה שימוש ברחפן תצפית ובמערכת תצפית קרקעית כדי לבצע זיהוי מטרות והערכת נזקים, וכן נבחן שרשור קצר של משימת אש מדרג המטה עד לתותח היורה (גרסה ראשונית של AXS – Artillery Execution Suite) - במקרה זה תותח בודד M777A2. יכולת הב"מ שולבה בניסויי מערכת השו"ב שנועדו לבדוק אותה בסביבות ההולכות ונעשות מורכבות יותר, ולקראת שדרוגה מרמת הגדוד לרמת החטיבה בניסויים בקיץ הבא.

לטענת מפקד היחידה המתאמנת, רכישת המטרות מהירה יותר, אולם לא ניתן לכך נתון כמותי. האתגר בהמשך הוא הוספת מטרות ובדיקת יכולת הב"מ להבדיל ביניהן. קצב הקרב (נוהלי קרב ולוחות זמנים) מהיר יותר ונעשה בתצורה מבוזרת יותר. מושקע מאמץ רב באימון המודלים. לעתים המודל לא בטוח ומעביר את ההחלטה לאדם, ולעתים הב"מ בטוחה בתוצאה ואז היא מעבירה לבחינת המשתמש את מיקוד המידע שהביא להחלטה. העבודה מלווה בידי חברות ב"מ המסייעות בהדרכת הכוח המתאמן לאימון המודלים בצורה טובה יותר מול הבעיות בהן הם נתקלים. בתרגיל הוצבו גם שישה צמתי שו"ב ברשת בנוסף ליחידות הקצה כדי לייצר עומס ולבדוק את היחס הנכון בין יכולת תעבורה של הרשת ליכולת עיבוד ואחסון. בשלבים הבאים של הניסויים יתווספו שמונה צמתים נוספים וכן כמות התותחים תגדל לשלושה, ובהמשך לסוללה שלמה. כמו כן, תיבחן מניעת ניגודי שימושים בתוך האווירי המוגדרת כבעיה מורכבת.

מטרת הדיוויזיה המתרגלת אינה רק לשפר ולייעל את האופן בו היא נעזרת בטכנולוגיה החדשה, אלא לבחון מחדש את השילוב האופטימלי בין הטכנולוגיה ושינויים בארגון, בגישה המבצעית ובפרוצדורות שונות להשגת יעדי הדיביזיה בצורה הרבה יותר טובה.

מנהל תוכנית NGC2 ציין שהתוכנית משפיעה על רבדים נוספים בצבא לרבות בהגנה, כמו אבטחת סייבר. המערכת מאפשרת לבצע הערכה מהירה של מצב אבטחת סייבר, מה שהשתפר לחלוטין מנקודת מבט מוסדית. הוא ציין שניתן להכניס יכולות חדשות למערכת זמן של ימים אחדים, לעומת יותר משנה בעבר. כמו כן, מחסומים היסטוריים בין נתונים טקטיים לנתונים ארגוניים נפרצו. הכול מידע צבאי והכול נגיש בכל דרג.

יבשה

18. שת"פ הודו–צרפת יביא להודו נשק לייזר נגד כטב"מים

13 בנובמבר 2025

Axiscades to Bring France's Helma-P Laser Counter Drone System to India

חברת Axiscades מהודו וחברת Cilas מצרפת חתמו על זיכרון דברים כדי להביא להודו את Helma-p - מערכת נשק לייזר נגד כטב"מים. במסגרת הפעילות המערכת תשולב עם ארכיטקטורת השליטה והבקרה של Axiscade המותקנת על מערכות ניידות להתמודדות עם כטב"מים. השילוב של חיישנים, מערך שליטה ובקרה יחד עם תחזוקה מקומית, יקדם את הודו במטרה להתבסס על התעשייה הצבאית המקומית, בעודה נותנת מענה לצרכי הביטחון המבצעיים של הודו.

לדברי Axicade המטרה היא לקדם את המגמה של Atmanirbhar Bharat "הודו עצמאית", לחזק את עצמאות האקוסיסטם של תעשיית הביטחון ולתרום לחידושים בצבא הודו דרך שיתוף פעולה עם חברות מתקדמות בעולם.

Helma-P

המערכת הוכיחה שהיא מסוגלת לאתר, לזהות ולהשמיד מטרות בדיוק רב בשטחים פתוחים וגם בסביבה עירונית צפופה. כבר נעשה בה שימוש במהלך המשחקים האולימפיים בפריז ב- 2024 והוכיחה את יעילותה בתנאים בהם נדרשה אבטחה מרבית. טווח המערכת 1.7 ק"מ והיא מסוגלת לנטרל איומים על ידי שיבוש המערך האופטי או השמדת המטרה. המערכת אינה דורשת חימוש ובכך מקטינה עלויות. היא פועלת בשקט, וכמעט ואין לה חתימה חזותית במהלך הירי. מעבר ליכולותיה לפגוע בכטב"מים, המערכת מסוגלת לנטרל רובוטים, מכ"מים, מטעני צד, רקטות , פגזי ארטילריה ופצמ"רים.

מומלץ לצפות בסרטון

יבשה

19. צבא שוויץ שואף להצטייד באמצעי הסוואה רב-ספקטרליים

13 בנובמבר 2025

Multispectral Camouflage Tech

אגף הרכש הביטחוני של שוויץ (Armasuisse) ביצע בדיקות נרחבות של טכנולוגיות הסוואה לכלי רכב והחליט להעניק חוזים ל-SSZ Camouflage Technology AG משווייץ, Saro GmbH מגרמניה ו-Saab משוודיה. תוכנית הרכש מכסה 14 סעיפים שונים הקשורים לפתרונות ההסוואה וכל אחד מהספקים נדרש לספק מענה טכנולוגי העונה בצורה הטובה ביותר על הצרכים הטכניים והתפעוליים של הצבא השווייצרי.



תצוגה של כלי רכב צבאיים שווייצריים המצוידים במערכות הסוואה רב-ספקטרליות

ההערכה של המענים תאפשר לבחון את הביצועים, פוטנציאל אינטגרציה וגורמים לוגיסטיים וכלכליים. Armasuisse הבהירו כי חלוקת חוזים בין מספר חברות, תרחיב את הגיוון הטכנולוגי, ותחזק את התחרותיות של משרד ההגנה של שווייץ. התוכנית גם מתיישבת עם אסטרטגיית מדיניות החימוש של שווייץ, המעודדת מעורבות חזקה יותר של התעשייה המקומית תוך שמירה על גישה לטכנולוגיות מובילות באירופה.

טכנולוגיית הסוואה רב-ספקטרלית

הסוואה רב-ספקטרלית מספקת הגנה מפני מערכות סיור ומודיעין מודרניות שמזהות הרבה מעבר לעין האנושית. חיישנים קרקעיים ואוויריים, במיוחד רחפנים, מזהים אותות ויזואליים ותת-אדומים במגוון תחומים, בעוד שהרדאר עוקב אחר מטרות באמצעות מיקרוגל סורק. לפיכך, ההסוואה הרב-ספקטרלית החדשה של שווייץ אמורה להתאים את הפרופיל הוויזואלי, התת-אדום והמכ"מי של האובייקט המוסווה לסביבתו, ולהפחית את הקונטרסט בין התחומים השונים. הטכנולוגיה מאפשרת לרכב, כוח אדם ותשתיות להשתלב (להיבלע, להפחית חתימה), עם סביבתם בתנאי אור ומזג אוויר משתנים, ולהתמודד עם איומי המעקב העדכניים ביותר.

יבשה

20. צבא טורקיה הכניס לשימוש תומ"ת ראשון מפיתוח וייצור מקומי

11 בנובמבר 2025

Turkish Army Inducts First Domestic Self-Propelled Howitzer



התומ"ת הטורקי T-155 TTA Panter howitzer

צבא טורקיה הפעיל את התומ"ת הראשון שלו שפותח באופן מקומי, ומסמן אבן דרך משמעותית בחתירה של המדינה לעצמאות ארטילרית.
התומ"ת האופני T-155 TTA משלב את התותח Panter בקוטר 155 מ"מ של MKE על שלדת BMC 8×8 הכוללת את מערכת בקרת האש של Aselsan. תכלול המערכת בוצע על ידי מינהל התחזוקה הראשי של משרד ההגנה. הפרויקט זה הוענק בשנת 2020 לחברה הביטחונית הטורקית ASFAT, וניסוי הירי הראשון נערך בדצמבר 2022. הניסויים הסתיימו לאחר תוכנית הסמכה בת שלוש שנים, שבמהלכה נסע האב-טיפוס למעלה מ-20,000 קילומטרים על פני שטחים מגוונים וירה כ-350 פגזים במגוון תרחישי אש חיה.

מאפייני התומ"ת T-155 TTA

לתותח המנויד על מרכב אופני, טווח נסיעה בכביש של כ-600 קילומטרים ויכולת להגיע למהירות מרבית של 80 קילומטרים בשעה. הוא נושא 24 פגזים ויכול להגיע לקצב ירי של עד שישה פגזים בדקה, כאשר הראשון נורה תוך 30 שניות מרגע הפריסה. בהתאם לקליע ולמטען ההודף, טווח הירי מגיע לכ-18 קילומטרים בפגזי נפיץ M107 HE, 30 קילומטרים עם פגזי נפיץ M549A1 HE, ועד 40 קילומטרים בעת ירי פגזים בעלי טווח ארוך מדגם MOD 274. הפלטפורמה כוללת מערכת בקרה וניטור ממוחשבת, מחשב בליסטי תואם C4I, וניווט אינרציאלי המשמש גם להכוונת התותח. ציוד נוסף כולל מכ"ם מהירות לוע ומצלמה תרמית.
המיגון הבליסטי כולל תא נהג משוריין לפי תקן STANAG 4569, עם הגנה בליסטית מפני מיקוש ואופציונלית למבנה העל. עמידה בתקני מזכר ההבנות הבליסטיות המשותף של נאט"ו לתותחי 155 מ"מ משפרת עוד יותר את יכולת הפעולה ומייעלת את הלוגיסטיקה.
מלבד היותו ההוביצר הראשון שפותח בטורקיה, התומ"ת T-155 TTA הוא גם מערכת הארטילריה האופנית הראשונה של טורקיה, המציעה ניידות משופרת בכביש ועלויות תחזוקה מופחתות בהשוואה לפלטפורמות זחלית.
הצבא הטורקי מפעיל כיום יותר מ-280 הוביצרים זחליים מדגם T-155 Fırtına, שיוצרו באופן מקומי באמצעות העברת טכנולוגיה מקוריאה הדרומית, יחד עם תותחים M52 משודרגים ותותחים M44 ו-M110 אמריקניים ישנים.

יבשה

21. צבא ארה"ב מעוניין להצטייד בפגזי מצרר 155 מ"מ

25 בנובמבר 2025

US Army wants to manufacture 30,000 155mm cluster shells per year

צבא ארה"ב פרסם החודש "סקר שוק" במטרה לאתר תעשיות שמסוגלות לייצר 30,000 פגזי מצרר בכל שנה (כיום מייצרים בארה"ב 40,000 פגזי ארטילריה כל חודש, בגלל צרכי השוק – מלחמת אוקראינה בעיקר). לפי המסמך החדש קיימת גם אפשרות שהייצור יבוצע ע"י מספר תעשיות.

התוכניות לייצור מאסיבי של תחמושת מצרר מתייחסת לשני סוגי פגזים:

XM1180 – עם פצצונות נגד טנקים ו-XM1208 עם פצצונות נ"א ונגד רכב רך.

המטרה היא לצייד את הצבא בפגזי מצרר מבלי לפגוע בהסכמים בינלאומיים בנדון. הכתבה סוקרת את ההיסטוריה של תחמושת מצרר החל מהשימוש שנעשה ע"י חיל האוויר הגרמני במלחמת העולם השנייה, דרך פגזי מצרר שהיו בשימוש הצבא הרוסי והאמריקני (תותחים 155, טילי Lance, ו-MLRS) וגרמו לאחוז גבוה של נפלים, ועד להסכם בין לאומי על איסור השימוש, (בסוף גם של ארה"ב) בתחמושת כזו, כשאחוז הנפלים מעל 1%.

מבחינת ארה"ב, המדיניות שונתה ב-2017 וממשיכים להחזיק מלאים של תחמושת שאסורה בינלאומית.

הבעיה של תחמושת עם אחוז נפלים מתחת ל-1% כרוכה בהשקעות גדולות, והחליטו להחזיק "מלאי חירום".

בפגז XM1208 יש 9 תתי חימוש, אשר נפלטים מהפגז במעופו ע"י מרעום זמן אלקטרוני M762/A1 ומיוצבים באוויר ע"י "סרט ייצוב", המפעיל את מרעום הקרבה.

הפיצוץ של התת-חימוש הינו בגובה 1.5 מ' מעל למטרה וכך מפזר 1,200 רסיסי טונגסטן. אם מרעום הקרבה אינו מפוצץ את החימוש, יש גיבוי בארבע דרכים: פיצוץ בפגיעה במטרה או ע"י גיבוי פירוטכני או אלקטרוני כפול – למניעת נפלים.

יבשה

22. הטנק החדש של גרמניה זה שלושה עשורים, Leopard 2A8

24 בנובמבר 2025

Leopard 2A8' Debuts as Germany's Newest Battle Tank in Three Decades



הטנק Leopard 2A8. צילום: צבא גרמניה

ליבה דיגיטלית חדשה ומערכת הגנה אקטיבית (APS) Trophy (מפיתוח רפאל) מעניקים לטנק Leopard 2A8 זיהוי מהיר יותר של איומים, אמצעי נגד מיידיים ומודעות חדה יותר לשדה הקרב.
הטנק החדש בגרסה 2A8 "תוכנן מהתחלה" ומציג ארכיטקטורה שונה ומודרנית לחלוטין יחסית לקו הטנקים הוותיק של Leopard. הוא משלב מגוון רחב של כישורי הגנה ו"עמוד שדרה דיגיטלי" חדש. השינוי הגדול ביותר הוא מערכת ההגנה האקטיבית (APS) Trophy, אשר משמידה איומים נכנסים לפני שהם פוגעים בטנק. ארבע אנטנות מכ"ם ושני משגרים על הצריח יוצרים "מגן בלתי נראה" שמזהה, עוקב ומיירט איומי נ"ט בזמן אמת. מעבר למערכת הגנה, הטנק קיבל תובה מחוזקת, עם עמידות משופרת בפני פיצוץ. מהירותו המרבית 60 קמ"ש.
הצוות כולל כרגיל ארבעה אנשי צוות: מפקד, תותחן, טען ונהג.

אותם כלי נשק, 'חיה שונה'

הדגם 2A8 שומר על עוצמת האש המוכרת של תותח בקוטר 120 מ"מ בעל טווח של 5 קילומטרים ושני מקלעים בקוטר 7.62 מ"מ לשיפור הקטלניות. על פי הדיווחים, הטנק מצויד במערכת חישה ומיקוד חדה יותר. המקלעים משולבים כעת עם משגר רימוני עשן למיסוך מהיר, בעוד שהמערכת הדיגיטלית של הטנק משלבת כוונות יום ותרמיות עם מודעות מצבית של 360 מעלות. המפקד מקבל פריסקופ פנורמי חדש עם מד טווח לייזר, והתותחן נהנה מאמצעי בקרה פשוטים שנועדו לקרבות מהירים.
הטנק Leopard 2A8 ערך לאחרונה את הופעת הבכורה הפומבית שלו במפעל KNDS במינכן, אך הבדיקות לפני שהטנקים ייכנסו לשירות פעיל עדיין לא הושלמו.
גרמניה צופה שהיחידות המבצעיות הראשונות יסופקו בשנת 2027, וכל 123 הטנקים שהוזמנו על ידי צבא ליטא יסופקו בשנת 2030.
שר ההגנה הגרמני הצהיר: "אנו חיים בתקופה של משבר וסכסוך, זמנים אלה דורשים יותר אמצעי לחימה והתרחבות הצבא. אנחנו צריכים להגביר את מאמצינו עוד יותר. הראינו כיצד ניתן להשיג תפנית אמיתית ועלינו לבנות על כך. אנו זקוקים לתעשייה שמספקת את הדרוש לצבא - במהירות, בעוצמה ובאיכות גבוהה."
[יבשה]

23. ארה"ב: ערכה לשיגור תחמושת משוטטת מטנק Abrams

8 בדצמבר 2025

[General Dynamics Demos PERCH Loitering Munition Launcher from Abrams]
חברת General Dynamics Land Systems הדגימה ערכה מודולרית חדשה המאפשרת לרק"ם מסוג Abrams ו-Stryker לשגר תחמושת משוטטת מדגם AeroVironment.
מערכת Precision Effects & Reconnaissance, Canister-Housed (PERCH), שפותחה במשותף עם AeroVironment, אינה דורשת ריתוך או חיתוך להתקנה. המערכת תואמת לטנק המערכה הראשי M1A2 Abrams SEPv3 ולנגמ"ש Stryker. ב-Abrams, היא מחליפה את תיבת הטעינה sponson ומתחברת ישירות לנקודות חיבור קיימות. גרסאות עתידיות מתוכננות להתחבר ישירות למערכות המחשב המובנות של הרק"ם.
PERCH מאפשרת ליחידות לפרוס תחמושת משוטטת מדגם Switchblade הרחק קדימה בשדה הקרב תוך שמירה על כיסוי והסתרה. שילוב Switchblade 300 ו-600 בפלטפורמות של General Dynamics Land

Systems באמצעות ערכת PERCH המודולרית מספק יתרונות תפעוליים מיידיים - הרחבת טווח הגעה ומאפשרת אפקטים מהירים ומדויקים מעמדות מוגנות.

ההדגמה

היכולת נועדה לצייד פלטפורמות משוריינות באפשרויות מעקב מעבר לקו הראייה ותקיפה מדויקת.

במהלך ההדגמה בשטח ניסויים של צבא ארה"ב בפורט הוד, טקסס, בוצעה פריצת מכשולים מורכבת באמצעות סיור מעבר לקו הראייה ותקיפה מעבר לאופק של מטרות בעלות ערך גבוה.

נתוני המיקוד סופקו על ידי Switchblade 300 ו-Switchblade 600, שניהם שוגרו מטנק אברמס באמצעות מערכת PERCH. ל-Switchblade 300 טווח משוער של 10 קילומטרים, בעוד של-Switchblade 600 יכולת לפגוע במטרות ממרחק של עד 43 ק"מ.



מערכת PERCH על טנק ABRAMS. מקור: armyrecognition

יבשה

24. מערכות רק"ם: יכולות ומגמות בהתפתחות הטכנולוגית

11 בדצמבר 2025

TECHNOLOGY AND CAPABILITY DEVELOPMENTS

מגמות עיקריות של פיתוחי רק"ם בעולם

רוב הצבאות המודרניים בעולם מאמצים שלושה גורמים מרכזיים של שרידות ופיתוח רק"ם. הראשון הוא **הגנה אקטיבית** ושכבתית על הרכב, בעיקר נוכח האיומים שמציבים רחפנים וחימושים עיליים. השני הוא יישום מואץ של **מערכות הנעה חשמליות** מתקדמות וניהול אנרגיה חכם, במטרה להגדיל טווח פעולה ולתמוך בחיישנים ובאמצעי לחימה המותקנים על הרכב. השלישי הוא פלטפורמות 'פתוחות' ומודולריות, המבוססות "ערכות משימה ייעודיות גמישות" הניתנות להחלפה מהירה, דבר שמאפשר החדרה קלה ומהירה של טכנולוגיות חדשות.

מגמות אלו ניכרות בארה"ב, בריטניה, צרפת, גרמניה, איטליה, קוריאה הדרומית, יפן ואוסטרליה, כאשר חלק מהתוכניות עברו משלב הפיילוט לשלב הייצור, ובעיקר – לפריסה מבצעית בשטח.

