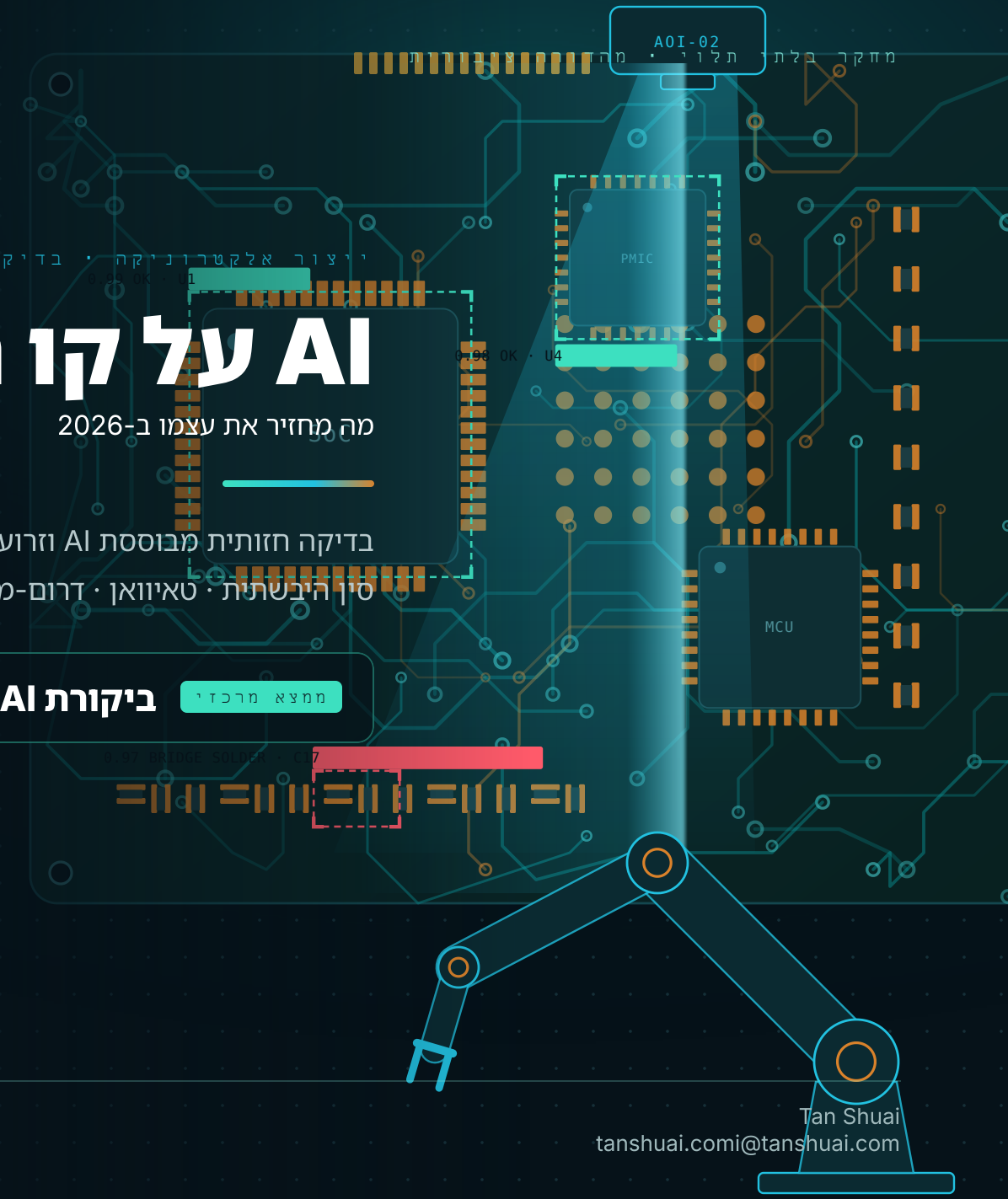


ייצור אלקטרוניקה · בדיקת AI × רובוטיקה

AI על קו ה-SMT:

מה מחזיר את עצמו ב-2026

בדיקה חזותית מבוססת AI וזרועות רובוטיות במפעלי אלקטרוניקה

סין היבשתית · טאיוואן · דרום-מזרח אסיה · ארצות הברית

ביקורת AI שווה לעשות, בצורה ממוקדת. זרועות מגולמות יכולות לחכות.

ממצא מרכזי

Tan Shuai
tanshuai.comi@tanshuai.com

שווה לעשות, אבל בצורה ממוקדת, עכשיו ועם שותפים

ממצא מרכזי

מה שבשל ב-2026, ועל מה שמפעלים ישלמו, הוא ביקורת AI ובדיקת נישות על תמונות AOI בתוספת טיפול מתוכנת במכונות ברובוטים, לא "מודל גדול שמביט בלוחות בתוספת רובוטים מגולמים שמרימים אותם".

0.46–0.65 yr

החזר השקעה של ביקורת AI בארה"ב, טאיוואן ושנז'ן, ב-RMB 50k לקו

≥95% · <20 PPM

ביקורת AI פנימית של EMS מוביל: הרף למכירה ל-EMS מדרגה ראשונה

100–700 RMB M

שוק שדרוג לאחור ניתן לשירות בידי צד שלישי בסין היבשתית, חד-פעמי, חלון של ≈5 שנים

0 scores

ציוני מדד פגמים תעשייתיים לדגלים של נובמבר 2026

1.1–1.5 yr

החזר השקעה של תא קובוט לטיפול במכונות, שתי משמרות

0.003–0.14 FTE

כוח העבודה שזרוע רובוטית להוצאה חוסכת למשמרת: היא לעולם לא מחזירה את עצמה

מקור: תקציר מנהלי ופרקים 4–5 של הדוח; נתוני החזר השקעה ושוק הם הערכות המחבר.

שש שאלות, שש תשובות

1 מה שמפעלים מריצים

3D SPI, AOI לפני ואחרי הזרמה, X-ray בדגימה, ICT/FCT. אדם בודק מאחורי כל AOI; טקט ≈13–22 שניות ללוח.

2 עד כמה הטכנולוגיה מגיעה

הבדיקה היא ברמה תעשייתית כגלאי + ביקורת AI + כמה אנשים; לא אפס אנשים בשום מחיר. סין היבשתית: מודלים מקומיים; טאיוואן: הלקוח מחליט; ארה״ב: מכסים והסמכה.

3 מקומי ומנותק-אוויר

מעשי; המגבלות הן פרוצדורליות. תיבה ללא מאוורר ≥100 W ליד הקו, שרתים בחדר השרתים, bit-8 כברירת מחדל.

4 מורה ותלמיד

בדיקה: מודלי חלוץ מתייגים מראש, אנשים מכריעים, סט זהב שומר. זרועות: המורים הם עדיין הדגמות אנושיות וסימולציה.

5 עלות והחזר השקעה

ביקורת AI תוך שנה בארה״ב, טאיוואן ושנז׳ן; טיפול קובוט 1.1–1.5 שנים; דרום-מזרח אסיה 2–6 שנים; זרוע להוצאה — אף פעם.

6 עכשיו או לחכות

ביקוש אמיתי, היצע צפוף; AI של יצרני ציוד מקורי משאיר חלון שדרוג לאחור של ≈5 שנים. בדיקה עכשיו, בצורה ממוקדת; AI מגולם אחרי נתוני 2027–28.

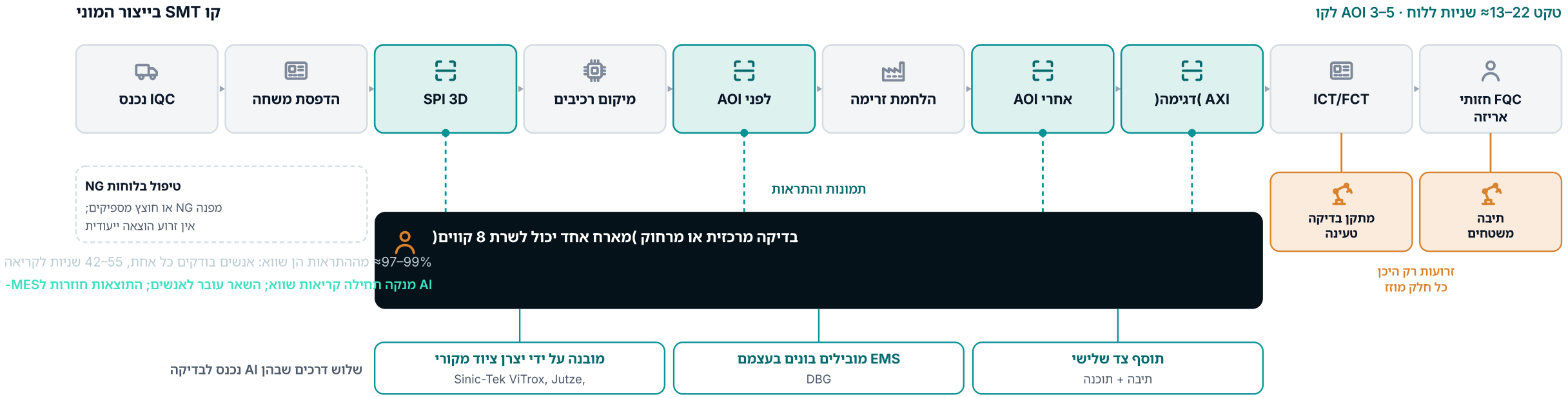
מקור: תקציר מנהלי של הדוח.

היכן AI משתלב ברצפת המפעל כיום



מקור: החזר ממודל המחבר (פרק 4); ציר הבשלות הוא שיקול דעתו של המחבר.

האנשים יושבים מאחורי ה-AOI. שם נכנס ה-AI



מקור: דיווחים ציבוריים וחומר ספקים (Huaqin, DBG, Sinic-Tek ואחרים); קובץ על ידי המחבר.

כ-97–99% מהתראות ה-AOI הן קריאות שווא

על כל 100 התראות AOI



היום: אנשים בודקים כל קריאה

42–55 שניות ס

448≈ קריאות

→ 5.2–6.8 שעות למשמרת ≈ בודק משרה מלאה אחד

איוש מקרה: 2 למשמרת

בדיקת AI: נקה קריאות שווא, העבר את השאר לאנשים

קריאות שווא או שעות בדיקה נחתכות ב90%–60-)טענות ספק(

מדד פנימי של EMS מוביל: מכסה 95%≥ מהחלקים המסומנים,

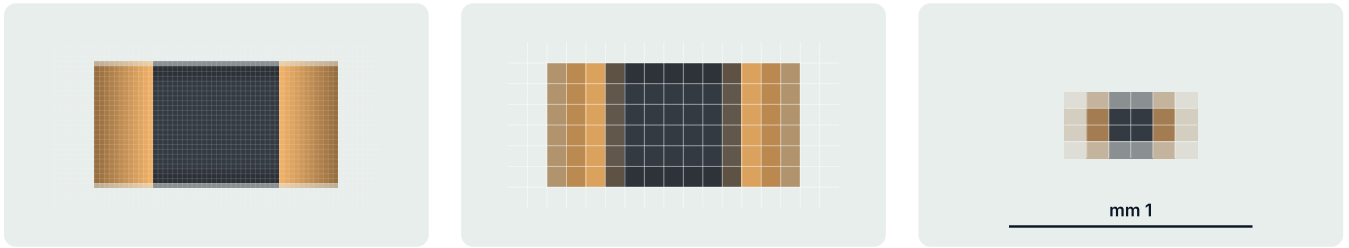
בריחות <20 ,PPM בדיקה אנושית יורדת ב85%≥-

פתוח-בכשל לאנשים, הקו ממשיך לרוץ

מקור: מקרה בוחן של סימנס, iFactory (טענת ספק), דוח שנתי 2025 של DBG; שעות בדיקה הוערכו על ידי המחבר.