מערכות שרידות מודרניות: לא רק שריון פסיבי אלא הגנה אקטיביות מסוג Hard-Kill (HK) **ומערכות הגנה בלתי מאוישות (צמודי רכב,** C-UAS)

הצבאות המודרניים כיום נעים אל מעבר לתפיסה של "תוספת שריון" בלבד, ומאמצים מודל "שרידות שכבתית" **המשלב הגנה פסיבית ואקטיבית** ונטרול איומים במרחב האווירי הנמוך, וזאת ברמת הכלי הבודד. מערכות הגנה אקטיביות "קשות" (Hard Kill APS) הופכות לסטנדרט בטנקי מערכה מודרניים. כך למשל, ארה"ב וגרמניה מפעילות את מערכת Trophy בציי ה-Abrams וה-Leopard שלהן; גם תוכנית Challenger 3

הבריטית נמצאת בשלבים מתקדמים של בדיקת יישום הגנה אקטיבית – מה שהופך למעשה את מערכת ההגנה האקטיבית לסטנדרט נאטו.

ברמת המסגרת, חטיבות ממוכנות משדרגות את מערכי ההגנה האווירית "קצרת הטווח" (SHORAD) עם יכולות אינהרנטיות נגד רחפנים המותקנות על גבי רכבים. מערכות כגון Skyranger 30 הגרמנית, המותקנת על Boxer 8×8, וכן מערכות דומות על פלטפורמות גלגליות אחרות, מצביעות על מגמה זו. ארה"ב מאמצת גם אמצעי אנרגיה מוכוונת נגד רחפנים, עם מערכת DE M-SHORAD בהספק 50 קילוואט על רכב Stryker, שכבר עברה משלב ניסויי לשימוש מבצעי.

גם מערכות הגנה רכה (soft kill) מיושמות בדור החדש של רכבי הלחימה, כהשלמה לאמצעי HK; בין האמצעים: עשן רב־ספקטרלי / הסתרת IR, מערכות שיבוש אלקטרוניות, פיתיונות וסנסורים היקפיים – כולם מרושתים בארכיטקטורות דיגיטליות פתוחות (GVA/NGVA)[1] המשלבות מכ"ם וחיישנים אלקטרו-אופטיים/אינפרה-אדומים, מפעילות אפקטורים ומאפשרות עדכוני תוכנה מהירים.

הספק חשמלי ויעילות אנרגטית: "תצפית שקטה" והנעה היברידית

במקום להתייחס להנעה חשמלית ולאספקת חשמל כאל נושא משני, צבאות מודרניים רואים בהם אמצעי לחימה בפני עצמם. אנו רואים שבפלטפורמות החדשות - כגון eJLTV וכן באבות-טיפוס היברידיים-חשמליים כמו AbramsX ו-StrykerX, - המתכננים שמים דגש על הגדלה משמעותית של ההספק החשמלי הזמין למערכות אנרגיה מוכוונת, חיישנים ומשבשים ויחד עם זאת תוך הפחתת צריכת הדלק בעשרות אחוזים. יוזמות אלו נועדו לאפשר זמן "תצפית שקטה" (silent-watch) ארוך יותר ותנועה שקטה יותר, עם חתימות אקוסטיות ותרמיות מופחתות – מבלי לפגוע בניידות או בטווח.

כדי לאפשר לצוותים להפעיל בו־זמנית תרני א"א/IR מכ"מים נגד רחפנים, אפקטורים ומערכות ניהול קרב – אנו רואים שבכלי רכב חדישים מיושמות גם רשתות חשמל במתח גבוה יותר וניהול אנרגיה חכם ברמת הארכיטקטורה. הדבר מתבטא ביתרונות לוגיסטיים כוללים בשל חשיפה מופחתת בצירי אספקה מאוימים בזכות פחות תדלוקים, והטמעה קלה יותר של "ערכות יכולת" על פני סוגי רכב שונים בזכות ממשקי חשמל קומונליים.

יישום "ארכיטקטורה פתוחה" ופלטפורמות במבנה מודולרי מאפשרים שדרוגים קלים ורב משימתיות.

מודולריות הפכה לעיקרון ארגוני של ציי היבשה, ולא רק סיסמת רכש. צבאות יכולים כיום להסב רכבים מנשיאת חי"ר (נגמ"ש) לרכבי פיקוד או לרכבי נ"מ בתוך שעות במקום חודשים, הודות לעקרונות של מכללי הנעה ומשימה מודולריים – הניתנים ליישום בכל הכלים המשותפים למשפחות 8×8 כמו BOXER. תשתית דיגיטלית אחידה ומערכת ניהול קרב אחידה הופכים את הציים ל"מוגדרי תוכנה", ומאפשרים שילוב חיישנים חדשים, מערכות הגנה אקטיביות ומטע"דים נגד רחפנים עם מינימום השקעות תכן – כפי שהדבר מודגם בתוכנית SCORPION הצרפתית (Griffon, Jaguar, Serval) .

תקנים כמו NGVA של נאטו או GVA הבריטי מחייבים ממשקי נתונים, חשמל וממשק אדם-מכונה פתוחים, כדי לצמצם תלות בספקים ולהאיץ קצב עדכונים. מדינות המאמצות תכנון "משפחתי", כגון רכב הגלגלים הטקטי המשותף של יפן או Patria 6×6/CAVS בצפון אירופה, נהנות לא רק מריבוי גרסאות (לוחמים, פיקוד ושליטה, אמבולנס, מרגמות, הגנה אווירית), אלא גם מהדרכה, חלפים וכלים דיגיטליים משותפים. התוצאה היא צי המסוגל לקלוט טכנולוגיות בקצב התפתחות האיומים, באמצעות החלפת מודול משימה, טעינת תוכנה והוספת חיישן או אפקטור – וחזרה מהירה לקו הלחימה.

---

[1] GVA and NGVA primarily refer to the Generic Vehicle Architecture and NATO Generic Vehicle Architecture, standards used in military land vehicles to promote modular, open, and interoperable electronic systems. GVA can also mean Gross Value Added in an economic context.

שילוב טכנולוגיות מהדור הבא: בינה מלאכותית, רובוטיקה ואוטונומיה

מערכים מבוססי בינה מלאכותית, תומכי-אוטונומיה, מחליפים את "האוטומציה בקצה" בצבאות מודרניים. תוכנית RCV (Robotic Combat Vehicle) של צבא ארה"ב מגדירה תהליך מעבר וייעוד מבצעי לכלים הרובוטיים אשר יפעלו לצד כוחות מאוישים, ומגיעה לכדי בשלות מבצעית. דוגמה נוספת היא תוכנית RACER של DARPA המתאפיינת ברק"ם אוטונומי המסוגל לנוע במהירות בשטחים קשים – off road.

לצורך החלפת הנהג בכלים טקטיים כבדים - בחליפת חיישנים ממוחשבת, רוכש צבא ארה"ב משאיות מסוג PLS A2 (Palletised Load System) המוכנות לתיפקוד אוטונומי , אשר מסוגלות להשתלב במערך הלוגיסטי במסגרות הרלוונטיות. שילוב האמצעים האוטונומיים במערך המאוש יאפשר מצב שבו בינה מלאכותית AI מטפלת בניווט, התמצאות מרחבית ותכנון מסלולים, בעוד שהחיילים מפקחים ושומרים על קבלת ההחלטות בעלות משמעות קטלנית.

באירופה, תוכנית SCORPION הצרפתית משלבת מלכתחילה תשתיות דיגיטליות מוכנות ל- AI כחלק מהדוקטרינה. גרמניה משקיעה מיליארדי אירו ברשת טקטית רחבת-היקף (TaWAN LBO) להגדלת האוטונומיה של פלטפורמות, חיישנים ואפקטורים באמצעות קישוריות אמינה רחבת-פס.

גם ישראל – בשל לקחי הלחימה העצימה בעזה - מאיצה מאמצי פיתוח של שילוב מערכות יבשתיות רובוטיות ממשימות בט"ש בלבד – לרמה אוטונומית מלאה.

תוכניות כמו AWE של הצבא הבריטי (Army Warfighting Experiment-AWE) וכן ה-RPV (Robotic Platoon Vehicle) עושות שימוש במשימות משולבות (אוטונומיות + מאוישות) למשימות לוגיסטיות-אספקתיות , למשימות סיור וכן נגד כטב"מים/רחפנים. האוטונומיה מוטמעת הן בציים קיימים והן בכלים חדשים. השותפות ב- AUKUS (Australia & USA) ערכו את ניסוי TORVICE לבחינת כלים אוטונומיים בתנאי לוחמה אלקטרונית.

בנוסף - אוסטרליה מסבה נגמ"שי M113 AS4 ותיקים לכלים קרביים עם 'צוות אופציונלי' - Optionally Crewed Combat Vehicles (OCCV) תוך בדיקת תפעול מרחוק, היתוך חיישנים ותפקודי אנוש כחלק מהמערכת. חלק מהיצרנים משלבים גם תמיכה בהחלטות בינה מלאכותית – AI, כמו בכלי CV90.

באזור אסיה-פסיפיק, קוריאה הדרומית ניסתה UGV רב-תכליתי ומדגימה שיתוף מאוש-בלתי מאוש לפעולות יבשה ואמפיביות. גם קוריאה בוחנת כרב"מים בשילוב עם כלים מאוישים במשימות יבשתיות ואף אמפיביות.

מערכות קשר – ושיתוף פעולה בין אדם למכונה

הצבאות המודרניים מפתחים יכולות חסינות נגד התקפות סייבר ו"הפצצות אלקטרוניות" באמצעות פיתוח מערכות טקטיות חסינות בעלות ארכיטקטורה המאפשרת גידול והרחבה. מיבצוע מערכים אלה, ברמת האוגדה החל ב-2025. בארה"ב, הרשת הטקטית המשולבת של הצבא מתרחבת מרמת "חטיבות קלות" לחטיבות משוריינות שבמסגרת , תוך הכנסת תקני CMOSS/SOSA[1] המאפשרים החלפת מכשירי קשר, חיישני ל"א וכרטיסי מחשוב כ"מטע"דים", וניתוב אוטומטי של מידע בעת שיבוש. באירופה ננקטים צעדים דומים: גרמניה העניקה חוזה ל-10 שנים למערכת TaWAN LBO עם תקציב התחלתי של 1.88 מיליארד אירו.

דוגמאות נוספות כוללות את הדיגיטציה של SICS/SCORPION בצרפת, שכבר חיברה מאות רכבי Griffon, Serval ו-Jaguar למערכת C2 משותפת, ואת רענון תוכנית Morpheus/TacCIS LE הבריטית, למרות שיבושי לוח זמנים. כל הפרויקטים הללו שואפים ליצור רשתות "fight-plugand" הידידותיות ל-NGVA/GVA, המשתלבות בגישת רשת המשימות המאוחדות של נאט"ו ו'בקרת נשק בלולאה'.

[1] CMOSS/SOSA refers to the integration of the C5ISR/EW Modular Open Suite of Standards (CMOSS) and the Sensor Open Systems Architecture (SOSA) initiative

פרויקטים אלו מספקים גישה מעשית שמתחילה באוטונומיה מפוקחת וטלה-אופרציה, ואז מתרחבת לאוטונומית יותר. כך למשל - באירופה, תוכנית SCORPION של צרפת משלבת תשתיות דיגיטליות מוכוונות בינה מלאכותית כחלק ממדיניות אימוץ בינה מלאכותית במערכות נשק כחלק אורגני של הפיתוח מראשיתו. במקביל – כאמור - גרמניה משקיעה ברשת טקטית רחבת טווח (LBO TaWAN) בעלות של מיליארדי אירו כדי להגדיל את האוטונומיה של פלטפורמות, חיישנים ואפקטורים באמצעות קישוריות חזקה וברוחב פס גבוה.

יבשה

25. רכב רובוטי פותח במצרים

3 בדצמבר 2025

Aqrab unmanned vehicle marks Egypt's first public entry into armed ground robotics

בתערוכת קהיר בדצמבר 2025, התעשייה המצרית AOI (Arab Organization for Industrialization) הציגה דגם של רכב רובוטי צבאי חדש בשם Aqrab. הרכב פותח בשיתוף פעולה עם תעשייה תורכית, שסיפקה את "התוכנה וחבילות אוטונומיה". התעשייה המצרית יצרה את מערכות הרכב וביצעה את האינטגרציה.

התכונות העיקריות:

- רכב 6x6 עליו מבנה מוגן עם הנעה חשמלית
- מקלע "0.5 מותקן על המשטח בכן מיוצב הכולל גם מערכת בקרת אש/תצפית עם מצלמות יום-לילה (תרמית) ומד טווח לייזר.
- מבנה מודולרי – ארכיטקטורה פתוחה, המאפשרת שילוב של אמצעים אחרים על ידי לקוחות (מבחינת הנשק או אמצעים הנדסיים).
- הכלי הרובוטי מיועד למגוון רחב של תפקידים – סיור, סיוע באש, הגנה על צמתים, פעילות אורבנית (שקטה-הנעה חשמלית), בדיקת שטח לפני כניסת כוחות וכו'.
- המצרים מתכננים ייצוא למדינות ערב ולאפריקה.



Aqrab UGS mounts a stabilized 12.7 mm remote weapon station with day-night sensors for precise standoff fire against light armored and soft targets (Picture source: Army Recognition Group).

יבשה

26. התכן של חיישן ביות לפגז Excalibur Hit-to-Kill תוקף בניסוי

4 בדצמבר 2025

Raytheon Verifies Seeker for Excalibur Hit-to-Kill Artillery Round

חברת רייתיאון השלימה ניסוי שבו תוקף התכן של חיישן ביות לפגז הארטילריה Excalibur Hit-to-Kill - HTK שלה, ניסוי המהווה אבן דרך משמעותית בתוכנית. הבדיקה המוצלחת מאמתת את יכולתה של המערכת לזהות ולעקוב במדויק אחר מטרות. פגז ה-HTK מפותח במסגרת תוכנית Cannon-Delivered Area Effects Munition של צבא ארה"ב, כחלופה לא מצררית, המסוגלת לפגוע באופן אוטונומי במטרות נעות בטווחים ארוכים תוך מזעור נזק אגבי. הפגז המפותח מתבסס על משפחת אקסקליבר המוכחת בקרב, הנורית מתותחי 155 מ"מ. בפגז החדש מוחלף הרש"ק הנפיץ ברש"ק קינטי המיועד להביס איומים משוריינים, כולל טנקים, נגמ"שים ומערכות הגנה אווירית וארטילריה מתניידות.

פגז HTK מתבסס על מאפיינים של החימוש החכם StormBreaker של Raytheon, ומשלב חיישן מולטי-מודלי לכל מזג אוויר, המותאם לתנאי שדה קרב דינמיים ועמיד בפני אמצעי נגד של האויב. החיישן מאפשר גילוי, סיווג ומעקב אוטונומיים אחר מטרות בשלב הסופי של המעוף, מה שמאפשר לפגז לפגוע במטרות נעות ובמטרות שמיקומם אינו ידוע בדיוק רב. טווח הירי צפוי להיות יותר מ-60 קילומטרים והפגז תואם לתותחי הוביצר הקיימים של צבא ארה"ב, כגון M777.

על פי בקשת התקציב של צבא ארה"ב, הפגז החדש : (1) משדרג את האקסקליבר הבוגר עם חיישן לגילוי מטרות משוריינות, (2) הוא הפתרון המהיר ביותר לטפל בארבעה פערים בעלי סיכון גבוה במיוחד על ידי הבסת מטרות משוריינות נעות וממוקמות באופן לא מדויק בטווחים ארוכים, (3) תואם באופן מלא לתותחי הוביצרים הנוכחיים של הצבא, ו-(4) בעל סיכוי גבוה לתאימות לתותחי הוביצר עתידיים (ERCA ו-M777ER). כמו כן, השימוש בפגז החדש יפחית משמעותית את העלות להרג (כיוון שהדיוק יקטין את מספר הפגזים שיש לירות) ויקטין את הסיכוי לנזק אגבי בהשוואה לתחמושת מצרר קיימת שאינה תואמת הנחיות משפטיות.



יבשה

אוויר והגנ"א

27. X-BAT – מקל"ט אוטונומי חדש

21 באוקטובר 2025

The Rise Of X-BAT

חברת Shield AI חושפת את X-BAT, מקל"ט אוטונומי חדש, חמקן ומונע סילון, המסוגל להמריא ולנחות אנכית (VTOL), יכולת שמעניקה לו חופש פעולה מלא ללא תלות במסלולי המראה. המקל"ט מתוכנן להוות "לוחם אוטונומי" מתקדם בעל יכולות שקרובות לאלו של מטוסי דור חמישי כגון F-35, אך בעלות נמוכה משמעותית ובעיצוב מודולרי המאפשר שדרוגים עתידיים מהירים.

מאפיינים עיקריים: אורך 8.3 מטר, מוטת כנפיים 12.5 מטר, מנוע סילון עם מבער אחורי, טווח מרבי: 2,000 מייל ימי (3,600 ק"מ), תקרת שירות: 50,000 רגל, מבנה מודולרי ואדריכלות משימות פתוחה. היתרון המרכזי: המראה אנכית.

לפי מנהל חטיבת כלי הטיס של Shield AI, יכולת ההמראה האנכית היא קריטית משום שבתרחישי לחימה ארה"ב מאבדת יותר מטוסים על הקרקע מאשר באוויר. סין בונה אסטרטגיה המבוססת על פגיעה בבסיסים, במסלולים ובמטוסי תדלוק, ו-X-BAT מציע פתרון שעוקף את התלות בהם.

החזון המבצעי: המערכת נועדה להתמודד מול עליונות הייצור של סין באמצעות חדשנות במקום השקעות עתק בפלטפורמות יקרות, יצירת לוחם אוטונומי שניתן לפרוס בקלות ובעלות נמוכה, שינוי מאזן הכוחות באוקיינוס השקט באמצעות גמישות משימתית גבוהה ויכולות חמקנות.

סרטון



Source: Shield AI

אוויר

28. בקוריאה הדרומית הוצגו שלושה כטב"מים חדשים

23 באוקטובר 2025

Korean Air Unveils Three New Unmanned Aircraft at Seoul ADEX 2025

חברת Korean Air הציגה בתערוכת ADEX 2025 שלושה כלי טיס בלתי מאוישים חדשים:

LOWUS – אב־טיפוס של כלי טיס חמקני המשמש כ־Wingman למטוסי קרב מאוישים במסגרת יכולות MUM-T.

מקל"ט מתאבד בינוני – ממשיך את פיתוח כלי התקיפה הקטן, עם יעד לסיום פיתוח ב־2026.

KUS-FX – דגם מלא של כלי טיס קטן למשימות סיור באזורים מסוכנים.

בנוסף, החברה מציגה את כל משפחת הכטב"מים הקיימת שלה, כולל KUS-FS, KUS-FT ו־KUS-VS, יחד עם טכנולוגיות אוטונומיה מבוססות AI לשיפור יכולת קבלת החלטות וביצוע משימות ללא מפעיל.

Korean Air מציגה גם הישגים בתחום Advanced Air Mobility, כולל מערכת ניהול התנועה האווירית ACROSS ופתרונות תחזוקה מבוססי AI, ומחזקת את מעמדה כמובילה עולמית בתחום התעופה הבלתי מאוישת.

אוויר

29. איירבס הציגה מסל"ט מטען חדש

23 באוקטובר 2025

Airbus Displays MQ72C Lakota Connector Unmanned Helicopter

חברת Airbus הציגה את MQ-72C Lakota Connector, מסוק בלתי מאויש חדש המבוסס על פלטפורמת H145/UH-72, שתוכנן במיוחד למשימות לוגיסטיות אוטונומיות בשטחים מאוימים. המסוק כולל שני תאי מטען גדולים, מה שמאפשר נשיאת אספקה חיונית למרחקים ארוכים ללא סיכון לחיי אדם. המערכת נחשבת בשלה ומוכנה לייצור, שכן היא מפותחת על אותו קו ייצור שבו נבנו מאות מסוקי Lakota, מה שמבטיח אמינות ושרשרת אספקה יציבה. המסוק משלב תוכנת אוטונומיה מתקדמת (Hivemind) ויכול לפעול גם ללא תקשורת רציפה, תוך ביצוע המראות, ניווט ונחיתות באופן עצמאי.