מצלמה לשימוש כללי אינה AOI

- **AOI:** 8–20 מיקרון לפיקסל, תאורה רב-זוויתית רב-צבעית ואור מובנה
- **4K מעל לוח 300 מ״מ:** ≈78 מיקרון לפיקסל; רכיב 0402 הוא ≈13×6 פיקסלים, מספיק לנוכחות אך לא לחיבורים
- **01005:** ≈5×3 פיקסלים, בלתי נראה למעשה
- **אם כך:** ה-AI עובד על התמונות של ה-AOI עצמו; הוא אינו מחליף את האופטיקה



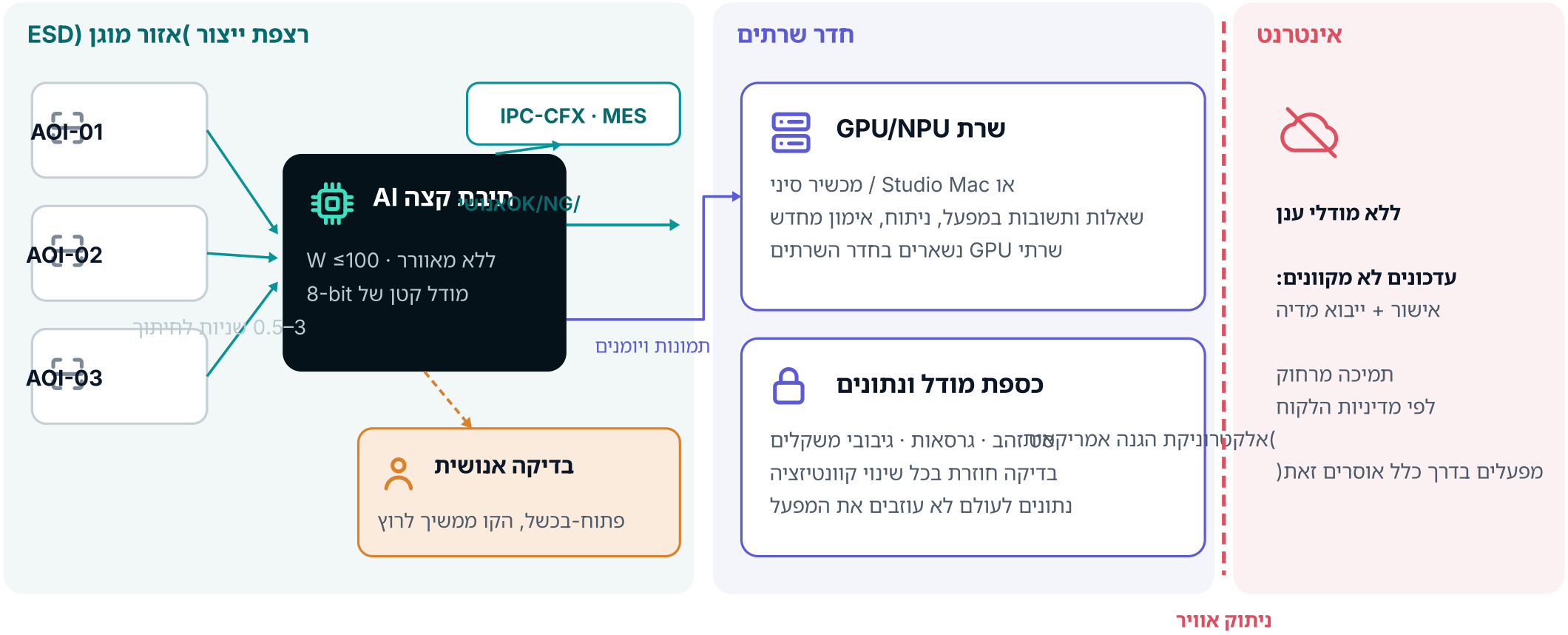
אותה מצלמה על 01005
≈5×3 פיקסל: בלתי נראה למעשה

מצלמת 4K מעל לוח 300 מ״מ: ≈78 מיקרון/פיקסל
0402 מצטמצם ל≈13×6- פיקסל: מספיק רק לנוכחות ולהיסט גס

AOI: 8–20 מיקרון לפיקסל
01005 ≈ 50×30 פיקסל; 0402 ≈ 40×20 פיקסל: מספיק לזיהוי אמין של רכיבים, פרטים עדינים ומדידה

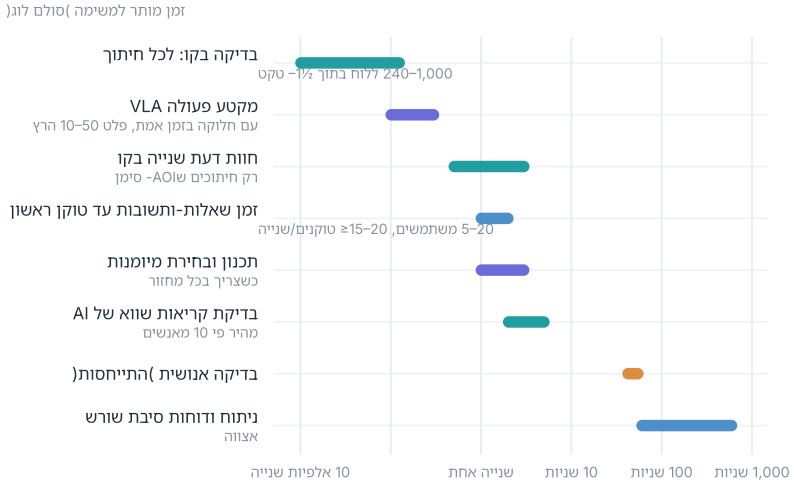
מקור: Circuits Assembly; חישוב המחבר ללוח 300 מ״מ וחיישן 4K. רשתות הפיקסלים הן להמחשה.

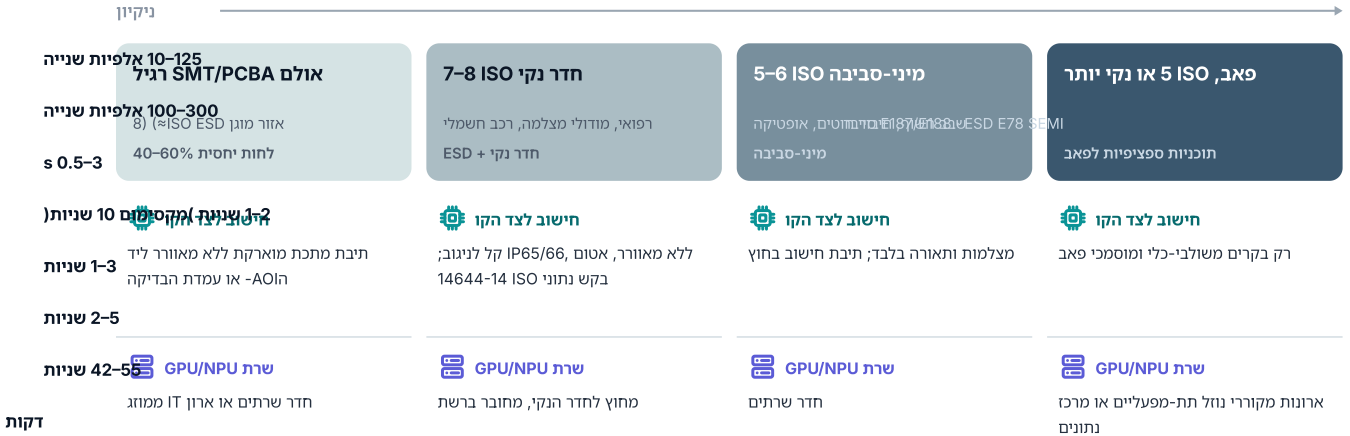
פריסה מנותקת-אוויר: התיבה מחליטה, חדר השרתים עונה



מקור: סינתזת המחבר (פרק 2).

אזורים נקיים ואזורי ESD קובעים היכן יושב החישוב; מגבלות המהירות תלויות בשימוש





נקודת מפתח אולם SMT רגיל הוא אזור מוגן ESD, לא חדר נקי מדורג: תיבה ללא מאוורר במארז מתכת מוארק יושבת ליד ה-AOI או עמדת הביקורת, ושרתי GPU לעולם אינם עולים על הקו.

מקור: ISO 14644, IEC 61340-5-1, ANSI/ESD S20.20, תקני SEMI וחומר ספקים; קובץ על ידי המחבר. סינתזת המחבר (פרקים 1–2).

כללי הייצוא קובעים את הרשימה הקצרה של החומרה לפני המדדים

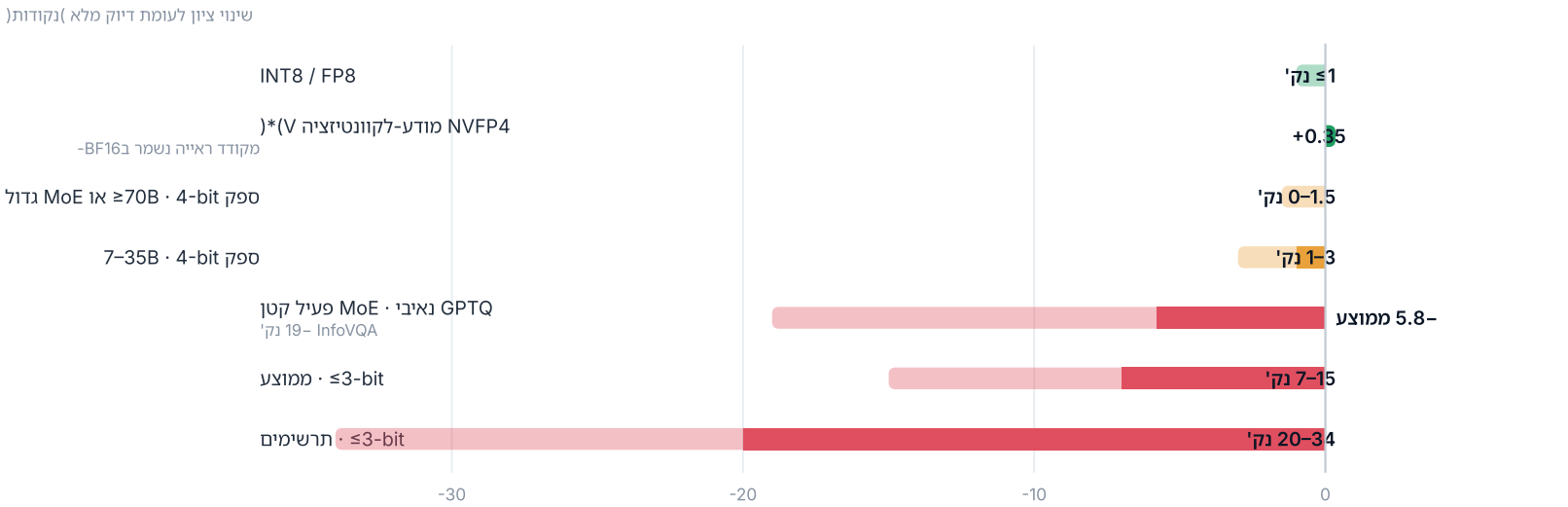
- **Jetson Thor:** 128 GB, 40–130 W; מודלי ראייה 2–8B על חיתוכי AOI, VLA מסוג 3B בזמן אמת; 59,104 RMB בסין
- **Mac Studio 512 GB:** DeepSeek 671B ב-4-bit עבור 1–3 משתמשים
- **DGX Station:** 5A992.z, לא לסין היבשתית; מודל 743B נותן ל-32 משתמשים ≈4 tokens/s כל אחד
- **מאיצים מקומיים:** שני שרתי Ascend בני שמונה כרטיסים לשאלות-ותשובות רב-משתמשים בגודל מלא