MQ-72C הוא חלק ממאמץ רחב של הצבא האמריקני לפתח לוגיסטיקה אוטונומית, ובהמשך עשוי לקבל יכולות משימה נוספות כמו ISR או תקיפה קלה. הכלי מציע פתרון זול יחסית וגמיש, שיכול להפוך לרכיב מרכזי בתמיכה הלוגיסטית של הכוחות בשדה הקרב העתידי.



Sources: Army Recognition; Airbus

אוויר

30. ספינת אוויר למשימות ביטחוניות

28 באוקטובר 2025

Airlander 10 order placed by defence industry

חברת Hybrid Air Vehicles HAV אישרה כי שלושה כלי טיס מדגם Airlander 10 הוזמנו על-ידי לקוח בתחום הביטחון.

Airlander 10 הוא ספינת אוויר בעלת עיצוב מודולרי, המסוגלת לשאת יותר מ-100 נוסעים או מטען של 10 טון. הכלי תוכנן וקיבל תחילה הסמכה לשימוש אזרחי, אך טבעו הגמיש מאפשר להתאימו לדרישות לקוח שונות. ההזמנה הזו מסמנת את ההזמנה הראשונה מצד גורם הפועל במגזר הביטחוני.

בין אם הוא מצויד במערכי חיישנים מולטי-ספקטרליים למשימות ISR, מותאם להובלת כוח אדם, ציוד וחומרים ליעדים מרוחקים, או ליכולת לשאת, לשחרר ולאסוף נחילי רחפנים, Airlander מציע אפשרויות חדשות בתחום הביטחון, כך אומרת החברה.



Source: HAV

[אוויר](#)

31. המקל"ט YFQ-44A Fury ביצע טיסת בכורה

31 באוקטובר 2025

[Anduril's YFQ-44 Fury 'Fighter' Drone Has Flown]

המקל"ט YFQ-44A Fury של Anduril ביצע טיסת בכורה מוצלחת, והפך לדגם השני במסגרת תוכנית CCA של חיל האוויר האמריקני, שכבר נמצא באוויר (אחרי YFQ-42A של General Atomics). טיסת הבכורה מהווה אבן דרך משמעותית בתוכנית, שמטרתה לפתח כלי טיס אוטונומיים שיפעלו לצד מטוסי קרב מאוישים.

חיל האוויר מדווח כי הטיסות יספקו נתונים קריטיים על ביצועים, אוטונומיה ושילוב מערכות. Anduril מדגישה שהמקל"ט תוכנן לפעול באופן אוטונומי למחצה מהטיסה הראשונה, ללא טייס מרחוק. בהמשך התוכנית: ניסויי טיסה מתקדמים בבסיסים אדוארדס ונליס, בחינת קונספטים מבצעיים, והיערכות לייצור בקנה מידה גדול במפעל חדש בארה"ב. חיל האוויר עשוי לרכוש 100–150 מקל"טים בשלב הראשון, אך טרם הוחלט אם לבחור ב-YFQ-42, ב-YFQ-44 או בשילוב של שניהם.

תוכנית CCA מהווה חלק ממערך העליונות האווירית העתידי NGAD. היא נשענת על ארכיטקטורה שמאפשרת פיתוח אוטונומיה אחוד, שילוב מהיר בין מערכות יצרנים שונים, ואף אינטגרציה עם כוחות זרים. השלב השני של התוכנית, Increment 2, צפוי להיראות שונה מאוד. כבר נחשפו שני דגמים אפשריים:

Vectis של Lockheed Martin ו-Project Lotus של Scaled Composites (Northrop Grumman).

הולנד הודיעה כי תצטרף רשמית לתוכנית.



Image credit: TWZ Reader

[אוויר](#)

32. טיסת בכורה של מסל"ט סיני בתצורת רוטור־טנדם

3 בנובמבר 2025

Chinese Tandem Rotor Drone Boying T1400 Makes Maiden Flight

מסוק בלתי מאויש סיני Boying T1400, בתצורת רוטור־טנדם, שפותח על ידי חברת United Aircraft, ביצע טיסת בכורה מוצלחת. מדובר בכלי טיס גדול (1,400 ק"ג) המיועד למשימות אזרחיות כמו ריסוס חקלאי, הובלה לוגיסטית, מניעת שריפות יער וניטור סביבתי.

T1400 מצויד בשני מנועים ובמבנה מרוכב מחוזק, ומציע עד שמונה שעות שהייה באוויר, תקרת שירות של 6,500 מטר ומהירות מרבית של 180 קמ"ש. הוא צפוי להמשיך בניסויי טיסה ושיפור מערכות לפני מעבר לייצור סדרתי. טיסת הבכורה מדגישה את התקדמות סין בתחום המסוקים הבלתי מאוישים ואת התחזקותה בשוק העולמי של מערכות אוויריות חכמות.



Source: Aviation News

אוויר

33. הצעה לשדרג את תותח המסילה האלקטרומגנטי למטרת הגנ"א

29 באוקטובר 2025

US could get 32-megajoule railgun that kills missile at 6 times the speed of sound

חברת ג'נרל אטומיקס מחייה את טכנולוגיית תותח המסילה האלקטרומגנטי במסגרת יוזמה אמריקנית מחודשת לשדרוג מערכות ההגנה בפני טילים ומטוסים. החברה הציגה תיאור גראפי של התותח בכנס השנתי של איגוד צבא ארה"ב בוושינגטון והציעה את המערכת ליוזמת ההגנה "כיפת הזהב" של הפנטגון. לפי החברה, מהירות הלוע ויכולת ההגנה מרחוק הופכות את המערכת לאידיאלית להגנה מפני איומים אוויריים וטיליים, תוך שימוש בכדורי טונגסטן כראשי קרב אפשריים. לפי התיאור הגראפי שהציגה החברה, תותח המסילה מסוגל לירות קליעים במהירות של עד מאך 6. הוצגו שלושה דגמים עם רמות אנרגיה של 3 עד 32 מגה-ג'אול, עם יכולת ליירט טילים בליסטיים וטילי שיוט.

הקונספט "הוקם לתחייה" ארבע שנים לאחר ביטול תוכניות תותח המסילה של חיל הים והצבא האמריקני בשנת 2021, בשל עלויות גבוהות, קשיים טכניים ושאלות על ישימות מבצעית. ג'נרל אטומיקס המשיכה במחקר ופיתוח עצמאי וטוענת כי פתרה בעיות הנדסיות מרכזיות כמו שחיקת הקנה ואינטגרציית הספק. לפי החברה, המערכת עובדת ואפשר להפוך אותה למבצעית. כמו כן, לטענת החברה, הפיתוח מושך תשומת לב ממשלות זרות.

ידוע שיפן וסין חשפו תותחי מסילה ניסיוניים על ספינות, וצרפת, גרמניה ויפן חוקרות מערכות דומות במשותף. תותחי מסילה משתמשים בכוח אלקטרומגנטי להאצת קליעים במהירויות היפרסוניות, ללא צורך בחומרי נפץ, מה שעשוי להפחית את עלות הירי לעומת מיירטים מסורתיים. תומכי הטכנולוגיה טוענים שהיא יכולה לשמש שכבת הגנה חסכונית במערכות הגנה מטילים, במיוחד מול מטחים מרובים. ג'נרל אטומיקס רואה בתותח המסילה רכיב מרכזי בהגנה על האי גואם, שהוא טריטוריה אמריקנית המשמשת כמרכז פעולה קדמי באזור האינדו-פסיפי. האי פגיע למתקפות טילים ארוכי טווח מסין, כולל טילי שיוט המשוגרים מצוללות. מערכת ההגנה הנוכחית של גואם תוכננה בעיקר מול איומים מקוריאה הצפונית, אך בכירים אמריקנים מזהירים כי עימות עם סין יוביל למטחים גדולים של נשק מתקדם. ארה"ב השיקה את יוזמת "מערכת ההגנה של גואם" לחיזוק ההגנה הרב-שכבתית באי.



אוויר

34. ג'נרל אטומיקס: דור חדש של מקל"טים חמקניים

5 בנובמבר 2025

Gambit Evolves: General Atomics Introduces New Stealth Attack Drone

Gambit 6 הוא הדור החדש בסדרת המקל"טים החמקניים של GA-ASI, אשר מוסיף לראשונה יכולות תקיפה אוויר-קרקע משמעותיות. הדגם כולל אוויוניקה במבנה פתוח, מודולי משימה ניתנים להחלפה ורמות אוטונומיה משתנות, המאפשרות התאמה לאיומים משתנים.

המערכת מרחיבה את המשפחה שכבר כוללת דגמים למשימות מודיעין, שליטה אווירית, לוחמה אלקטרונית ופעילות מבוססת ספינות. הדגם השישי משלב את כלל היכולות הקודמות עם דגש חדש על תקיפה מדויקת ופעולה בסביבה מאוימת. כל דגמי Gambit בנויים על תשתית משותפת החוסכת בעלויות הייצור ומאפשרת תחזוקה פשוטה ופיתוח מהיר של גרסאות עתידיות.

Gambit 6 צפוי להיות זמין למדינות זרות ב-2027 ובגרסה אירופית ב-2029.



Photo: GA-ASI

אוויר

35. ארה״ב מחפשת טילים זולים ליירוט אווירי

11 בנובמבר 2025

US Seeks Low-Cost Counter Air Missile Designs

חא"א משיק את תוכנית CAMP (Counter-Air Missile Program) לפיתוח טיל קרקע־אוויר שיוכל להתפתח בעתיד לטיל אוויר־אוויר זול. התוכנית מתמקדת בעלות נמוכה, מודולריות וייצור מהיר, בניגוד לתוכניות מסורתיות המכוונות לביצועים מקסימליים. המטרה היא לייצר 3,500–1,000 טילים בשנה, בעלות של פחות מ־500 אלף דולר ליחידה, תוך שימוש ברכיבים קיימים, כך שניתן יהיה לבצע טיסה ראשונה תוך תשעה חודשים. הפיתוח יתבצע בשלבים:

שלב 1: אבטיפוס קרקעי להדגמת טווח, מהירות וביצועים בתוך 24 חודשים.

שלב 2 ואילך: מעבר לתוכנית רשמית ויצירת גרסה של אוויר־אוויר, תוך שמירה על עקרונות עלות, מודולריות וייצור המוני.

התוכנית משתלבת במאמץ רחב יותר לשדרג את חימוש האוויר־אוויר של ארה״ב:

AIM-260 JATM מפותח להחלפת AMRAAM, עם בדיקות ירי חי בעיצומן ורכש החל מ־2026.

AIM-9X Block II ממשיך להיות טיל קרוב־טווח מרכזי, עם חוזה של 736 מיליון דולר שמעלה את הייצור לכ־2,500 טילים בשנה ושדרוגים משמעותיים לרב"ת, לקישור הנתונים וליכולת הנעילה לאחר השיגור.



Image: Dynetics

אוויר

36. נחשף מדגים לכטב״ם היברידי חדש מסוג VTOL

13 בנובמבר 2025

Joby notches first flight for hybrid VTOL aircraft

חברת Joby Aviation ביצעה טיסה ראשונה של מדגים לכלי טיס היברידי חדש מסוג VTOL, שפותח בשיתוף L3Harris ועתיד להיות מוצע לשימושים צבאיים. הכלי מבוסס על פלטפורמת S4 החשמלית של Joby, אך משולב בו מנוע היברידי עם טורבינת גז, שמאפשר טווח גדול יותר – דרישה מרכזית של הצבא האמריקני. הטיסה התקיימה במתקן החברה בקליפורניה ומהווה צעד לקראת הדגמות מבצעיות עבור ממשלת ארה״ב בשנה הקרובה. הכלי ייוצר כגרסה מסחרית על ידי Joby, בעוד L3Harris תתאים אותו למשימות צבאיות, כולל שילוב מערכת האוטונומיה SuperPilot.

הפיתוח מכוון למשימות כמו לוגיסטיקה בתנאים מאתגרים, תפקידי "drone wingman" ופעילות בזירות מאוימות כדוגמת האינדו־פסיפי. חא"א, שהתנסה בעבר בכלי eVTOL חשמליים בלבד במסגרת Agility Prime, מצא שהם מוגבלים בטווח ולכן בוחן כעת פתרונות היברידיים.

המהלך נחשב דוגמה לשיתוף פעולה דו־שימושי שמקדם הן את הצרכים הצבאיים והן את השוק המסחרי. ההכרזה נעשתה לקראת Dubai Airshow, שבו צפויות Joby ו־L3Harris להציג את יכולותיהן.



Joby photo

אוויר

37. רחפן סולארי, ללא סוללה

17 בנובמבר 2025

Battery-Free Drone Designed to Fly as Long as the Sun Shines

אב ובן, שבנו בעבר את הקוואדקופטר המהיר בעולם, פיתחו כעת רחפן הפועל על אנרגיה סולארית בלבד, ללא סוללות כלל. הפרויקט נועד לבדוק האם רחפן רב־מנועי יכול להישאר באוויר כל עוד השמש זורחת.

הרחפן בנוי ממסגרת סיבי פחמן קלה, מנועים ופרופלורים סטנדרטיים, ומערך של 27 פאנלים סולאריים שבירים המחוברים בטור ומפיקים כ־150 ואט בבדיקות הקרקע. הפאנלים הותקנו על מסגרת דקיקה וחוברו למבנה הרחפן, יחד עם מצלמות קטנות המאפשרות שליטה ב־VR. לאחר הבנייה יצאו השניים לשטח, שם הרחפן ביצע טיסה ראשונה המונעת ב-100% אנרגיה סולארית, ללא סוללות או קבלים.

למרות שהרחפן אינו מעשי לשימוש יומיומי, הוא מהווה פרויקט הנדסי מרתק שמדגים את הפוטנציאל של רחפנים סולאריים לחלוטין. לפי ההיסטוריה של המפתחים, כנראה שנראה גרסאות משופרות בקרוב.



Source: New Atlas

אוויר

38. מסל"ט גדול של סין עובר ניסויי טיסה

18 בנובמבר 2025

China's Large R6000 Uncrewed Tiltrotor Is Now In-Flight Testing

מסוק טילטרוטור הסיני החדש R6000 של United Aircraft, בגרסתו הבלתי מאוישת, נמצא כעת בניסויי טיסה ראשוניים. הכלי דומה מאוד בעיצובו ל־V-280 Valor האמריקני, במיוחד במנגנון הרוטורים המסתובבים, מה שמרמז על השראה או העתקה טכנולוגית.

R6000 מוצג ככלי לשימושים אזרחיים, כמו הובלת מטען, הסעת נוסעים ופעילות חירום, אך יש לו פוטנציאל צבאי משמעותי: טווח גדול, מהירות גבוהה ורדיוס פעולה רחב, שמתאימים לתמיכה בכוחות PLA במוקדים מרוחקים, במיוחד באיי ים סין הדרומי.

לפי נתוני United Aircraft, R6000 מגיע לאורך של כ-39 רגל (12 מטר) ורוחב של כ-57 רגל (17 מטר) עם הרוטורים. משקלו המרבי להמראה מוערך בכ-13,450 פאונד (6,113 ק"ג), ומהירות השיוט היא כמעט 297 קשר (535 קמ"ש). הטווח המרבי עומד על כ-2,485 מייל (3,976 ק"מ) ורדיוס המשימה (בעומס לא מוגדר) על כ-932 מייל (1,491 ק"מ).

לא ברור האם נתונים אלה שייכים לגרסה המאוישת, הבלתי מאוישת, או לשתיהן. בכל מקרה, מדובר בקטגוריה דומה לטילטרוטור AW609 של Leonardo, ונמוכה מ-V-22. הוא עשוי לשמש גם למשימות צבאיות כמו מודיעין, לוחמה אלקטרונית, תקשורת ואף תקיפה. R6000 הוא חלק ממאמץ סיני רחב יותר לפיתוח טילטרוטורים מאוישים ובלתי מאוישים.



Source: United Aircraft via Chinese internet

אוויר

39. טיל אוקראיני חדש/ישן משולב עם פצצה אווירית רוסית

25 בנובמבר 2025

Ukraine reveals improvised Tochka-U strike missile fitted with FAB-250 fragmentation bomb

לפי פרסום של מקור רוסי, האוקראינים מפעילים טיל חדש המבוסס על הטיל האוקראיני Tochka-U עם רש"ק המבוסס על פצצה אווירית רוסית FAB250. (Tochka-U טיל רוסי ישן בשימוש מ-1975 – שופר ב-1989). הטיל המוסב מאפשר לפגוע במטרות בטווח כ-120 ק"מ תוך פיזור של רסיסים נגד אדם, רכב רך, עמדות לוגיסטיות וכו'.

לפי הכתבה, הטיל החדש נוצר כתוצאה ממחסור אוקראיני בטילים. הם מצאו במחסנים גופים של טוצ'קה ושילבו בהם כרש"ק את הפצצה האווירית. השילוב נעשה ע"י הסרת הזנב מהפצצה האווירית והכנסתה כגוף הרש"ק תוך מילוי המרווח ברסיסים בתוך שרף. הרש"ק המקורי שוקל 482 ק"ג עם 150 ק"ג חנ"ם. הפצצה האווירית "המקורית" שוקלת 250 ק"ג עם 100 ק"ג חנ"ם. השילוב מאפשר מילוי של הרש"ק החדש ברסיסי פלדה בתוך "שרף". מדובר בפתרון מאולתר – שנעשה מחוסר ברירה – בעיות של אווירודינמיקה חדשה, כמו מרעום בלתי אופטימלי וחוסר בהנחיה סופית גורמות לדיוק גרוע וחוסר אמינות.

40. שדרוג זול מבוסס בינה מלאכותית ברחפנים

26 בנובמבר 2025

[$100 AI Upgrade Gives Ukrainian FPV Drones Last-Meter Accuracy in Heavy Jamming]

אוקראינה משלבת ברחפני FPV שדרוג זול מבוסס בינה מלאכותית בשם TFL-1, בעלות של פחות מ־100 דולר ליחידה. השדרוג מעניק דיוק גבוה בשלב הסופי של התקיפה גם בתנאים קשים של שיבוש לוחמה אלקטרונית. המערכת מספקת הנחיה אוטונומית ב־400–500 המטרים האחרונים של הטיסה, ומאפשרת לרחפן להתעלם מהפרעות תקשורת בשלב הקריטי.

TFL-1 פועל בשלושה מצבים: ידני, נעילה אוטומטית באמצעות AI, ומצב מתקדם המותאם למטרות משוריינות, ומשפר את יעילות המפעיל והדיוק המבצעי. הוא כבר הוסמך לשימוש צבאי ונמצא בפריסה מבצעית בחטיבות אוקראיניות.

העלות הנמוכה, קלות ההפעלה והיכולת לפעול תחת שיבוש הופכים את המערכת למכפיל כוח משמעותי, המאפשר אימוץ נרחב של רחפני תקיפה מדויקים בקנה מידה גדול בחזית.



Source: NextGenDefense

[אוויר]

41. ארה"ב מקימה כוח כטב"מי תקיפה חד-פעמיים במזרח התיכון

3 בדצמבר 2025

[U.S. Launches One-Way-Attack Drone Force in the Middle East]

פיקוד המרכז של ארה"ב (CENTCOM) הכריז על הקמת Task Force Scorpion Strike (TFSS), כוח המשימה הראשון לטייסת כטב"מי תקיפה חד-פעמיים (מתאבדים) המוצבת במזרח התיכון.

מטרת המהלך: האצת הרכש וההצטיידות בטכנולוגיית כטב"מים זולה, יעילה וזמינה עבור הלוחמים בשטח, בהתאם להנחיית מזכיר המלחמה.

הכלי המבצעי: הכוח מפעיל כטב"מים מסוג LUCAS (Low-cost Unmanned Combat Attack System). אלו כטב"מים אוטונומיים בעלי טווח רחב, הניתנים לשיגור ממגוון אמצעים (קטפולטות, סיוע רקטי ומערכות רכובות ניידות).

חשיבות אסטרטגית: המהלך נועד להשתמש בחדשנות טכנולוגית כמהלך הרתעתי מול גורמים עוינים באזור, תוך הצגת עוצמה צבאית ויכולת הסתגלות מהירה.

ניהול ומסגרת: כוח המשימה פועל תחת Special Operations Command Central ומשולב בתוך יוזמה רחבה יותר שמטרתה לזרז הכנסת טכנולוגיות חדשות לשירות מבצעי.