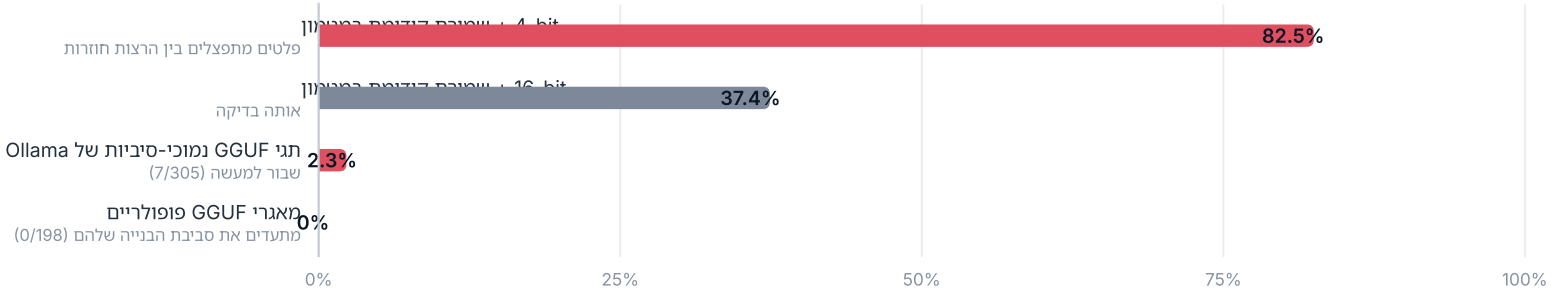
מקור: סיווגי יצוא של NVIDIA, Apple, RS China, JD.com ומחירי ביקורת (נובמבר 2026). StorageReview (אוג׳ ואוק׳ 2026); ServeTheHome. בדיקות עצמאיות ממקור יחיד.

קוונטיזציה: bit-8 בטוח, bit-4 תלוי במתכון, bit-3 ומטה בחוץ

דיוק: bit-8 בטוח, bit-4 תלוי במתכון, ≥bit-3 בחוץ

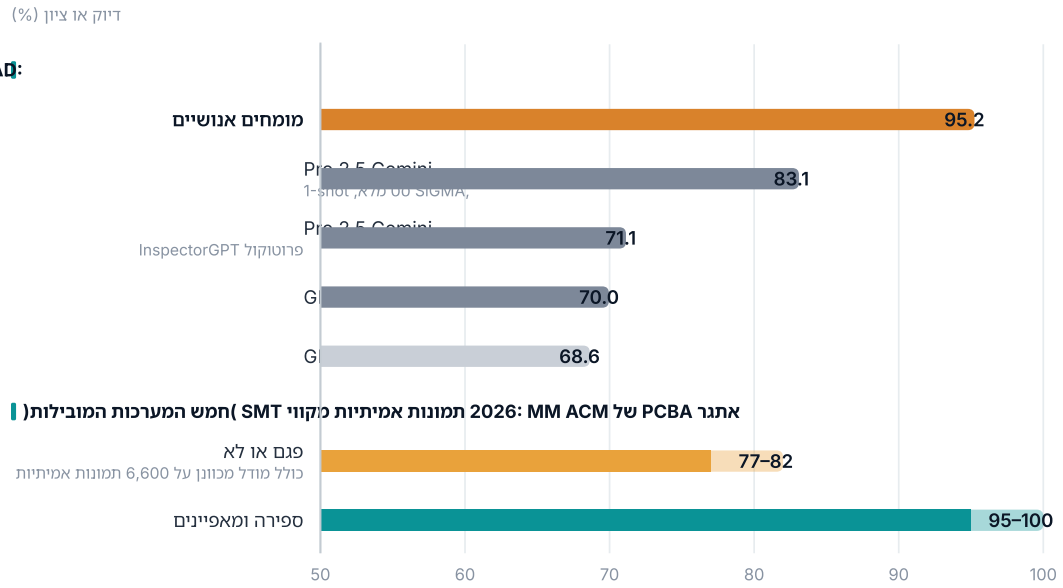


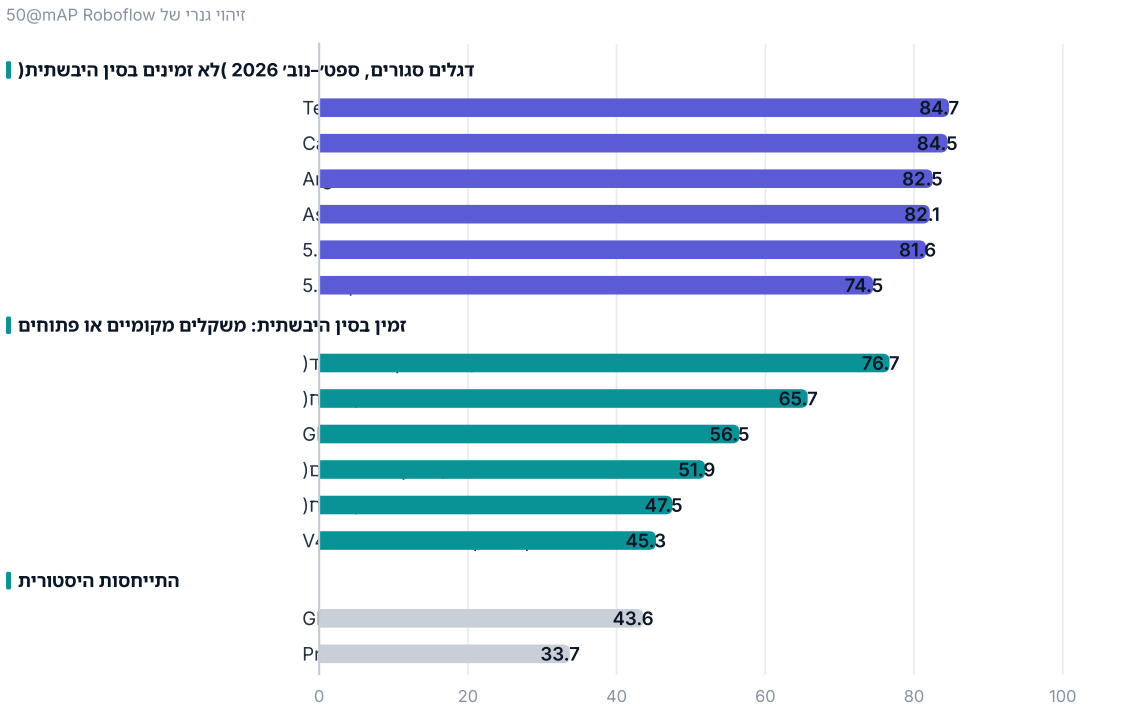
כשלי הנדסה עולים על שגיאת קוונטיזציה



מקור: כרטיס מודל NVIDIA Nemotron, VLMQ, VEQ, arXiv 2609.05881, 2610.19498, 2609.04748 ואחרים.

ראייה גנרית הוכפלה בדור; ציוני פגמים תעשייתיים חסרים



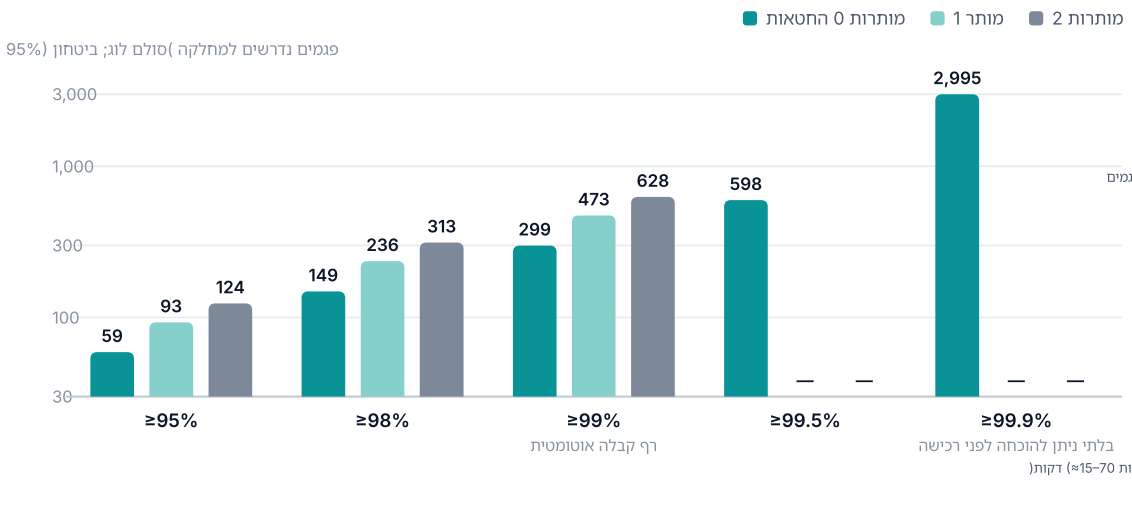


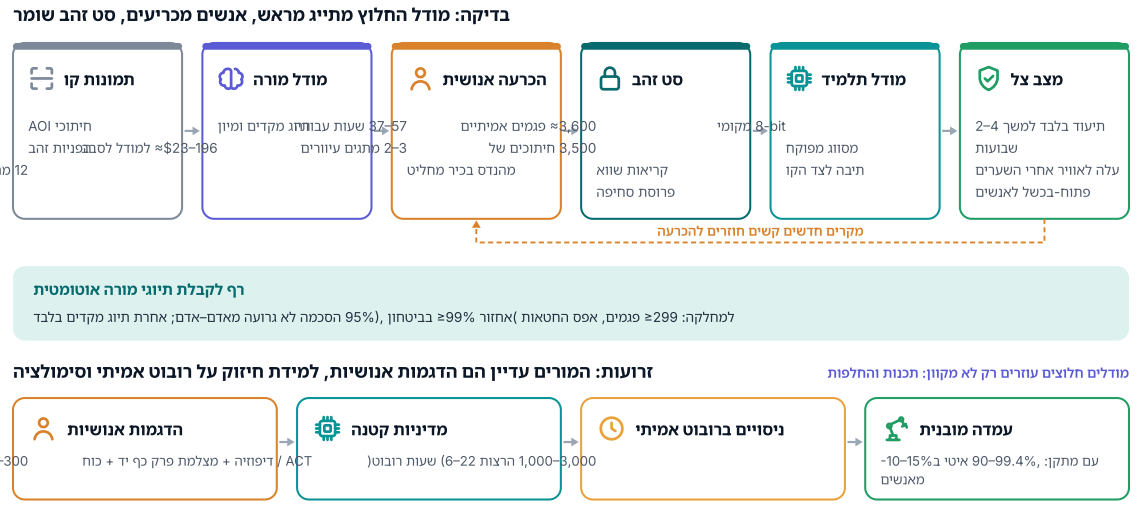
מדדי פגמים תעשייתיים (MMAD, Real-IAD, VisA, 2, AD MVTec UniPCB): אפס ציונים שפורסמו לדגלים אלה של 2026

ציוני זיהוי גנריים הוכפלו בדור, אבל זו לא הערכת פגמים; בדוק על סט הזהב שלך

מקור: Roboflow Vision Evals; הערות שחרור מודלים; עמודי מדדים של MMAD, MVTec AD 2 ואחרים (נכון ל-11 בנוב' 2026). MMAD; SiGMA; InspectorGPT; אתגר PCBA של ACM MM 2026.