Photo: USCENTCOM

[אוויר]

42. שדרוג רוסי: כטב"ם מתאבד חמוש בטיל אוויר–אוויר

3 בדצמבר 2025

[Russian Shahed-136 Kamikaze Drones now Armed with Air-to-Air Missiles]

רוסיה חשפה גרסה חדשה של כטב"ם מתאבד Shahed-136, המצוידת בטיל אוויר-אוויר בודד מסוג R-60 (המבוסס על ביות חום). השילוב נועד לאפשר לכטב"מים התוקפים להשמיד מטוסים ומסוקים ובכך ליצור איום הרתעתי חדש בשמי המלחמה. ארגון אוקראיני (Sternenko Community Foundation) פרסם סרטון המציג יירוט של כטב"ם כזה, שבו נראה טיל R-60 מותקן על מסילת שיגור בחרטום הכלי. הכטב"ם הרוסי המיוחד הופל על ידי מיירט כטב"מים אוקראיני חדש בשם Sting, שפותח על ידי קרן Wild Hornets.

R-60 (המכונה במערב AA-8 Aphid) הוא טיל סובייטי וותיק, קומפקטי וקל משקל יחסית, מה שמאפשר את התקנתו על פלטפורמה קטנה כמו Shahed. למרות השדרוג הטכנולוגי, מומחים מציינים כי מידת היעילות של שילוב זה בקרב אווירי אמיתי טרם הוכחה.



Sources: The War Zone; UNITED24MEDIA

[אוויר]

43. מצרים חשפה כטב"ם תקיפה שפותח בהשראת Shahed-136

5 בדצמבר 2025

Egypt Reveals Jabbar-150 Attack Drone Inspired by Iran's Shahed-136

3 בדצמבר 2025

Egypt unveils Jabbar- Egypt Unveils Jabbar-150 Drone as a Homegrown Alternative to the Iranian Shahed

מצרים חשפה כטב"ם תקיפה חד־כיווני חדש בשם Jabbar-150, שלפי הדיווחים מבוסס במידה רבה על העיצוב והקונספט של Shahed-136 האירני. הפיתוח נתפס כצעד משמעותי במאמצי מצרים לבסס יכולות ייצור עצמאיות של מערכות לחימה מתקדמות. הכטב"ם מתאפיין בפשטות טכנולוגית, חתימת מכ"ם נמוכה וטווח העולה על 1,000 ק"מ, ומיועד לפעולה בלהקות לצורך שחיקת מערכי הגנה אווירית. בדומה ל־Shahed-136, הוא נשען על ניווט לווייני ואלגוריתמים פשוטים להנחיה סופית, ומאפשר ייצור המוני בעלות נמוכה.

הצגת Jabbar-150, במיוחד לקראת תערוכת EDEX 2025, משקפת את מגמת ההתרחבות של שימוש בכטב"מים תוקפים זולים וארוכי־טווח במערכות צבאיות אזוריות, ואת השפעת המודל האיראני על תפיסות לחימה מודרניות.



Source: West Asia News Agency (Iran)

הכלי פותח ע"י חברה מקומית (פרטית) Tornex.

התכונות העיקריות:

- מידות: הגוף -3.5 מ', רוחב כנפיים 2.5 מ', משקל כ-200 ק"ג.
- טווח פעולה 1,000 ק"מ
- הנעה: מנוע כמו של אופנוע
- הנחייה: GPS או GNSS – למטרות מתוכננות מראש
- דיוק: אין סורקים אלקטרואופטיים או להנחיה מרחוק למטרה – מפצים על אי הדיוק ע"י שיגור של כטב"מים רבים וזולים יחסית לאותה מטרה.
- רש"ק – חנ"ם+רסיסים
- שיגור – ממסילה על משאית – האצה ע"י מנוע רקטי קטן
- שימוש ברכיבים/מערכות מסחריים להוזלת המחיר

החברה הפרטית, שפועלת בתחום הצבאי, מסמנת מגמה חדשה של מערכת הביטחון המצרי ומתארגנת לייצוא של הכטב"ם.

אוויר

44. התקדמות בפיתוח מכ"ם רב-תכליתי לכטב"מים טקטיים

9 בדצמבר 2025

Boeing, Insitu, and TNO Announce Major Advancements in Multi-function Radar Intelligence Surveillance Reconnaissance (MRaISR)

קיים שיתוף פעולה בין Boeing, חברת הבת Insitu וארגון המחקר המדעי ההולנדי TNO לפיתוח מערכת מכ"ם חדשנית בשם MRaISR (מכ"ם רב-תכליתי למודיעין, סיור ותצפית). המערכת מתבססת על טכנולוגיית המכ"ם AMBER של TNO. מדובר במכ"ם מיפתח סינתטי (SAR) המצטיין במשקל נמוך וכן גודל וצריכת חשמל נמוכים (Low SWaP), מה שמאפשר להתקין אותו על פלטפורמות קטנות יחסית.

היכולות הופגנו בשלוש טיסות מאוישות ובהמשך בניסוי טיסה מוצלח של כטב"ם מסוג Insitu Integrator שנערך באוקטובר 2025. הפרויקט תומך באסטרטגיית התעשייה והחדשנות ההולנדית (DSII) ומיועד לספק פתרונות מתקדמים למודעות מצבית בשוק ההגנה הגלובלי.

לאחר הצלחת הניסויים, החברות זיהו שותף לתיעוש המערכת ונמצאות בשלבי תכנון של החדרת המוצר לשוק המסחרי והביטחוני.



Source: Insitu

אוויר

45. כטב"ם מקבל באופן עצמאי החלטות מצילות־משימה

9 בדצמבר 2025

Lockheed Martin drone makes mission-saving decisions on its own

לוקהיד מרטין הדגימה מערכת בינה מלאכותית חדשה בשם AI-Driven Mission Contingency Management (AI/MCM), המאפשרת לכטב"ם לקבל החלטות עצמאיות בזמן אמת ולהתאים משימות למצבים בלתי צפויים במהלך הטיסה. המערכת פועלת על גבי פלטפורמת STAR.OS ומיועדת לשילוב בין כלים בלתי מאוישים שונים ובין מערכות פיקוד ושליטה. בהדגמה מבצעית, כטב"ם שהתמודד עם תקלה מדומה במערכת הדלק הקצה מחדש את משימתו לכטב"ם אחר, עדכן את תוכנית המשימה וחזר בבטחה לבסיס, ללא התערבות אנושית ישירה. היכולת לשקיפות בהחלטות ולתיאום אוטומטי עם מערכי שליטה מפחיתה עומס על מפעילים ומקצרת משמעותית את מחזור קבלת ההחלטות. המערכת מדגישה את המעבר של בינה מלאכותית משלב ניסויי ליישום מבצעי, ומהווה צעד חשוב לקראת הפעלת כטב"ם ולוחמה אוטונומית מתקדמת בסביבות מאוימות ורב־ממדיות.



Source: Lockheed Martin

אוויר

46. רוסיה: מערכת טק"א S-500 נכנסה לשירות מבצעי

18 בדצמבר 2025

Russia Activates First S-500 Air and Missile Defense Regiment

רוסיה הודיעה כי הרגימנט הראשון המצויד במערכת S-500 Prometheus נכנס לשירות מבצעי במסגרת כוחות התעופה והחלל הרוסיים. S-500 תוכננה ליירט מגוון רחב של מטרות בטווחים ארוכים ובגבהים רמים במיוחד, כולל מטוסים מדור חמישי, לוויינים במסלול נמוך, טילים בליסטיים וטילי שיוט. שר ההגנה הרוסי ציין כי המערכת מסוגלת לפגוע גם במטרות ב"חלל הקרוב". המערכת פותחה על ידי Almaz-Antey ומשתמשת בטילים מסוג 40M6N (טווח של 400 ק"מ) או במיירטים מסדרת 77N6 (טווח של כ-600 ק"מ).

המערכת כוללת ארבעה רכבי מכ"ם שונים, המאפשרים לה לזהות מטרות בליסטיות בטווח של עד 2,000 ק"מ ומטרות אוויריות בטווח של עד 800 ק"מ. פיתוח המערכת החל ב-2010 כהשלמה ל-S-400, במטרה למלא את הפער בין הגנה טקטית להגנה אסטרטגית. דיווחים מצביעים על כך שהיא כבר שימשה להגנה על נכסי מפתח כמו גשר קרץ' (Kerch Bridge) בקרים.



Image: Creative Commons

אוויר

47. מומלץ לעיון:

11 בספטמבר 2025

לא על הכטמ"ם לבדו

במהלך שני העשורים האחרונים זינק בחדות היקף השימוש בכטמ"מים (כלי טייס מופעלים מרחוק) תוקפים, להבדיל מכטמ"מים לתצפית ולסיור בלבד, המצויים בשימוש מאמצע המאה ה־20. מגמה זו עוררה דיון בשאלה האם מדובר בעוד כלי מלחמה, המשתלב בכוחות הלוחמים לצד הכלים המסורתיים, או שמא תכונותיו הייחודיות יוצרות מהפכה בשיטות הלחימה ובלוחמה בכלל.

אוויר

ים

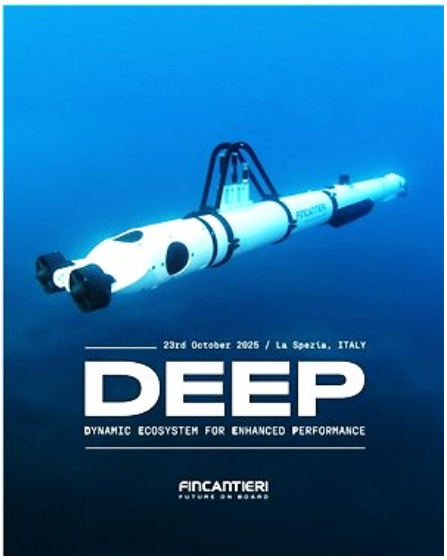
48. חברה איטלקית השיקה סדרת כצב"מים

24 באוקטובר 2025

Fincantieri launches its first underwater drone system

המספנה האיטלקית Fincantieri השיקה לראשנה כצב"ם למים עמוקים, המיועד למשימות של הגנה, תחזוקה ופיקוח על תשתיות תת מימיות ואזורי נמלים. המערכת המכונה DEEP מיועדת לבצע משימות צבאיות ואזרחיות כאחד ולפעול במגוון תרחישים וסביבות ימיות.

המערכת כוללת מערך חיישנים תת מימיים המשמשים להתרעה מוקדמת, מרכז שו"ב ורכב תת מימי אוטונומי, המסוגל לפעול ברמות שונות של אוטונומיה.



צילום: חברת Fincantieri

ים

49. חברות אוסטרליות בוחנות שילוב הטיל NSM בכשב"מים

12 בנובמבר 2025

Leidos, Kongsberg to explore integration of NSM with USVs

החברות Leidos Australia ו- Kongsberg Defence Australia חתמו על מזכר הבנות (MOU) לשילוב הטיל NSM בכשב"מים מתקדמים, מה שיאפשר שדרוג של יכולות ההתקיפה, התגובה ושל מתארי הפעולה של כוחות תקיפה ימיים.

הכוונה היא לנסות ולשלב את טיל NSM של Kongsberg, שהוא בעל טווח של עד 300 מייל, עם הכשב"ם Sea Archer של Leidos הנבנה באוסטרליה ומצויד במערכות של Leidos. הכשב"ם מסוגל להגיע למהירות של 40 קשר ולטווח של 1,500 מייל עם מטעד במשקל של עד 900 ק"ג. כרגע נמצאת בפיתוח גרסה מוגדלת של הכשב"ם, בשם Longbow, המונעת ב-4 מנועי דיזל ומסוגלת להפליג לטווח של 2,750 מייל ולשאת מטעד של עד 3 טון.

המיזם המשותף נמצא כרגע בשלב הוכחת היתכנות, לבחינת אפשרות שילוב מענ"ש הטיל בכשב"מים. הכוונה להגיע לניסויי שילובים ויכולות נשיאת מטעד שיתקיימו בארה"ב ובאוסטרליה בשנת 2026.



הדמיה של כשב"ם Sea Archer (צילום: Leidos)

ים

50. נשבר השיא של חציית האטלנטי ע"י כשב"ם

21 בנובמבר 2025

Solar-powered unmanned surface vessel sets new speed crossing Atlantic

כשב"ם סולארי קטן בשם Lightfish הגיע לחופי פורטוגל בספטמבר האחרון לאחר שהושק על ידי צי ארה"ב בחופי דרום קרולינה בחודש יוני ושבר בכך את שיא המהירות לחצייה של האוקיאנוס האטלנטי לכלי בלתי מאויש. הכשב"ם נבנה על ידי חברת Seasats והוא **נע בכוח אנרגיה סולארית** ומסוגל גם לאגור אנרגיה לשימוש בימים מעוננים. לכלי גם גנרטור משלו, המסוגל לטעון את הסוללות בשעת חירום ולהעניק לכלי טווח הפלגה נוסף של 500 מייל. הכלי הוא אוטונומי לחלוטין ומסוגל לזהות מכשולים על נתיבו ולנווט בצורה עצמאית או בניהוג מרחוק. על פי הפרסומים הכלי ניהג את עצמו לאורך כל המסלול, אך נעקב על ידי הצי האמריקני באזורי השליטה הרלוונטיים של הפיקודים השונים לאורך המסלול.

ההפלגה של הכלי נמשכה מעט יותר מחודשיים, כ-12 יום פחות מהשיא הקודם, והוא הגיע למחוז חפצו ללא כל נזק, למעט בלאי רגיל והצטברות של חלזונות ימיים על הקוער שלו.



כשב"ם Lightfish (צילום: Joe Bullinger/Navy)

ים

51. מספנה קוריאנית וחברה אמריקנית מציעות כשב"ם חדש לצי ארה"ב

13 בנובמבר 2025

Anduril, Hyundai Heavy Industries set sights on US Navy's unmanned surface vessel program

חברת Anduril האמריקנית ומספנת Hyundai Heavy Industries הקוריאנית הודיעו כי ישתפו פעולה בפיתוח של כשב"ם חדש מתוך כוונה שישתלב בתוכניות הכשב"מים של צי ארה"ב.

לא נמסרו פרטים רבים על הכלי החדש, אולם בהודעת החברות נאמר שהוא ייבנה למודולריות, ייצור מהיר וגמישות בביצוע משימות. הכלי החדש אמור להיות מסוגל לקבל מטעדים מסוגים שונים ולבצע משימות של מודיעין, סיור, תקיפה, ל"א ומשימות אחרות.

ההצעה המשותפת נועדה להתחרות על מקום במשפחת Modular Attack Surface Craft, שהיא החזון הנוכחי של כשב"מים בצי ארה"ב. במהלך הנוכחי חורג הצי ממנהגו בפנייה לתעשייה ובמקום להציג רשימה של דרישות מחמירות הוא נוקט בגישה תחרותית יותר.

Anduril הודיעה כי אבטיפוס ראשון של הכלי המשותף נמצא כבר בפיתוח במספנת HHI בקוריאה, כדי לתקף את התכן הנדרש, לבחון את שילוב מערכות ההנעה והאנרגיה, יכולות האוטומציה והאוטונומיה והכנה לייצור בארה"ב לפני הפלגת הבכורה.

ים

52. יפן: פיתוח טיל שיוט סילוני תת-קולי ארוך טווח נגד ספינות

13 בנובמבר 2025

Japan's Next-Gen Missile Prototype Emerges with New Turbojet Engine

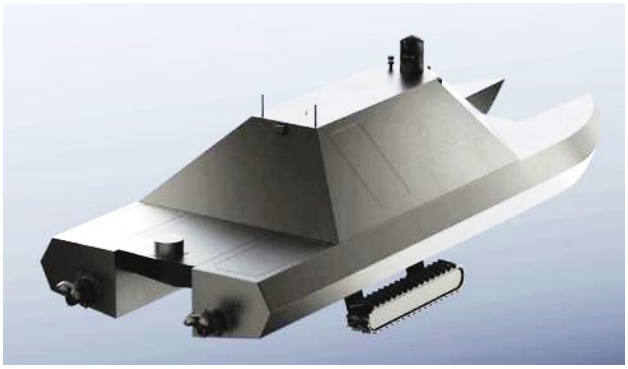
סוכנות הרכש והטכנולוגיה של יפן (ATLA) חשפה אבטיפוס לטיל שיוט תת קולי נגד ספינות, מודולרי, לטווח ארוך. הטיל נחשב לחלק מפרויקט רחב יותר המכונה "הטיל החדש נגד ספינות להגנת האיים" (New Anti-Ship Missile for Island Defense). הפיתוח הוא נגזרת של שינוי הדרישה המבצעית ביפן מיכולת הגנה על החופים בטווח הקרוב עד 200 ק"מ, ליכולת תקיפה מקדימה, במקרה של תקיפה רחבת היקף על חופי יפן, בטווח הרחוק עד 1,500 ק"מ. הטיל מיועד לשיגור ממשאיות קרקעיות ניידות, ממטוסי קרב וסיור, מספינות, ובהמשך גם מצוללות. הוא יאפשר ליצור הקמה מהירה של רשתות נחיליות של טילים היכולים לשתף נתוני מטרה בזמן אמת, לבחור את נתיב הטיסה האופטימלי, ולפעול באופן חצי-אוטונומי במצב של לוחמה אלקטרונית כבדה במשימות תקיפה, סיור, הטעיה, ולוחמה אלקטרונית. מטרת הניסויים באבטיפוס הנוכחי היא הוכחת היתכנות למערכות ההנעה, ההנחיה והביות, לצורך פגיעה במטרות ימיות בטווחים מוגדלים סביב האיים המרוחקים של יפן. שלב ניסויים נוסף מתוכנן לשנת 2027 שיתמקד בבדיקת תצורות חיישנים מתקדמות, שילוב תקשורת נתונים מהירה, משטחי היגוי משופרים, וחומרים מרוכבים להפחתת חתימה תרמית ומכ"מית. הטיל מתאפיין בגוף קומפקטי בעל נראות וחתימת מכ"ם נמוכות. הוא מונע על ידי מנוע טורבו-סילון מדגם XKJ301-1 ומבוסס על שדרוג של הטיל Type 12 המשפר את הטווח המבצעי שלו מ- 200 ל-900 ק"מ, ובהמשך ל-1,200 ואף ל-1,500 ק"מ. הארכיטקטורה המודולרית הפתוחה מאפשרת החלפת ראשי קרב משימתיים כגון ראשי ביות כפולים (Dual Seekers) לאור נראה ותת-אדום, יחידות שיבוש והטעיה, חיישנים אלקטרו-אופטיים לסיור, או ראשי נפץ רבי-עוצמה לפגיעה באזורים קריטיים בספינות האויב, כגון הגשר או חדרי המנועים.

ים

53. כלי שיט אמפיבי חדש נולד: "Alligator"

28 בנובמבר 2025

A New Amphibious Vessel is Born: Meet Skana's 'Alligator'



"Alligator" של Skana

חברת Skana Robotics מוסיפה יתרון חדשני ללוגיסטיקה הימית עם כלי שיט אמפיבי חדש המסוגל לפרוס ולשלוט במערכות אוטונומיות מבלי להסתמך על מרכזי בקרה מסורתיים.

Alligator המתואר כ"ראשון מסוגו", יכול לעבור בצורה חלקה מפעילות ביבשה למשימות ימיות, לפעול באופן אוטונומי או בשליטה אנושית. הוא נועד לתמוך בלוגיסטיקה טקטית, העברת נשק, חיישנים, ציוד ואפילו כוח אדם במספר תחומים.

Alligator מתפקד גם כפלטפורמת שיגור וחילוץ עבור נכסים תת-ימיים, כולל המערכות האוטונומיות הוותיקות של Skana. הוא יכול לשאת מטענים של למעלה מ-1,500 ק"ג ולנסוע יותר מ-300 מיילים ימיים (כ-556 קילומטרים) במהירויות של עד 40 קשר (74 קמ"ש).

"התחום הימי דורש אוטונומיה שיכולה לשרוד מורכבות, להסתגל באופן מידי ולפעול ללא פשרות", אמר Idan Levy מייסד שותף ומנהל Skana Robotics.