מודלי חלוץ מתייגים מראש, אנשים מכריעים, סט זהב שומר



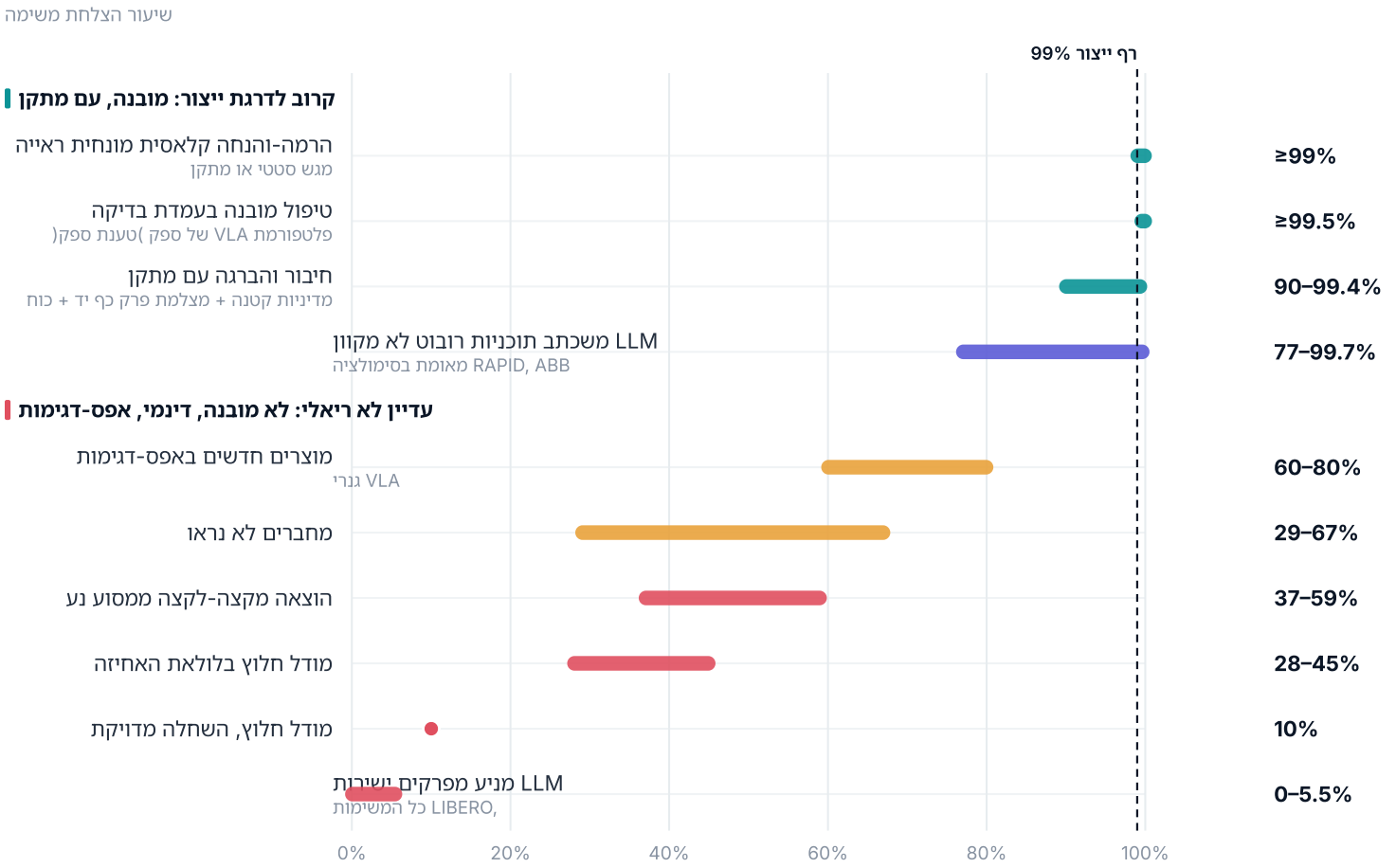


נקודת מפתח קבל אוטומטית את תיוגי המורה רק למחלקה עם אפס החטאות על ≥299 פגמי זהב (אחזור 99% בביטחון 95%); מחלקות קריטיות כמו קצרים, חלקים חסרים וקוטביות דורשות יותר.

מקור: סינתזת המחבר (פרק 3); עלויות וגדלי מדגם הם הערכות. רווחי סמך בינומיים מדויקים (95%).

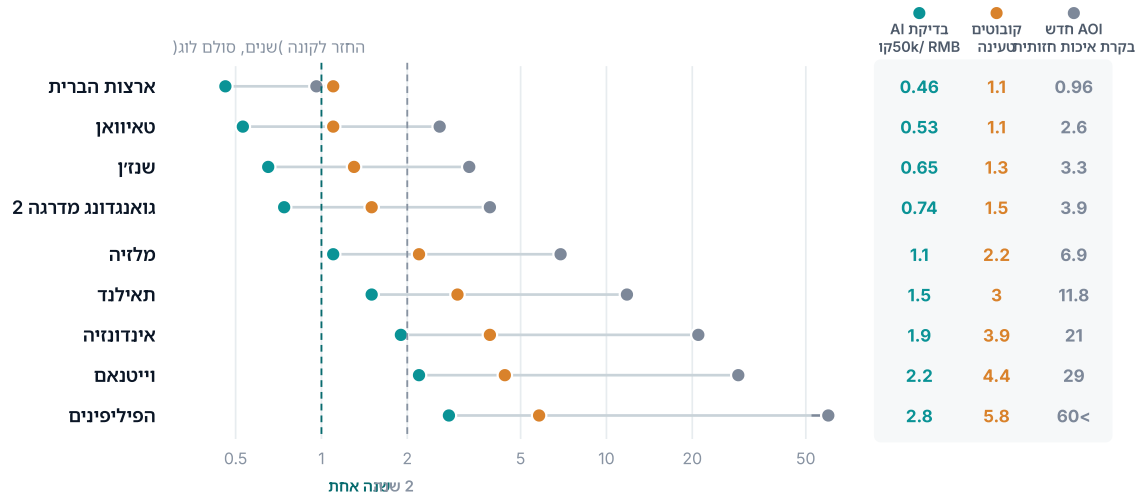
תלמידי רובוט: קרוב לדרגת ייצור רק כשהעמדה מובנית