טכנולוגיית תכנון המשימה SeaSphere של Skana מקשרת את ה"אליגטור" עם כלי שיט ימיים מעל ומתחת לפני המים בזמן אמת, ומאפשרת תיאום בין פלטפורמות שונות ביבשה ובים. בהתבסס על כלי השיט Bullshark ו-Stingray של Skana - שנועדו לפריסה "במאות", האליגטור מרחיב את הצי האוטונומי שיכול לבצע משימות ימיות קריטיות מבלי להסתמך על ספינות או תשתית בחוף.

"אנו הופכים יכולות אוטונומיות מתקדמות לנגישות וניתנות להרחבה, והן מאפשרות פריסה רחבה וסינרגיה בין מערכות", הדגיש Levy. "המערכת שלנו תומכת בשיתוף נתונים בזמן אמת, במשימות אוטונומיות לחלוטין ובמשימות המופעלות מרחוק, ומקנה לפעילות ימית חוסן מבצעי, יכולת הסתגלות וגמישות."

ים

54. השפעת AI וטכנולוגיות קוונטיות על הלוחמה הימית

31 באוקטובר 2025

EMERGING TECHNOLOGY HORIZONS: AI, Quantum and Naval Warfare's Future

שילוב טכנולוגיות בינה מלאכותית וקוונטום צפוי לחולל מהפכה בלחימה הימית של צי ארה"ב. בינה מלאכותית מאפשרת עיבוד ואיחוד מגוון עצום של נתונים ממקורות שונים – מכ"ם, סונאר, לוויינים וויירוטים אלקטרוניים – ליצירת תמונת מצב בזמן אמת של המרחב הימי, שאינה אפשרית על ידי צוותים אנושיים. צי

ארה"ב שואף לקדם פרויקטים כמו Project Overmatch אשר נועדו לרשת יחד כל ספינה, צוללת ומטוס לכוח משולב ומבוזר, בהתאם לדוקטרינת Distributed Maritime Operations, וזאת כדי לספק יתרון מידע מכריע. הבינה המלאכותית גם מהווה כוח מניע של התפתחות פלטפורמות בלתי מאוישות. דוגמאות לכך הן אבטיפוס כלי השיט האוטונומי Sea Hunter של דארפא, שהוכיח יכולת לפעול לאורך זמן כמעט ללא פיקוח אנושי, ותוכנית Ghost Fleet Overlord שבוחנת שילוב ספינות בלתי מאוישות בפעילות הצי. מגמה זו מצביעה על עתיד שבו מערכות אוטונומיות יהוו תוספת קריטית לספינות המסורתיות.

במקביל, טכנולוגיות קוונטיות צפויות לשנות את חוקי המשחק בזירה הימית. חיישנים קוונטיים יאפשרו גילוי מדויק של צוללות וכלי שיט גם בתנאים שבהם מערכות קיימות מתקשות, ומיחשוב קוונטי יעניק יכולת עיבוד מהירה ופתרון בעיות מורכבות בזמן אמת. שילוב בינה מלאכותית עם חישה ומיחשוב קוונטיים יאפשר יכולות חסרות תקדים, מהירות תגובה גבוהה ואוטונומיה מתקדמת.

חישה קוונטית מסוגלת לזהות שינויים עדינים בכבידה ובשדות מגנטיים. יכולת זו מאיימת לערער את טכנולוגיות החמקנות הקיימות, ובמקביל מאפשרת ניווט מדויק בסביבות שבהן אין גישה ל־ GPS. זאת יכולת חיונית בעימות ימי שבו יריבים עלולים לשבש או לזייף אותות לוויין.

מיחשוב קוונטי מהווה גם איום משמעותי וגם הזדמנות אסטרטגית עבור הצי, שכן הוא עשוי לפצח הצפנות קלאסיות ובו בזמן לאפשר תקשורת מאובטחת באמצעות הפצת מפתחות קוונטיים (QKD). תחומי השקעה מרכזיים כוללים הצפנה פוסט־קוונטית, תקשורת קוונטית, ניווט אינרציאלי, וכן מודלים וסימולציות קוונטיות לשיפור תכנון מבצעי וקבלת החלטות. המאמר מדגיש כי לאורך ההיסטוריה, עליונות טכנולוגית הייתה המפתח לעליונות ימית. בדומה לספינות קיטור, נושאות מטוסים ומערכות דיגיטליות ששינו את פני הקרב בעבר, כך גם בינה מלאכותית וטכנולוגיות קוונטיות יהוו את הצעד הקריטי הבא. מי שיאמץ אותן ראשון יקבע את סדר היום הימי העתידי.

[ים]

55. אחרי ניסוי מוצלח להפלת כטב"מים מהירים, נשק לייזר יותקן בצי הבריטי

20 בנובמבר 2025

[Boost for Armed Forces as new laser weapon takes down high-speed drones]

משרד ההגנה הבריטי הודיע על הישג משמעותי בתחום הנשק האנרגטי: מערכת הלייזר החדשה DragonFire הצליחה להפיל כטב"מים מהירים במיוחד בניסויים אחרונים. הוענק חוזה לחברת MBDA בשווי 316 מיליון ליש"ט לפיתוח והתקנת המערכת בצי המלכותי עד שנת 2027. הניסויים נערכו באתר הניסויים של משרד ההגנה, שם הצליחה המערכת לעקוב ולפגוע בכטב"מים שטסו במהירות של עד 650 קמ"ש, כולל יכולת חדשנית של מעקב וירי מעבר לאופק. הלייזר מדויק עד כדי פגיעה במטבע ממרחק קילומטר, ועלותו נמוכה במיוחד – כ־ 10 ליש"ט לירי בלבד, לעומת מאות אלפי ליש"ט לטיל מסורתי.

חברת MBDA תשתף פעולה עם החברות QinetiQ ו- Leonardo במטרה שהמערכת תוכל להיות מותקנת על משחתות מסוג Type 45 כבר ב־2027, חמש שנים מוקדם מהמתוכנן.

מודגש שהפרויקט מהווה חלק מתוכנית הממשלה להפוך את תחום הביטחון למנוע צמיחה כלכלי. נשק הלייזר יציב את הצי המלכותי בחזית החדשנות בנאטו ויספק יכולת מתקדמת להגנה על בריטניה ובעלות בריתה בעידן חדש של איומים.

[ים]



מקור התמונה: אתר של הצי הבריטי

56. צי ארה"ב מבטל את מיזם הפריגטות החדשות מדגם Constellation

26 בנובמבר 2025

US Navy nixes Constellation frigate program after two ships half-built

צי ארה"ב הודיע על ביטול פרויקט הפריגטות העתידיות שלו מדגם Constellation בעקבות התנפחות עלות הייצור ועיכובים בהתקדמות ולמרות ששתי ספינות כבר נמצאות בייצור. שר הצי הודיע שיבוטל הייצור של 4 ספינות נוספות שהוזמנו אצל המספנה האיטלקית Fincantieri ואמורות היו להיבנות במספנת Marinette Marine בוויסקונסין. במקור התכוון הצי להזמין 20 ספינות מהדגם החדש.

הפריגטה החדשה הייתה אמורה להתבסס על דגם FREMM של המספנה האיטלקית, שנמצא כבר בשירות בצי צרפת ואיטליה ועובדה זו הייתה אמורה לחסוך בעלויות הפיתוח עבור הצי האמריקני ולהקטין את סיכוני התהליך. עם זאת, דו"ח של מבקר המדינה בחודש מארס מצא שהשינויים שהצי האמריקני דרש הביאו לכך שיהיה דמיון קלוש בין הדגם המקורי לדגם האמריקני.

אחת הבעיות במפרט האמריקני הייתה שהוא דרש תוספות משקל רבות לדגם המקורי, מה שהביא לכך שהצי שקל להפחית את המהירות הנדרשת מהספינה החדשה, כפתרון למשקל העודף.



הדמיה של USS Constellation (צילום: צי ארה"ב)

ים

57. טורקיה בונה צוללת ראשונה מתכנון מקומי

8 בדצמבר 2025

Turkey Builds First Indigenous Submarine

טורקיה הודיעה כי מספנת Gölcük Shipyard Command החלה בבניית צוללת מתכנון מקומי, המכונה Milden, מה שנחשב לצעד גדול בהגעה של טורקיה להפחתת התלות שלה ביצרנים זרים.

פרטים ראשונים על הצוללת פורסמו כבר באוגוסט 2022 (Naval News, 30/8/22). אז פורסם שהוקמה מנהלת מיוחדת לצוללת במספנה, האמונה על תכנון הכלי. בפרסום נאמר שהצוללת צפויה להיות בעלת הדחק של כ-2,700 טון ובאורך של כ-80 מטר. היא תונע בטכנולוגית AIP, מה שיאפשר לה לצלול זמן רב יותר, לשאת נשק כבד יותר ולצלול עמוק יותר מהצוללות הקיימות בצי הטורקי.



מוקאפ של הצוללת Milden, מפרסום בשנת 2022 – צילום Anadolu Agency

ים

חלל

58. מבוקשות הצעות למיירטי טילים מבוססי חלל לשלב אמצע-המעוף

21 בנובמבר 2025

Space Force to solicit prototype proposals for midcourse space-based missile interceptors

חיל החלל של ארה"ב מתכנן להוציא בקשה לתעשייה לאבות-טיפוס של מיירטים מבוססי חלל (SBIs) הפועלים באמצעות אנרגיה קינטית, עבור הגנת טילים בשלב אמצע-המעוף. כך הודיע פיקוד מערכות החלל. ההודעה המקדימה למכרז נראית כנוהגת במודל מבוסס-פרסים, שהוגדר בתוכנית אבות-הטיפוס של החיל עבור מיירטי SBIs לשלב ההאצה (boost-phase) אשר החלה בספטמבר. ההודעה מציינת כי החיל חוזה מספר הסכמי עסקאות במחיר קבוע ועשוי לשלב גם תחרויות פרסים. הקול הקורא הוא למערכות פגיעה-כדי-להרוג (hit-to-kill) במקום למערכות אנרגיה מכוונת ליירוט טילים במהלך מסלול הטיסה המסלולי שלהם. מעבר לכך, ההודעה חסרה פרטים טכניים. במקום זאת, חברות מונחות להגיש בקשה לקבלת מסמכי המכרז, אשר יישלחו לאלו שאושרו כעומדים בקריטריונים הממשלתיים. מצפים להענקת חוזים בפברואר 2026. באופן עקרוני, מערך של מיירטים בשלב אמצע-המעוף יעניק לחיל החלל שכבת הגנה נוספת, אשר עשויה להיות מסוגלת לחסל טילים בליסטיים בין-יבשתיים של האויב שאותם החטיאו מיירטי SBIs של שלב ההאצה. יתר על כן, להגנה מבוססת חלל בשלב אמצע-המעוף יש כמה יתרונות על פני פתרונות של שלב ההאצה, וזאת בשל חוקי הפיזיקה: מרחק תקיפה קצר יותר והיעדר השפעות אטמוספריות המקשות על יכולתם של מיירטים קינטיים ומכווני-אנרגיה כאחד לפגוע בטילי יריב מיד לאחר השיגור. מצד שני, קיימים גם חסרונות. יריב יכול לסבך פתרונות של פגיעה באמצע-המעוף על ידי שימוש בפיתיונות (decoys) המשוחררים ברגע שהטיל מגיע למסלול ואינו בוער עוד בצורה בהירה, מה שמקשה להבדיל בין המטרה העמומה כעת לבין המתחזים העמומים באותה מידה.

חלל

59. תותח חלל לשיגור לוויינים

22 בנובמבר 2025

Mach-23 potato gun to shoot satellites into space

חברת Longshot Space שואפת לחולל מהפכה בשיגור לחלל על ידי בניית תותח-חלל מונע-גז באורך 6 מייל (10 ק"מ) לשיגור עצמים של כמה טונות למסלול לווייני נמוך (LEO). מייק גרייס, מייסד ומנכ"ל החברה, טוען כי המערכת תוכל להשיג מהירות של מאך 23 (המהירות הנדרשת כדי להגיע למסלול) ולצמצם את עלות השיגור לכ-10 דולר בלבד לקילוגרם, הרבה מתחת למחירי SpaceX.

האתגר המרכזי במהירויות אלו הוא חיכוך אוויר קיצוני ועומסי ג'י גבוהים. הפתרון של Longshot הוא שימוש ב"מסה מקריבה" (חומר אריזה) שמתאדה (אבלציה) תוך כדי השיגור כדי להגן על המטען העדין בעת המעבר באטמוספירה. בנוסף, השימוש בקנה ארוך ומדורג מפחית משמעותית את עומס הג'י על המטען, עד לרמה של 100–150 ג'י בדגם הגדול ביותר (ה-Pappa Bear).

המנגנון הטכנולוגי של התותח, המכונה shock-impingement thrust, משתמש בסדרה של פיצוצי גז בלחץ גבוה לאורך הקנה, הפוגעים ב"שוליים" מחודדים בחלקו האחורי של רכב השיגור, ומעניקים לו דחיפה מתמדת. Longshot כבר הקימה והפעילה בהצלחה אב-טיפוס בקוטר 6 אינץ' (15 ס"מ), ובנתה תותח גדול יותר בקוטר 30 אינץ' (75 ס"מ) שממתין לאישורי שימוש. החברה קיבלה תמיכה כספית מסם אלטמן (OpenAI) ומחיל

האוויר של ארה"ב, מה שמעיד על פוטנציאל הרעיון, למרות היותו בגדר "הימור קשה". החזון שלה כולל שיתוף פעולה עם חברות כמו Impulse Space לאספקת שירותי "גרירה" בחלל, כדי לאפשר ללווויינים להיפטר ממערכות הנעה יקרות.

חלל

60. פגיעת פסולת חלל בקפסולת-חזרה מדגישה צורך בשירות חילוץ משותף

22 בנובמבר 2025

Space junk strike on China's astronaut capsule highlights need for a space rescue service, experts say

פגיעת פסולת חלל בקפסולת החזרה של צוות Shenzhou 20 הסיני, שגרמה לעיכוב חזרתם מתחנת החלל טיאנגונג, מדגישה את הסיכון הגובר מפסולת במסלול ואת הצורך הדחוף ביכולת חילוץ חללי מוסדרת ובינלאומית. האירוע אילץ את סין להפעיל לראשונה נוהל חזרה חלופי ולהחזיר את האסטרונאוטים בחללית אחרת, תוך הותרת כלי פגוע במסלול. מומחים מציינים כי זהו אות אזהרה לעידן חדש שבו פועלות בחלל ממשלות רבות וחברות מסחריות, ולא רק תוכניות לאומיות בודדות. המאמר מדגיש כי יכולת חילוץ חללי מחייבת מערכות עגינה ותקשורת תואמות, נהלי תיאום ברורים ושיתופי פעולה בינלאומיים, בדומה למערכות חילוץ ימיות. עם זאת, קיימת אי־ודאות לגבי התאימות של מערכות סיניות לתקנים בינלאומיים כמו IDSS.
למרות נקודת אור בכך שסין זיהתה את הנזק בזמן ונקטה משנה זהירות, המומחים מסכמים כי כיום אין תשתית גלובלית מספקת לחילוץ חללי. הבדלי מסלולים, מגבלות דלק וחסמים מדיניים מקשים על סיוע הדדי, והדרך ליכולת חילוץ משולבת ובינלאומית עדיין ארוכה. **(ראו גם בידיעה הבאה.)**



China's Tiangong space station was a scene of "life first, safety first" recently, when space officials activated emergency plans and measures. (Image credit: China Manned Space Agency)

חלל

61. סין שיגרה קפסולה בלתי מאוישת לחילוץ אסטרונאוטים שנתקעו

25 בנובמבר 2025

China launches uncrewed Shenzhou capsule for 3 astronauts stuck on Tiangong space station

סין שיגרה את חללית Shenzhou 22 הבלתי מאוישת לעבר תחנת החלל Tiangong במשימת חילוץ חריגה, לאחר שהתברר כי חללית החזרה של צוות Shenzhou 20 ניזוקה ככל הנראה מפגיעת פסולת חלל ונמצאה בלתי בטוחה לכניסה לאטמוספירה. בעקבות כך, חללית Shenzhou 21 שימשה להחזרת הצוות הקודם, והאסטרונאוטים שנותרו בתחנה הם זמנית ללא אמצעי פינוי בטוח.

Shenzhou 22 נועדה לשמש ככלי החזרה עבור שלושת האסטרונאוטים השוהים כעת בתחנה, ולאפשר להם להשלים את משימתם. האירוע מדגיש את הסיכונים ההולכים וגוברים בפעילות מאוישת בחלל ואת הצורך באמצעי גיבוי אמינים.

המקרה מצטרף לתקלות קודמות, כגון פרשת Starliner של בואינג, ומחזק קריאות להקמת שירות חילוץ חללי בינלאומי שיוכל לספק מענה מהיר לאסטרונאוטים מכל מדינה במקרה חירום.

חלל

62. נזק נגרם לכן–השיגור הרוסי היחידי הפעיל בבאיקונור

28 בנובמבר 2025

Russia's only active launch pad for cosmonauts damaged by Soyuz crew launch to International Space Station

בעת שיגור מוצלח של חללית Soyuz MS-28, שנשאה שני קוסמונאוטים ואסטרונאוט אמריקני לתחנת החלל הבינלאומית, נגרם נזק כבד בכן השיגור. פלטפורמת השירות (או תא התחזוקה) הממוקמת בתעלת הלהבות של אתר 31/6 ב-Baikonur Cosmodrome קרסה במהלך ההמראה. מדובר בכן השיגור הפעיל היחיד של רוסיה המשמש לשיגור צוותים ומטען לתחנת החלל הבינלאומית מאז שנת 2020.

הנזק עלול להוביל לעיכובים בטיסות מאוישות ובמשימות אספקה עתידיות. תיקון הפלטפורמה עשוי להימשך עד שנתיים, לפי הערכות מסוימות.

Roscosmos בוחנת את חומרת הנזק ומציינת כי קיימים חלקי חילוף לתיקון. ייתכן שיושאל ציוד מאתרים אחרים ב-Baikonur כדי להאיץ את התהליך.

חברי הצוות הגיעו בשלום לתחנת החלל וצפויים לשהות בה כשמונה חודשים.

חלל

63. ייצור של לוחות סולאריים בחלל

2 בדצמבר 2025

Solar arrays will be manufactured in space by 2027

הצורך: הפריחה בטיסות חלל מסחריות מגבירה את הביקוש לאנרגיה. כיום, לוחות סולאריים הם כבדים, תופסים נפח רב בשיגור ודורשים מנגנוני פריסה מורכבים שחייבים לעמוד בלחצי השיגור.

הפתרון: חברת Dcubed מפתחת את מערכת ARAQYS, המיועדת לייצור ישיר של הלוחות הסולאריים במסלול סביב כדור הארץ, במקום לשגר אותם מוכנים מהקרקע.

הטכנולוגיה: המערכת משתמשת ב"שמיכה סולארית" דקה וגמישה. ברגע שהיא נחשפת לקרינת UV החזקה בחלל, שרף מיוחד בממברנה מתקשה והופך את המבנה לקשיח ועמיד.
יתרונות כלכליים: ייצור בחלל חוסך את הצורך במנגנוני פריסה כבדים ומאפשר להפחית משמעותית את העלות לקילוואט ואת משקל המטען בשיגור.
לוח זמנים: ניסויי ההדגמה יתחילו השנה עם בניית מבנים קטנים, כאשר היעד הוא הדגמה מבצעית של מערכת בהספק 2 קילוואט בשנת 2027, ולאחריה תחילת מכירה מסחרית.
יישומים עתידיים: הטכנולוגיה תשמש לווויינים, מערכות להקרנת כוח מהחלל, גוררי חלל (Space Tugs) וחוות שרתים במסלול.



Source: Dcubed

חלל

64. סין: תוכנית של 2,000 כטב"מים להשבתת Starlink

2 בדצמבר 2025

Chinese Researchers Sketch a 2,000-Drone Plan to Knock Starlink Offline

ייתכן שסין מצאה דרך לפגוע במערך הלווויינים Starlink של Elon Musk: נחיל עצום של כטב"מים מיוחדים לשיבוש אותות. חוקרים מ-Zhejiang University ומ-Beijing Institute of Technology מידלו כיצד 1,000 עד 2,000 משבשים מתואמים יכולים להציף את רשת הלווויינים. כל כטב"ם ישדר רעש ברמות עוצמה משתנות, יציף את המערכת וינתק את המסופים הקרקעיים מהקישוריות. לצורך כיסוי מלא מעל Taiwan, המחקר מעריך כי יהיה צורך בלפחות 935 משבשים מסונכרנים באוויר. האסטרטגיה נשענת רבות על לקחים מאוקראינה, שם Starlink שמרה על התקשורת בפעילות למרות ניסיונות רוסיים לחתוך רשתות סיבים ולשבש אותות. כוחות אוקראינים שיחזרו את קישורי הפיקוד בתוך ימים, כאשר SpaceX פרסה עדכוני תוכנה מהירים כדי להתמודד עם ההפרעות.
אלפי הלווויינים הנעים במהירות של Starlink, המשנים כל העת מישורי מסלול ומעבירים חיבורים בזמן אמת, הופכים את הרשת לקשה לשיבוש. מסופים קרקעיים גם מדלגים בין לווויינים בתוך שניות, ושומרים על המשתמשים מחוברים גם תחת מתקפה. מישורי המסלול של Starlink אינם קבועים, ומסלולי התנועה של המערך מורכבים ביותר, כאשר מספר הלווויינים הנכנסים לאזור הנראה משתנה ללא הרף, כך אמרו החוקרים כפי שצוטטו ב-South China Morning Post. חוסר ודאות מרחבי-זמני זה מהווה אתגר משמעותי עבור כל צד שלישי המנסה לנטר או להתמודד עם מערך ה-Starlink.

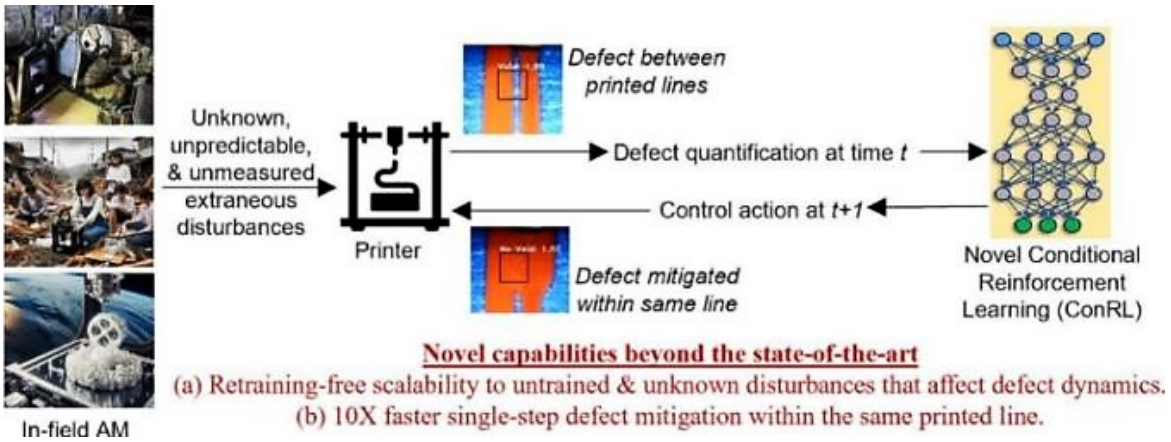
חלל

תקשוב ובינה מלאכותית

65. כיצד בינה מלאכותית יכולה לפתור בעיות מרכזיות בייצור

20 בנובמבר 2025

Engineers develop autonomous artificial intelligence that transforms resilience and discovery in manufacturing



Credit: Journal of Manufacturing Processes (2025). DOI: 10.1016/j.jmapro.2025.03.014

מחקר בהובלת מהנדסים מאוניברסיטת ראטגרס בארה"ב מציג כיצד בינה מלאכותית יכולה לפתור שתי בעיות מרכזיות בייצור. בשני מחקרים נפרדים הראו החוקרים כי מערכות אוטונומיות חכמות מסוגלות להפוך את הדפסת התלת־ממד לאמינה גם בסביבות קיצוניות כמו חלל ושדות קרב, וכן להאיץ משמעותית את החדשנות בייצור באמצעות צמצום הצורך בניסויים יקרים. המחקר הראשון מתמקד בייצור בהדפסה של חלקים כגון פנים או חוץ של חללית, בשדות קרב או באזורים מוכי אסון, מחוץ לתנאים יציבים ומבוקרים של מפעל. סביבות אלו הן בלתי צפויות וכוללות הפרעות כמו רעידות או שינויים בטמפרטורה העלולים להרוס את תהליך ההדפסה, ובנוסף לכך האנשים המעורבים (אסטרונאוטים או חיילים) עשויים להיות חסרי הכשרה מתאימה. כדי להתמודד עם זאת פיתחו החוקרים טכניקת בינה מלאכותית חדשה בשם "למידת חיזוק מותנית" - conditional reinforcement learning . המערכת עושה שימוש במצלמה לניטור תהליך ההדפסה ומבצעת התאמות מיידיות בהגדרות המדפסת בעת גילוי פגם, ללא צורך לדעת מראש מה השתבש וללא צורך באימון מחדש. כך ניתן לפתור בעיות בצעד אחד בלבד, גם בתנאים לא צפויים, ולהמשיך את ההדפסה ללא עצירה. הטכניקה החדשה מפחיתה פגמים פי עשרה או יותר ומשפרת את איכות הייצור באותה מידה, גם כאשר ההפרעות אינן ידועות מראש. זהו הישג קריטי ליישומים בתחום ההגנה, החלל וההתמודדות עם אסונות.

המחקר השני התמקד בהאצת החדשנות בייצור קונבנציונלי. מהנדסים הסתמכו במשך שנים על מודלים פיזיקליים ושיטות ניסוי־וטעייה להבנת התנהגות חומרים בתהליך הייצור, תהליך שעלול להימשך שנים רבות ולדרוש מומחיות עמוקה. לשם כך גם כלי למידת מכונה מודרניים זקוקים למאגרי נתונים עצומים. הצוות פיתח מערכת בינה מלאכותית הקוראת מאמרים מדעיים, שולפת מידע שימושי ומשלבת אותו עם כמות קטנה של נתונים ניסיוניים כדי לבנות מודלי חיזוי. המערכת מתפקדת כמו מומחה אנושי, לומדת ממחקרי עבר ומשפרת

את תחזיותיה בכל איטרציה. במקום מאות ניסויים, הושגו תוצאות מדויקות באמצעות 30 דגימות בלבד. המערכת עושה שימוש במודלי שפה גדולים כדי לאחזר ידע מהספרות המדעית ולשכלל אותו באמצעות נתוני אמת, ובכך מאפשרת פיתוח מהיר בהרבה בעלות נמוכה. החדשנות הזו עשויה להאיץ את הפיתוח בתעשיות כמו חלל וביטחון, תוך צמצום הצורך בפרשנות אנושית ובניסויים רחבי־היקף והאצת תהליכי ייצור חדשים או מורכבים.

מאמרים מדעיים: קישור 1, קישור 2.

תקשוב

66. הפנטגון הגדיר: טכנולוגיית הקוונטום קריטית לעתיד שדה הקרב

28 בנובמבר 2025

Pentagon Elevates Quantum Tech to Core of Future Battlefield Strategy

הפנטגון הכריז בנובמבר 2025 על מסגרת אסטרטגית חדשה שבה טכנולוגיית הקוונטום מוגדרת כאחד משישה תחומי טכנולוגיה קריטיים לעתיד שדה הקרב. התחומים הם: בינה מלאכותית יישומית, ייצור ביולוגי, טכנולוגיות לוגיסטיקה בתנאי עימות, אנרגיה מוכוונת, נשק היפרסוני, וטכנולוגיות קוונטיות יחד עם שליטה במידע בשדה הקרב.

רכיבי הטכנולוגיה הקוונטית:

1. **חיישנים קוונטיים** – מנצלים אטומים או יונים ללכידת שינויים זעירים בשדות מגנטיים ובכבידה. מאפשרים גילוי צוללות, ניווט תת־קרקעי ותת־ימי, ויכולת פעולה בסביבות שבהן GPS אינו זמין.
2. **תקשורת קוונטית** – ערוצים מאובטחים המבוססים על הפצת מפתחות קוונטיים (QKD) עמידים בפני יירוט, זיוף ושיבוש.
3. **שעונים קוונטיים** – מערכות תזמון אולטרה־מדויקות, המספקות סנכרון בין כוחות מבוזרים, גם ללא לוויינים.
4. **מודלים וסימולציות קוונטיות** – שימוש במיחשוב קוונטי לניתוח תרחישים מורכבים, תכנון מבצעי וקבלת החלטות בתנאי אי-וודאות.

שילוב עם טכנולוגיות אחרות

התחום הקוונטי נתפס כמשלים ל- AI. בעוד הבינה המלאכותית מספקת איחוד מידע, ניתוח מהיר ותמונת מצב מבצעית, הטכנולוגיה הקוונטית מעניקה **חסינות** מול לוחמה אלקטרונית. השילוב יוצר מערכות שמספקות גם עליונות מידע וגם חסינות טכנולוגית.

בין היתרונות מבצעיים:

- ניווט מדויק בסביבות שבהן GPS משובש או מזויף.
- תקשורת מאובטחת ועמידה בפני התקפות סייבר ול"א.
- גילוי מטרות חמקניות כמו צוללות וכלי טיס מתקדמים.
- סנכרון מדויק של מערכות נשק וכוחות מבוזרים.

הכתבה מדגישה שסין ורוסיה משקיעות רבות בחישה ובתקשורת קוונטית, מה שמעלה חשש להפתעה טכנולוגית. כמו כן, מציינים שהמעבר ממערכות ניסיוניות למערכות מעשיות בשדה הקרב דורש פתרונות

הנדסיים מורכבים. כמו כן, התאמת מערכות קוונטיות לתשתיות קיימות מחייבת השקעות גדולות במערכות היברידיות.

להלן טבלה מרוכזת של מספר יכולות, תפקודים ויתרונות של התחומים העיקריים.

Capability	Function	Benefit
Quantum sensors	Transmit information in hard-to-spoof formats	More resistant to jamming
Quantum communications	Transmit information in hard to spoof formats	Improved security under attack
Hybrid RF systems	Pair legacy networks with quantum tools	Measure atomic-level movement and timing

תקשוב

67. חיישנים קוונטיים חסיני הפרעות

1 בדצמבר 2025

Noise-proof Quantum Sensors

חוקרים מאוניברסיטת אינסברוק באוסטריה הראו כי ניתן ליצור חיישנים קוונטיים שנשארים מדויקים מאוד גם בתנאי רעש קיצוניים. חיישנים קוונטיים מבטיחים רמת דיוק גבוהה בהרבה מהחיישנים הקלאסיים, אך הם רגישים מאוד להפרעות סביבתיות. כדי להתמודד עם בעיה זו, החוקרים פיתחו פרוטוקול ניסיוני חדש המבוסס על שזירה קוונטית של יוני סידן. באמצעות יצירת מצב שזור, החיישנים מצליחים להיות רגישים למטרה הרצויה ובו-זמנית חסינים להפרעות.

במהלך הניסוי החוקרים הוסיפו רעש מגנטי חזק ומשתנה במהירות, כזה שמבטל את היכולת של שיטות קלאסיות לבצע מדידה מדויקת. למרות זאת, החיישנים השזורים המשיכו לפעול בדיוק אופטימלי. זהו מימוש ראשון של אסטרטגיה אופטימלית למדידת שדות מרחביים באמצעות חיישנים קוונטיים שזורים. השיטה דורשת פחות משאבים לעומת קודים לתיקון שגיאות קוונטיות, אך מספקת תוצאות שוות ערך מבחינת דיוק ועמידות.

המשמעות הרחבה היא שהיתרון הקוונטי גדל באופן מעריכי ככל שמורכבות השדה הנמדד עולה. החוקרים מציינים כי ניתן להרחיב את השיטה לרשתות חיישנים קוונטיים מבוססי יונים, אטומים או ספינים במצב מוצק. רשתות כאלה עשויות בעתיד למדוד שינויים סביבתיים בקנה מידה גדול, לגלות תופעות פיזיקליות חדשות ולשפר טכנולוגיות הדורשות מדידות מדויקות במיוחד.

מאמר מדעי

תקשוב

68. מסך שניתן "להרגיש": פיקסלים אופטו־טקטיליים ככיוון עתידי לממשקי אדם–מכונה

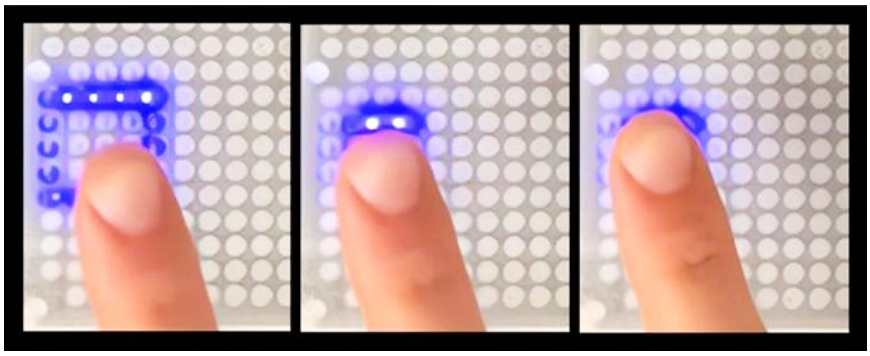
15 בדצמבר 2025

Futuristic pixel-raising display lets you feel what's onscreen

חוקרים מאוניברסיטת קליפורניה בסנטה ברברה (UCSB) הדגימו טכנולוגיית תצוגה אופטו־טקטילית (optotactile) חדשנית, שבה פיקסלים במסך משנים את צורתם הפיזית בתגובה לאור לייזר, ומאפשרים למשתמש "להרגיש" את התוכן המוצג. המערכת מבוססת על פיקסלים זעירים בקנה מידה של מילימטרים, המורכבים משכבת גרפיט דקה המתוחה מעל חלל אוויר קטן. כאשר פולס קצר של לייזר פוגע בפיקסל, הגרפיט מתחמם במהירות, האוויר הכלוא מתפשט, ומשטח הפיקסל בולט כלפי מעלה בכמילימטר אחד. התגובה מתרחשת בזמן קצר מאוד (כ־2 עד 100 מילישניות), ויוצרת תחושת מגע חדה ומקומית ולא "בליטה" סטטית. יתרון הנדסי מרכזי הוא היעדר צורך בחיווט או באלקטרוניקה נפרדת לכל פיקסל - סריקת לייזר מהירה מפעילה את הפיקסלים באופן סלקטיבי. החוקרים כבר בנו מערכים הכוללים יותר מ־1,500 פיקסלים טקטיליים עצמאיים. המחקר, בהובלת פרופ' יון ויסל והדוקטורנט מקס ליננדר ממעבדת RE Touch, פורסם בכתב העת *Science Robotics*.

מבחינה מדעית וטכנולוגית, העבודה מדגימה גישה חדשה לפלט טקטילי צפוף ומהיר, שעוקפת מגבלות של מערכות מגע אלקטרו־מכניות מסורתיות. השימוש בחומרים זולים יחסית ובשליטה אופטית מרחוק מצביע על פוטנציאל להגדלת ממדי התצוגה מבלי להגדיל משמעותית את המורכבות או העלות; לדברי ויסל, ניתן לשחזר אבות־טיפוס מחקריים בעלות של מאות דולרים בודדים. המערכת כבר מאפשרת יצירת דפוסי מגע דינמיים - צורות נעות, סימנים ורצפים בזמן - כלומר סוג של "אנימציה טקטילית". עם זאת, החוקרים מציינים אתגרים עתידיים כגון ניהול חום, עמידות חומרים לאורך זמן והגדלת הרזולוציה לרמות המקובלות במסכים חזותיים מודרניים.

בהקשר של מחקר ופיתוח צבאי, המשמעויות גדולות. תצוגות אופטו־טקטיליות עשויות לאפשר ממשקים שקטים וללא תלות בראייה למערכות שליטה ובקרה, מפות טקטיליות דינמיות בכלי רכב או בציוד אישי, וסביבות אימון שבהן לוחמים "מרגישים" פריסות שטח, איומים או מצבי מערכת. העברת מידע מורכב באמצעות מגע בלבד עשויה להפחית עומס קוגניטיבי וחזותי בתנאי קרב עתירי מידע, בתנאי ראות לקויה או במצבים שבהם הקשב חייב להישאר בסביבה הפיזית. באופן רחב יותר, המחקר מסמן כיוון עתידי לממשקי אדם-מכונה המשלבים ראייה ומגע, עם פוטנציאל לשיפור מודעות מצבית, שרידות ותפקוד של מערכות צבאיות בשדה הקרב העתידי.



Millimeter-scale pixels lift into bumps when lit up by a focused laser pulse. UCSB Engineering department

תקשוב

69. נאט"ו בפער מסוכן ביכולת הלחימה בספקטרום האלקטרומגנטי

24 בנובמבר 2025

Electromagnetic Warfare: NATO's Blind Spot Could Decide the Next Conflict

מאמר של RAND טוען כי המלחמה באוקראינה החזירה את הלחימה האלקטרומגנטית (EW) - השליטה בספקטרום האלקטרומגנטי (EMS) - למעמד של תחום מבצעי מכריע. שליטה זו מאפשרת שיבוש תקשורת, פגיעה בשרשראות שליטה ובקרה, עיוורון רחפנים ופגיעה בניווט ובדיוק (כגון GPS). המאמר מציג את EW כהמשך היסטורי ישיר ללוחמת אותות מוקדמת (SIGINT), דרך הרדאר ופיענוח האניגמה במלחמת העולם השנייה ועד שיבושי שידור, מערכות הנחיה ו-GPS בעשורים הבאים. עם זאת, הוא מדגיש כי צבאות המערב דחקו את התחום לשוליים בתקופת המלחמות באפגניסטן ובעיראק, שהתמקדו בלוחמה נגד כוחות בלתי סדירים או לוחמה א-סימטרית - מה שיצר פער מוכנות לעימות בין-מדינתי מתקדם. בשנים האחרונות, EW חזר למרכז הבמה בסכסוכים שונים (בהם אוקראינה, נגורנו-קרבאך השנייה, ישראל והחמאס, החות'ים ומרחב הים האדום וכמובן איראן), וכיום הוא כולל לא רק שיבוש אלא גם יירוט והטעיית תקשורת, פגיעה במערכות מיקוד והגנה אקטיבית מפני תקיפות דומות.

המאמר משווה בין נאט"ו לרוסיה וקובע כי רוסיה לא נטשה את תחום ה-EW לאחר המלחמה הקרה, אלא המשיכה לפתחו באופן שיטתי. לפי הכתבה, לרוסיה מאות אתרי רדאר, לפחות 14 יחידות EW ייעודיות, ומגוון מערכות ייעודיות ברמות טקטיות ואסטרטגיות - בהן מערכות ניידות כמו Krasukha-4 ו-Moscow-1, משבשים קרקעיים ארוכי־טווח כמו Murmansk-BN (בטווח מוצהר של כ-300 ק"מ), וכן יכולות שיבוש אוויריות ומוטסות. באוקראינה, מתוארת אסטרטגיה רוסית המשתמשת ב-EW כדי לאתר ולבודד עמדות, לשבש תקשורת ו-GPS, לפגוע במכ"מים וברכיבי רחפנים - ולעיתים אף להשביתם - ולאחר מכן להפעיל אש ארטילרית. במקביל, מצוין כי מאז 2022 מתקיימת למידה והסתגלות מהירה משני הצדדים. מנגד, בנאט"ו השימוש ב-EW מוגבל בעיקר לאימונים וסימולציות בשל מגבלות משפטיות ופוליטיות, בעוד רוסיה צוברת ניסיון מבצעי בשדה קרב פעיל. המאמר מדגיש גם את התלות של נאטו בארצות הברית ביכולות מפתח כגון ELINT מוטס וחללי, ניהול חתימות, SEAD ושיבוש - תלות הנתפסת כפגיעות אסטרטגית.

אם הספקטרום האלקטרומגנטי הוא כיום נקודת תורפה מרכזית לצבאות דיגיטליים הנשענים על חיישנים, לוויינים ורשתות, הרי שמו"פ עתידי נדרש להתמקד בחוסן תכנוני: מערכות שממשיכות לפעול גם במצב של תקשורת, ניווט וחישה משובשים; עדכון מהיר של מאגרי נתוני איומים אלקטרומגנטיים, ואימונים המדמים כשלי EMS "עד לנקודת שבירה".

המאמר מצביע על צעדים מעשיים שנאטו מקדמת - ובהם קואליציית EW עם אוקראינה לשיתוף ציוד, הכשרה ודוקטרינה, שילוב חובה של לוחמת EMS בתרגילים, וחיזוק שרשראות אספקה אירופיות לרכיבי EW - כבסיס לשדה קרב עתידי שבו היתרון יינתן לכוחות המסוגלים להסתגל במהירות, לפעול תחת שלילה אלקטרומגנטית חלקית, ולבסס עצמאות תעשייתית בתחום זה.

תקשוב

70. קנדה: מערכת AI מגינה על רשתות אלחוטיות מהתקפות שיבוש בזמן אמת

17 בדצמבר 2026

AI system protects wireless networks from jamming attacks in real time

מערכת בינה מלאכותית מתקדמת פותחה באוניברסיטת אוטווה במטרה להגן על רשתות אלחוטיות מפני מתקפות שיבוש בזמן אמת. החוקרים מתארים את המערכת כמעין "מערכת חיסון דיגיטלית", משום שהיא מסוגלת לזהות הפרעות, לחזות את דפוסי הפעולה של התוקף ולהגיב באופן אוטונומי תוך שמירה על רציפות השירות. המערכת מבוססת על "סוכן כפול" – dual-agent AI framework בסביבת Mobile Edge Computing ובארכיטקטורת O-RAN, שבהם כל סוכן לומד ומסתגל באופן רציף לתנאי הספקטרום. שני הסוכנים משתפים מידע זה עם זה, ובכך מאפשרים קבלת החלטות מבוזרת אך מתואמת, שמטרתה להבטיח תזמון משימות תקשורת גם כאשר חלק מהערוצים נתונים לשיבוש אקטיבי. המערכת עושה שימוש בלמידת חיזוק היררכית (Hierarchical DRL), המאפשרת לה לנתח מצבים מורכבים עם ריבוי משתנים, וכן בבקר מבוסס Transformer שמסוגל לעבד רצפים ארוכים של נתוני ספקטרום ולזהות דפוסים עדינים של התנהגות תוקפנית. שילוב זה מאפשר לא רק זיהוי של מתקפת שיבוש קיימת, אלא גם חיזוי של פעולות עתידיות של התוקף, ובכך ביצוע התאמות פרואקטיביות בתזמון המשימות ובניהול המשאבים.

החוקרים מדגישים כי המערכת פותחה מתוך צורך ממשי להגן על תשתיות תקשורת קריטיות, החל ממערכות חירום ועד תחבורה ויישומי ערים חכמות, אשר תלויים ברשתות אלחוטיות. בניסויים מבוקרים שנערכו בין 2023 ל-2025, המערכת הוכיחה יכולת עמידות גבוהה במגוון תרחישי שיבוש, כולל מצבים שבהם התוקף משנה את אסטרטגיית השיבוש באופן דינמי. היא הצליחה לשמר את איכות השירות, להפחית את שיעור ההפרעות ולשמור על זמני תגובה קצרים גם בתנאים שבהם מערכות מסורתיות היו קורסות. החוקרים מציינים כי היכולת של שני הסוכנים ללמוד באופן מתמשך מאפשרת למערכת להשתפר לאורך זמן ולהתאים את עצמה לסוגי התקפות שלא נצפו בעבר.

הפרויקט בוצע בשיתוף פעולה עם חברת thinkRF, המתמחה בניתוח ספקטרום, מה שאיפשר לחוקרים לעבוד עם נתוני ספקטרום אמיתיים ולבצע בדיקות בתנאים הקרובים ככל האפשר לסביבה מבצעית.

מאמר מדעי

תקשוב

71. רחפן ל"א לאיכון קורני RF פותח בארה"ב

3 בדצמבר 2025

CX2 develops lightweight airborne electronic warfare platform

החברה האמריקנית CX2 הציגה את Wraith ("רוח רפאים"), פלטפורמת לוחמה אלקטרונית (ל"א) אווירית קלת-משקל, שתוכננה לגלות, לאכן ולעקוב אחר חוסמים, מכ"מים וקורני RF אחרים בסביבות עתירות איומים שיש בהן חסימת GPS. על פי ההודעה מטעם CX2, המערכת שנבנתה במיוחד "כדי להפוך את ספקטרום ה-RF לנשק עבור כוחות קדמיים בסביבות לחימה." החברה מתארת את המערכת כרחפן אוטונומי מסוג Group 2, המסוגל לפעול באופן עצמאי באמצעות תוכנת ניווט ייעודית, מבלי להסתמך על GPS.

כלי הטיס, ששוקל 14.5 ק"ג ומתקפל למידות קומפקטיות של 38 על 51 על 122 ס"מ, משלב מספר מערכות מודיעין ורכישת מטרות לפלטפורמה אחת. ה-Wraith עושה שימוש במערכת GNSS מוקשחת ייעודית ובניווט רב-שכבתי ללא-GPS לצורך פעולה אוטונומית, וכולל מנוע אלגוריתמי לסיווג אותות המסוגל לזהות איומי RF בסביבות אלקטרומגנטיות מורכבות.

ברגע שמקורות ה-RF מזוהים, הרחפן משתמש בחיישן אלקטרו-אופטי/תת-אדום (EO/IR) מיוצב כדי לאמת ויזואלית את המטרות ולעקוב אחריהן. מערכת התוכנה המוטמעת בכלי, CX2-OS, מספקת מיפוי חום ספקטרלי ושכבות מידע על מיקום קורנים (Targeting Overlays) כדי לשפר את המודעות המצבית עבור יחידות הכוח הקדמי. כפי שנמסר על ידי CX2, "ה-Wraith מאכן במדויק קורנים בעלי ערך גבוה, כגון חוסמים, מכ"מים ומערכות שליטה ובקרה קרקעיות, מפלטפורמה אווירית אחת: הפלטפורמה עצמה היא החיישן."

ל-Wraith זמן טיסה של כ-45 דקות והוא תואם לחוק אישור תקציב ההגנה הלאומי של ארה"ב (NDAA), המגביל את השימוש באלקטרוניקה שאינה מקומית במערכות הגנה קריטיות. חליפת התקשורת המוטמעת ברחפן תומכת בהעברת נתונים עמידה וחסינה גם בתנאים אלקטרומגנטיים ירודים, ותוכנת Pathfinder המשולבת מאפשרת לו לתמרן בסביבות חסומות GPS על ידי הסתמכות על קליטות אנטנה בתדרים רבים וניווט בסיוע בינה מלאכותית (AI).

לדברי CX2, האופי האוטונומי של Wraith ויכולות היתוך החיישנים שלו מאפשרים לו לפעול לבד או כחלק ממערכת מרושתת גדולה יותר, ובכך לתמוך בצורך הגובר בפתרונות בלתי מאוישים הניתנים להרחבה (Scalable) במשימות לוחמה אלקטרונית וסיור.

סרטון שיווק



תקשוב

72. חברה טורקית מציגה מערכת GNSS חסינה קומפקטית

25 בדצמבר 2025

Turkish firm develops compact anti-jam system for drones

החברה הטורקית EDGE Microwave פיתחה מערכת ניווט לווייני קומפקטית שיכולה להתמודד עם חוסמי GPS. החברה הוקמה לפני כשנה וחצי ומתמקדת בפתרונות המבוססים על אנטנה מסתגלת (CRPA - controlled reception pattern antenna) עבור משתמשים ביטחוניים ומסחריים כאחד. החברה טוענת כי החלה במכירות של מערכת 8008-HEDGE שלה בטורקיה ובחו"ל ומקבלת משוב חיובי ממשתמשים ראשונים. על פי פרסומי החברה, 8008-HEDGE היא אנטנת GNSS בעלת שמונה אלמנטים, שנועדה להגן על מקלטי ניווט לווייני מפני חסימות והפרעות. המוצר מעבד אותות נכנסים באמצעות אלגוריתמים אדפטיביים לעיצוב אלומה כדי לשמור על זמינות ניווט בתנאים אלקטרומגנטיים קשים.

EDGE Microwave טוענת שהמערכת תומכת בקליטה סימולטנית של GNSS ממספר קונסטלציות בתחומים הספקטרליים 1GPS L1, Galileo E1, BeiDou B-1 ו-, עם עד שבעה ערוצי דיכוי (הערה: מספר החוסמים שניתן לדכא הוא מספר האלמנטים באנטנה פחות אחד). המפרטים הטכניים שפורטו על ידי החברה כוללים דיכוי שיבושים נומינלי מעל 50 dB, ביצועי J/S (יחס חסימה לסיגנל) מעל 110 dB בשילוב עם מקלט GNSS, וצריכת חשמל מתחת ל-13 וואט.

החברה מדגישה גם את המאפיינים הפיזיים של המערכת. גודל ה-8008-HEDGE הוא כ-9 על 9 על 2.2 סנטימטרים ומשקלה כ-275 גרם, מה שממקם אותו בין פתרונות ה-CRPA הקטנים ביותר. EDGE Microwave

טוענת כי היחידה עומדת בתקני תאימות סביבתית ותאימות אלקטרומגנטית צבאיים, כולל MIL-STD-810H ו-MIL-STD-461F. החברה אומרת שמטרת פיתוח המערכת החדשה היא להפוך יכולת נגד חסימות GNSS ברמה צבאית זמינה לפלטפורמות שלא יכלו בעבר לתמוך במערכות CRPA מסורתיות עקב אילוצי גודל, משקל או עלות. החברה טוענת שהגודל הקומפקטי מאפשר שילוב על גבי כטב"מים קטנים, תחמושת משוטטת, פלטפורמות ימיות, כלי רכב אוטונומיים ותשתיות קבועות.

EDGE Microwave ממצבת גם את 8008-HEDGE כמוצר דו-שימושי, תוך ציון יישומים פוטנציאליים בחקלאות מדייקת, נהיגה אוטונומית, לוגיסטיקה בלתי מאוישת ותשתיות תקשורת, שבהן שיבושים ב-GNSS עלולים להיות בעלי השלכות תפעוליות.

תקשוב

73. ה'בועה' של הבינה המלאכותית והשפעותיה על משרד ההגנה האמריקני

30 בדצמבר 2025

For defense AI, bubble, bubble, toil and ... bargains?: 2026 preview

מספר בכירים אמריקניים התבטאו בקשר למצב ה"בועה" המסתמן בשוק הבינה המלאכותית [ב"מ] – משמע פער גדול בין שווי השוק וההשקעות העצומות, לבין ההכנסות וההפסדים של החברות בתחום. גם מי שממעיט ברמת הקריסה הצפויה, מסכים שיהיה תהליך התכנסות מסוים, ודאי בחברות שבהן עיקר הציפיות המנופחות. כולם חושבים שמשרד ההגנה צריך להיערך לגמישות מהירה בגיוס כישרונות בינה מלאכותית 'יתומים' לפני שהם נחטפים למקום אחר, ולהתקשרות עם חברות בינה מלאכותית כושלות לפני שהן מתות.

גנרל (*3) בדימוס Jack Shanahan שהקים את מרכז הב"מ המשותף של הפנטגון (JAIC שהיום הוא חלק מ-CDAO) טוען שהבועה אמיתית, אולם זו הזדמנות למשרד ההגנה לשתף פעולה עם חברות טכנולוגיה שהאופקים המסחריים שלהן קטנים. אם אכן ההשקעות האזרחיות בב"מ יקרסו ב-2026, החברות יראו באופן חיובי מקור מימון ממשלתי יציב. המשרד יוכל להשיג טכנולוגיה וכ"א מוכשר במחירים נמוכים יותר. Shanahan גם מודאג מפני ההשקעה המעגלית הנפוצה בתחום [חברה A משקיעה בחברה B שקונה שירותים מחברה A או משקיעה חזרה בחברה A], שאינה קשורה לביקושים אמיתיים או ליצירת ערך אמיתי. בגלל תלות הזו, כל שינוי קטן יוצר אפקט משמעותי בתוך שוק הב"מ, משם לחברות הטכנולוגיה ולכל החברה.

גנרל (*3) בדימוס Michael Groen שהחליף את Shanahan, יותר אופטימי. לדעתו זו אינה בועה אלא תהליך התייצבות של שוק טכנולוגי דינמי חדש, שדרכו והמודל העסקי הנכון שלו עדיין אינם ברורים. זה מתבטא בתנודות חריפות כמו במחיר המניה של Nvidia בגלל חשיפת מודל ב"מ 'רזה' של DeepSeek, שמעוררות את העדר. התייצבות השוק בדומה לשוק האינטרנט בשנות ה-90 תביא לכך שחלק מהחברות ישכילו לבצע התאמות לפעילותן ולמודל העסקי שלהן וכך ישנו את ההיסטוריה, וחלקן אכן לא ישרדו.

Joshua Wallin, חוקר ב-CNAS אומנם לא חוזה קריסה, אבל צופה שכמה חברות ייעלמו. נראה שיש עודף של חברות המציעות שירותים דומים בתחום שיפור היעילות העסקית. הסכנה תבוא אם כמה כשלים יגרמו לתגובת שרשרת שתפגע בחברות המובילות כמו OpenAI. לרוב החברות המשתמשות במודלי הב"מ של הגדולות אין את המשאבים לאמן מודלים משלהן והן תלויות במודלים של הגדולות. מודלי שפה גדולים דורשים תמיכה מתמדת ולכן במקרה שאחד המודלים יפסיק להיתמך, החברות הרבות התלויות בו ייפגעו. הצורך בתחזוקה מתמדת מונע גם את השימוש בטכנולוגיה הזמינה במקרה של קריסה. אומנם ניתן יהיה להשיג מדענים ומהנדסים מיומנים בתחום, אך הטכנולוגיה (חומרה ותוכנה) הלא נתמכת תתישן במהירות.

Shanahan אופטימי בגלל הגישה של מזכיר ההגנה Pete Hegseth, המנסה לשחרר את הביורוקרטיה של הרכש הידועה לשמצה של משרד ההגנה. Hegseth סולל את הדרך לפחות במדיניות, הנחיות, ותזכירים, להאצת הרכש והאימוץ של ב"מ ותוכנה אזרחית במשרד. משרד ההגנה יצטרך להוכיח שהוא שותף אמין ורציני

שיכול להביא חוזים במהירות גם מעבר להדגמות ופיילוטים, וגם עם חברות הטכנולוגיה בכלל ולא רק כמה חברות מועדפות. לדעת Groen גישור בין הפנטגון לחברות הטכנולוגיה יוביל לשינוי תרבותי בשני הצדדים. היכולת לשלב את ניסיון שדה הקרב עם מומחיות טכנולוגית, שבשניהם ארה"ב מובילה, תבטיח את יתרונה על יריבותיה.

תקשוב

טכנולוגיות

74. איך להגן על רקמת שריר ולשקמה לאחר פגיעות הדף מפיצוץ

20 בנובמבר 2025

UTA Research Targets Muscle Repair for Blast-Injured Troops

אוניברסיטת טקסס (UTA) החלה במחקר שמטרתו להגן על רקמת שריר ולשקמה לאחר פגיעות הדף (Blast injuries) סכנה נפוצה בקרב לוחמים. הפרויקט, שיימשך 20 חודשים, יתמקד באובדן רקמה הנגרם בשל איסכמיה, מצב שבו זרימת הדם נקטעת באופן זמני, וכן בפגיעה המשנית הנגרמת בשל רפרפוזיה חריפה , המתרחשת כאשר זרימת הדם חוזרת בפתאומיות.

כדי להציל חיים ולעצור דימום, משתמשים לעיתים קרובות בחוסם עורקים או בתחבושת לחץ שמפסיקים את זרימת הדם לאזור הפגוע. כאשר מסירים את התחבושת או את החוסם הדם שועט חזרה לאזור. הדבר אמנם מחזיר חמצן, אך עלול גם להחמיר את הנזק לרקמת השריר. המטרה היא למצוא דרכים להפחית את הנזק המשני הזה.

בדיקת ג׳ל מועשר באבץ

אבץ (Zinc) הידוע כתומך בצמיחת תאים, בייצור חלבונים, בפעילות אנזימים, בתפקוד מערכת החיסון ובהגנה מפני עָקָה חמצונית – (oxidative stress) . הוא בעל תפקיד מרכזי בהתחדשות שריר ולכן ישמש כפתרון אפשרי במחקר.

האבץ ישולב בתוך חומר בשם Gelatin Methacryloyl - חומר סינתטי למחצה המאושר על-ידי מינהל המזון והתרופות האמריקני. הוא מופק מחלבון שמקורו בקולגן, וזאת יחד עם תרכובת הנקשרת לקולגן השריר, כדי לבחון את יעילותו בקידום תיקון רקמת שריר. מינון לא נכון של אבץ עלול להיות רעיל ואף להחריף נזק רקמתי, אך המחקר חותר לפיתוח שיטת מתן בטוחה, ממוקדת ומבוקרת, שתחדיר את האבץ ישירות לשריר הפגוע.

שימוש ביטחוני ואזרחי

פיצוצים מהווים, לאורך ההיסטוריה, גורם משמעותי לפציעות קרב. על-פי נתוני משרד יוצאי-הצבא האמריקני (VA) משנת 2016, מומחי טראומה מצאו כי 74% מכלל פציעות בקרב בשנים 2001-2011 נגרמו בשל הדף-פיצוץ. אף שהמחקר מתמקד בחיילים פצועים, ממצאיו עשויים בעתיד לסייע גם לאזרחים הנזקקים לשיקום שריר לאחר תאונות דרכים, פציעות ספורט או אסונות טבע.

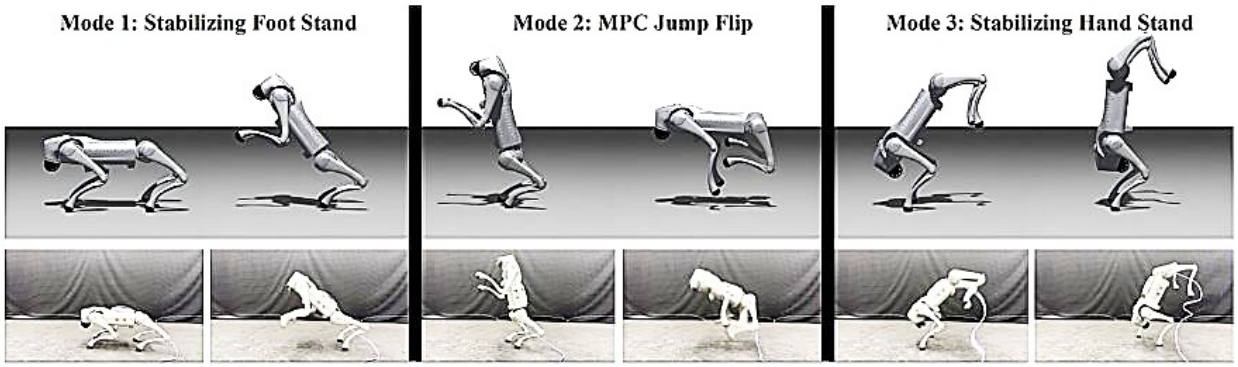
המחקר והניסויים יבוצעו במסגרת שיתוף הפעולה של מערכת הטראומה באוניברסיטת UTA, גוף מחקר שנועד לתת מענה לצרכים דחופים בטיפול בטראומה, הן בשדה-הקרב והן במערכות הרפואה האזרחיות.

טכנולוגיות

75. בינה מלאכותית ובקרה היברידית יכשירו רובוטים לביצוע תנועות מורכבות

28 בנובמבר 2025

Robots combine AI learning and control theory to perform advanced movements



From left to right, the Unitree Go2 walks to autonomously avoid incoming obstacles. Credit: arXiv (2025). DOI: 10.48550/arxiv.2510.19074

מחקר חדש מתמקד בשימוש בבינה מלאכותית ובבקרה היברידית לאימון רובוטים לביצוע פעולות מוטוריות מורכבות. בעוד שבינה מלאכותית יעילה באימון רובוטים למשימות יחידות ספציפיות כגון עמידת ידיים או קפיצה (סלטה) לאחור, כאשר מנסים לשלב יחד מיומנויות – למשל סלטה לאחור ומעבר מיידי לעמידת ידיים – הביצועים נוטים להיפגע. כדי להתמודד עם הקושי הזה, החוקרים עושים שימוש בשיטות של בקרה אופטימלית, שהיא גישה מתמטית שמטרתה לאפשר לרובוטים לבצע תנועות בצורה היעילה והמדויקת ביותר. בפרט, הם מיישמים תאוריית בקרה היברידית, המגדירה מתי מערכת אוטונומית צריכה לעבור בין מצבי בקרה שונים כדי לבצע משימה מורכבת. תאוריה זו מאפשרת לשלב בין שיטות שונות ללמידת מיומנויות חדשות – למשל למידה מניסיון באמצעות reinforcement learning או למידה מבוססת מודל שבה הרובוט מתכנן את פעולותיו מתוך תצפיות – ולתזמן את המעבר ביניהן באופן שמבטיח תנועות מדויקות מבלי לפגוע באיכות הביצוע. החוקרים מדמים זאת לאופן שבו בני אדם לומדים מיומנויות חדשות או משחקים משחקי ספורט: בתחילה מנסים להבין ולחזות את תנועות הגוף, ובהמשך נוצר "זיכרון שריר" שמפחית את הצורך במחשבה מודעת.

צוות המחקר יישם את השיטה על רובוט דמוי־כלב, שאומן לשמור על איזון ולאחר מכן לבצע היפוך. במסגרת האימון נעשה שימוש בשיטות בינה מלאכותית לפיתוח מיומנויות מוטוריות מאתגרות הדורשות דיוק של הגוף כולו. יחד עם זה, הבקרה ההיברידית נוצלה כדי לשלב ולסנכרן את מנגנוני הלמידה השונים כך שהרובוט יוכל לרכוש התנהגויות מורכבות ומצטברות.

בטווח הארוך, יישום גישה זו עשוי לאפשר לרובוטים לפעול בתוך בתים ובסביבות לא מובנות אחרות, כאשר הם מסוגלים ללמוד מיומנויות חדשות תוך כדי תנועה, ולאחר השגת רמת ביטחון מספקת – להשתמש במיומנויות מתקדמות כדי לבצע משימות עוד יותר מורכבות.

מאמר מדעי

טכנולוגיות

76. שימוש במודלי שפה גדולים (LLM) לתכנון ובקרה של פעולות רובוטים

28 בנובמבר 2025

BrainBody-LLM algorithm helps robots mimic human-like planning and movement

מודלי שפה גדולים (LLM) כמו ChatGPT משמשים כיום לא רק ליצירת טקסטים וקוד תוכנה, אלא גם למחקר ופיתוח טכנולוגיות מתקדמות. בתחום הרובוטיקה נמצא כי ניתן להשתמש בהם ליצירת כללים המגדירים כיצד רובוט צריך לפעול בהתאם להוראות המשתמש. חוקרים מאוניברסיטת ניו יורק NYU פיתחו אלגוריתם חדש בשם BrainBody-LLM המנצל את יכולות ה- LLM לתכנון ובקרה של פעולות רובוטיות. האלגוריתם מבוסס על עקרונות המדמים כיצד המוח האנושי מתכנן פעולות וכיצד הגוף מבצע אותן תוך כדי תיקון מתמשך. הוא כולל שני רכיבים עיקריים: Brain LLM שאחראי על תכנון משימות ברמה גבוהה ופירוקן לשלבים פשוטים, ו- Body LLM שמייצר פקודות בקרה ישירות לרובוט עבור כל שלב, כדי לאפשר ביצוע תנועות מדויקות. בנוסף, האלגוריתם פועל במתכונת של משוב בחוג סגור (closed-loop feedback) המאפשר ניטור רציף של תגובות הסביבה ושל אותות שגיאה, והחזרת המידע למערכת לצורך תיקון אוטומטי.

המודל נבחן הן בסימולציה והן בניסוי מעשי. בסימולציה VirtualHome רובוט וירטואלי ביצע מטלות ביתיות שונות, ובניסוי המעשי זרוע רובוטית Franka Research 3 ביצעה משימות בעולם האמיתי. התוצאות היו מבטיחות: שיפור של 17% בקצב השלמת משימות לעומת מודלים מתקדמים אחרים, עם שיעור הצלחה ממוצע של 84%.

החוקרים מציינים כי גישות רבות מבוססות LLM פועלות באופן דומה, תוך שימוש בשרשרת מודלים וכלים חיצוניים לפתרון בעיות מורכבות. בעתיד הם מתכננים לשלב יכולות נוספות כמו ראייה תלת-ממדית, חישת עומק ושליטה במפרקים, כדי לאפשר לרובוטים תנועות שדומות יותר לתנועות אדם. העבודה החדשה עשויה לשמש בסיס לפיתוח מערכות רובוטיות מתקדמות יותר.

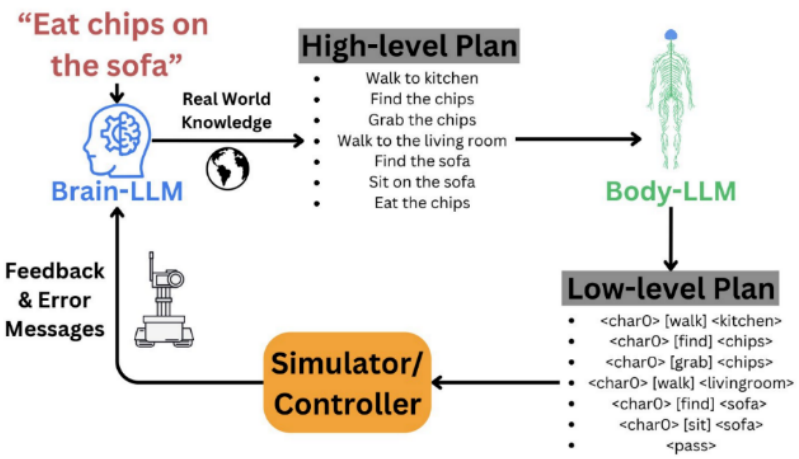


Illustration of how two LLMs work together in the proposed algorithm: The Brain-LLM splits the given task, "Eat chips on the sofa," into sequential steps using its real-world knowledge. The Body-LLM takes these steps one-by-one and determines executable actions. Credit: Bhat et al.

מאמר מדעי

טכנולוגיות

77. בד קל ונושם מספק קירור פסיבי בתנאי חום קיצוניים

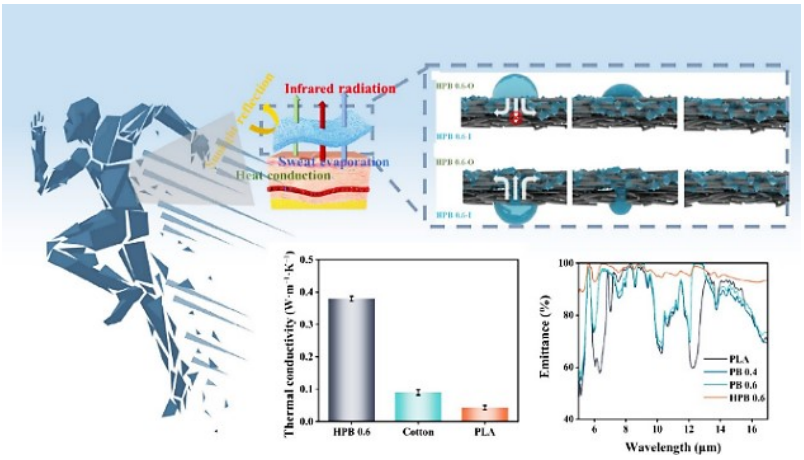
20 בנובמבר 2025

New fabric reflects 96% of sunlight to keep wearers cooler in extreme heat

חוקרים מאוניברסיטת דרום אוסטרליה (UniSA) ומאוניברסיטת ג'נג'ואו בסין פיתחו בד חדש, קל ונושם, שמסוגל להחזיר 96% מקרני השמש ולספק קירור פסיבי לגוף בתנאי חום קיצוניים.

הבד מורכב מסיבי חומצה פולילקטית (PLA) וננו-יריעות של ניטריד בורון (BNNS) באמצעות טכניקת אלקטרו-ספינינג. לננו-יריעות אלו מוליכות תרמית גבוהה במיוחד, והן מעניקות לבד יכולת לשחרר חום ולשמור על יובש. התוצאה היא בד לבן ננו-מבני עם החזר קרינת שמש יוצא דופן ויכולת נשימה גבוהה פי חמישה מכותנה.

בבדיקות שדה נמצא כי הבד החדש הוריד את טמפרטורת העור ב-2 מעלות צלזיוס תחת שמש ישירה וב-3.8 מעלות צלזיוס בלילה, בהשוואה לעור חשוף. בשונה מכותנה הלוכדת חום וזיעה, החומר החדש פולט חום באופן פעיל ומונע הצטברות לחות. החוקרים מסבירים שהמטרה הייתה לפתח בד חכם ובר-קיימא שמווסת את טמפרטורת הגוף באופן פסיבי, ללא שימוש באנרגיה אלא באמצעות תהליכים פיזיקליים טבעיים. לדבריהם, הבד מתאים במיוחד לעובדים בשטח או לעוסקים בשירותי חירום – שם חשיפה לחום היא גם עניין של נוחות וגם של בטיחות. לדברי החוקרים, ניתן להתאים את הטכנולוגיה לבגדי ספורט, מדים, ציוד צבאי וביגוד לשירותי חירום. מציינים שתהליך האלקטרו-ספינינג פשוט וזול, ולכן יש פוטנציאל לייצור בקנה מידה תעשייתי.



An illustration of how the white, nanostructured fabric has been designed, using lightweight particles. Credit: University of South Australia

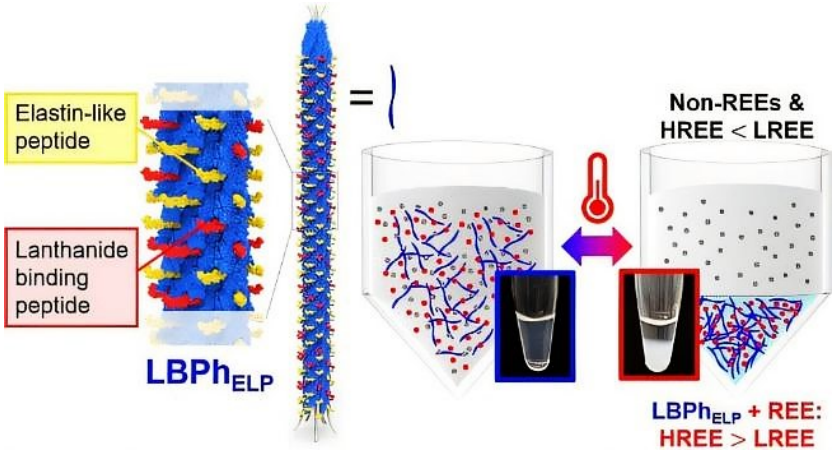
מאמר מדעי

טכנולוגיות

78. שימוש בווירוס מהונדס להפקת מתכות נדירות ממים

13 בנובמבר 2025

Genetically engineered virus acts as 'smart sponge' to extract rare earth elements from water



Credit: Nano Letters (2025). DOI: 10.1021/acs.nanolett.5c04468

טכנולוגיות מתקדמות של אלקטרוניקה ואנרגיה ירוקה נשענות על 17 יסודות נדירים (rare earth elements - REE) המשמשים בין השאר למסכי טלפונים ולמגנטים ברכבים חשמליים ובטורבינות רוח. הפקתם המסורתית מזהמת מאוד ופולטת כימיקלים רעילים. כעת חוקרים מאוניברסיטת ברקלי פיתחו פתרון ביולוגי חדש: הנדסה גנטית של וירוס לא מזיק – שהופך ל"ספוג חכם" הלוכד מתכות נדירות מתוך מי ניקוז, בתהליך נקי, באמצעות שינוי עדין בטמפרטורה ובחומציות.

הדבר הושג ע"י הוספת שני חלבונים מיוחדים אל שטח הפנים של הווירוס. חלבון אחד - lanthanide-binding peptide - פועל כ"צבת" מולקולרית ללכידת המתכת הנדירה. החלבון השני - elastin motif peptide - משמש כ"מתג" רגיש לטמפרטורה. חימום עדין גורם לווירוס לשקוע יחד עם המתכות, כך שניתן לאסוף אותן. ניסויים בניקוזי מכרות חומציים הראו שהווירוס נקשר רק ליסודות נדירים, ניתן להשתמש בו שוב ושוב, והוא ניתן לגידול זול ומהיר בכמויות גדולות. השיטה, הנקראת בשם "כרייה ביולוגית" (biomining) היא ירוקה ויעילה.

מעבר למיצוי של המתכות הנדירות מתוך מי ניקוז, החוקרים מציעים יישומים נוספים: מיחזור פסולת אלקטרונית ע"י התאמת הווירוס ללכידת יסודות אחרים כמו ליתיום וקובלט לסוללות, ואף סילוק מתכות רעילות כמו כספית ועופרת ממי שתייה.

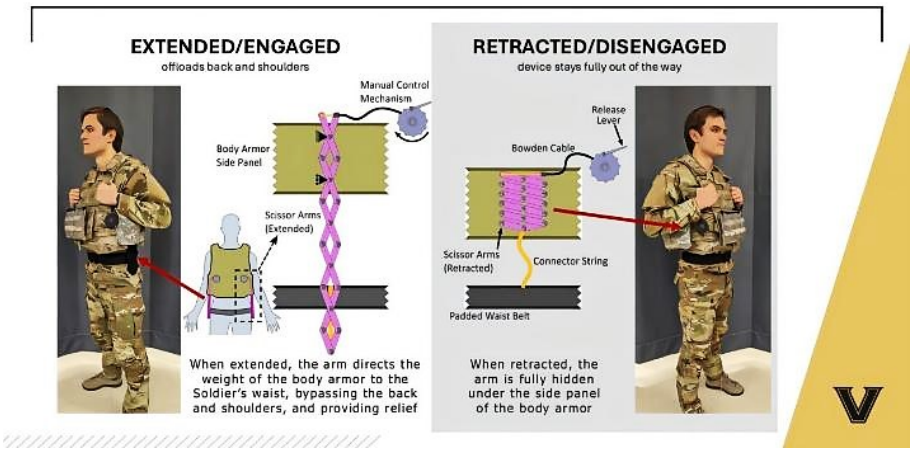
מאמר מדעי

טכנולוגיות

79. התקן לביש קל מפחית עד 90% מהעומס של אפוד מגן

5 בדצמבר 2025

Wearable device offloads up to 90% of body armor weight, improving comfort and mobility



Credit: Vanderbilt University

חוקרים מאוניברסיטת ואנדרבילט בארה"ב פיתחו התקן לביש קל שמסוגל להוריד עד תשעים אחוז ממשקל אפוד מגן מהכתפיים והגב של הלובש, ולהעביר את העומס אל הירכיים. המטרה היא להפחית כאבים ולמנוע פציעות שריר־שלד בקרב חיילים ושוטרים, תוך שמירה על נוחות ותפקוד מלא. הצוות רשם פטנט על ההתקן. ההתקן שונה מפיתוחים קודמים של הקבוצה, שנועדו לסייע בהרמה ובכפיפה. כאן מדובר בהסטת משקל האפוד בזמן עמידה, הליכה וישיבה. ניסויים עם יוצאי צבא אמריקנים הראו כי ניתן להפחית עד תשעים אחוז מהעומס על הכתפיים, לשפר משמעותית את תחושת הנוחות, ולשמור על יציבה ופעילות שרירים תקינה.

העיצוב כולל רכיבים נושאי־עומס, במשקל כולל של כ־900 גרם בלבד, עם אפשרות התאמה אישית, ומנגנון שחרור מהיר במצבי חירום, וכל זאת ללא צורך במנועים או סוללות. ההתקן מאפשר חופש תנועה מלא ואינטגרציה עם אפודים קיימים.

הבעיה המרכזית שההתקן נועד לפתור היא שכמעט אחד מכל חמישה חיילים פעילים בצבא ארה"ב סובל מפגיעות גב עקב עומס יתר, ושימוש ממושך באפוד מגן מעלה פי ארבע את הסיכון לכאבי גב תחתון. גם שוטרים סובלים מתופעה דומה.

החוקרים סבורים שההתקן החדש יוכל לשנות את הדרך שבה חיילים ואנשי שירותי ביטחון מתמודדים עם ציוד מגן כבד, להפחית באופן משמעותי את שיעורי הפגיעות, ולסייע בהתאוששות מפגיעות גב בסביבות קרב.

מאמר מדעי

טכנולוגיות

80. לוחמים-רובוטים מחקים פעילות של חיילים אנושיים, בעזרת בינה מלאכותית

3-4 בדצמבר 2025

China Flaunts Combat Robot That Copies a Soldier's Actions With AI
China unveils military robot that mimics soldiers' combat moves in real time

צבא סין הציג לאחרונה, בנוכחות צוערים מ-13 מדינות זרות, רובוטים דמויי אנוש (humanoid robots) המחקים כל תנועה של חיילים אנושיים כמעט בזמן אמת. כך מושגת שליטה אנושית בדיוק רובוטי. הרובוט נשלט ע"י חייל שלבש חליפת חיישני תנועה קלת משקל. בינה מלאכותית [ב"מ] איפשרה לרובוט לחקות את התנועות האנושיות. צוער מרוקני שבדק את הרובוט טען שרובוטי הקרב עדיין לא השיגו חישה ארוכת טווח אולם הם ישתפרו בעזרת ב"מ. לא נמסרו יכולות ולוחות זמנים להצטיידות אבל צוין שזה חלק ממאמץ מודרניזציה של הצבא הסיני בעזרת פלטפורמות מבוססות ב"מ ויישום העיקרון של "מלחמה אינטליגנטית". להערכתם, רובוטים יאפשרו גמישות וישפיעו על אסטרטגיות הרתעה ככל שסביבת שדה הקרב נעשית מורכבת יותר.

צבא סין הציג גם פלטפורמות רובוטיות וב"מ נוספות: רובוט לסילוק פצצות מופעל בפקודות קוליות, רכב לסילוק מוקשים המוצא מטענים קבורים בעזרת זיהוי חזותי מבוסס ב"מ בשילוב עם גלאי מתכות, יישומי ב"מ לאימוני הצבא הכוללים שדה קרב וירטואלי ומערכות מדידה לתפקוד המתאמנים כך שמתאפשר ליצור תוכניות אימון מותאמות אישית, וכלבים רובוטיים נושאים נשק. מוקדם יותר השנה הציגו חוקרים סיניים שליטה מוחית בחרקים (דבורה סייבורגית), כך שנראה שמערכות אוטונומיות וחצי-אוטונומיות הם יעד נרחב של הצבא הסיני.

התקדמות זו מבוססת על תעשיית רובוטיקה אזרחית רחבה ומתקדמת בין השאר ברובוטים דמויי אנוש בתחומים: שיווי משקל, ניידות, ובקרת תנועה. למרות שרובוטים אלו נותרו בשלב ההדגמה, התחכום הגובר שלהם יאפשר בעתיד ביצוע משימות בסביבות מאתגרות לחיילים אנושיים. הנושא מעלה שאלות לגבי תפקידי הרובוטים בלחימה, פיקוח אתי, ומרוץ חימוש בינלאומי ברובוטיקה צבאית.



Representative image showing humanoid robots from UBTech, set to be deployed along China's borders with Vietnam. Image: @UBTECHRobotics via X

טכנולוגיות





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