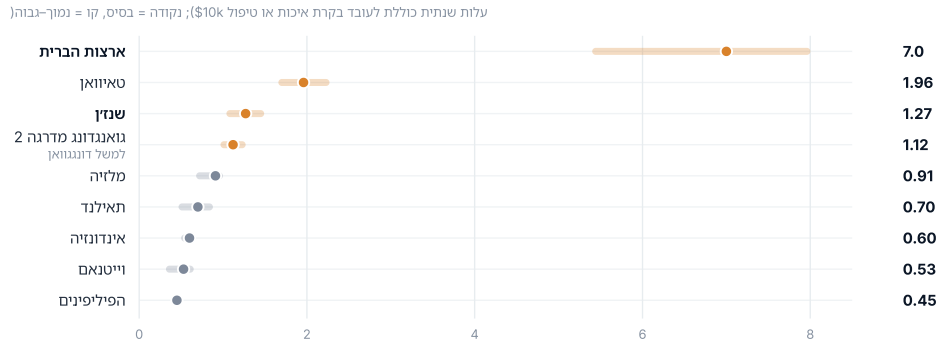




מקור: מאמרים וחומר ספקים שצוטטו בפרק 3; חלק מהנתונים הם טענות ספק. תיעוד ופורום D-Robotics (נתוני ספק); פורטים קהילתיים ב-GitHub; מחקר של Anthropic.

ביקורת AI מחזירה את עצמה תוך חודשים; טיפול במכונות תוך כשנה



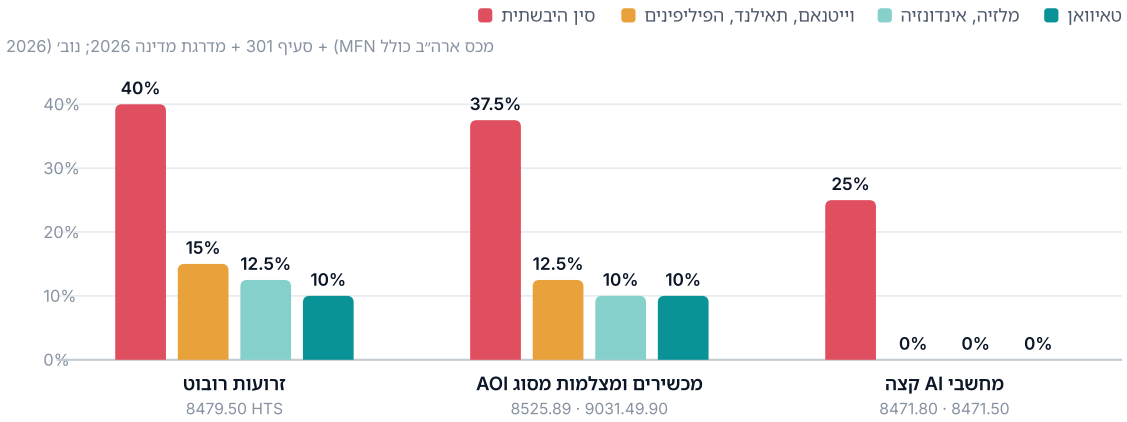


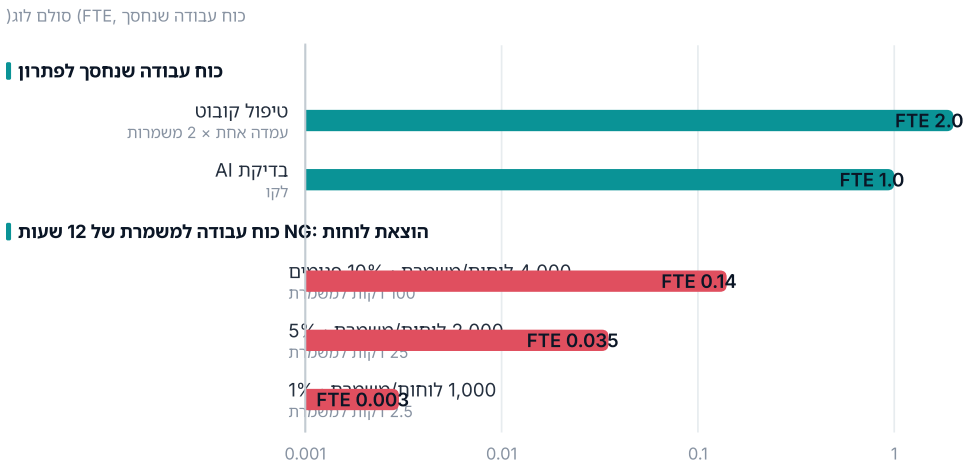
זרוע רובוט רק להוצאת לוחות NG אף פעם לא מחזירה את עצמה, בשום מקום
עם תפוקת מעבר ראשון מעל 90%, ההוצאה לוקחת רק 0.003–0.14 FTE למשמרת

נקודת מפתח ב-50,000 RMB לקו, ביקורת AI מחזירה את עצמה ב-0.46 שנים בארה"ב, 0.53 בטאיוואן, 0.65 בשנזין ו-2.2 בוייטנאם; תא טיפול קובוט בשתי משמרות ב-1.1–1.5 שנים [estimates].

מקור: הנחיית שכר רשמית של שנזין, משרד העבודה של טאיוואן, JETRO, BLS; הערכות המחבר. מודל המחבר: תיבת בדיקת AI של 50k RMB לקו; תא טיפול קובוט ב-200k RMB או $140k, שתי משמרות.

זרוע להוצאה לעולם לא מחזירה את עצמה; היכן שהזרוע מיוצרת משנה את המכס האמריקאי שלה





נקודת מפתח מעל 90% תפוקת מעבר ראשון, הוצאת לוחות NG לוקחת 0.14–0.003 של אדם למשמרת, כך שמפנה NG או חוצץ עושים את העבודה; זרוע מתוצרת סין היבשתית משלמת גם כ-40% מכס אמריקאי משולב.

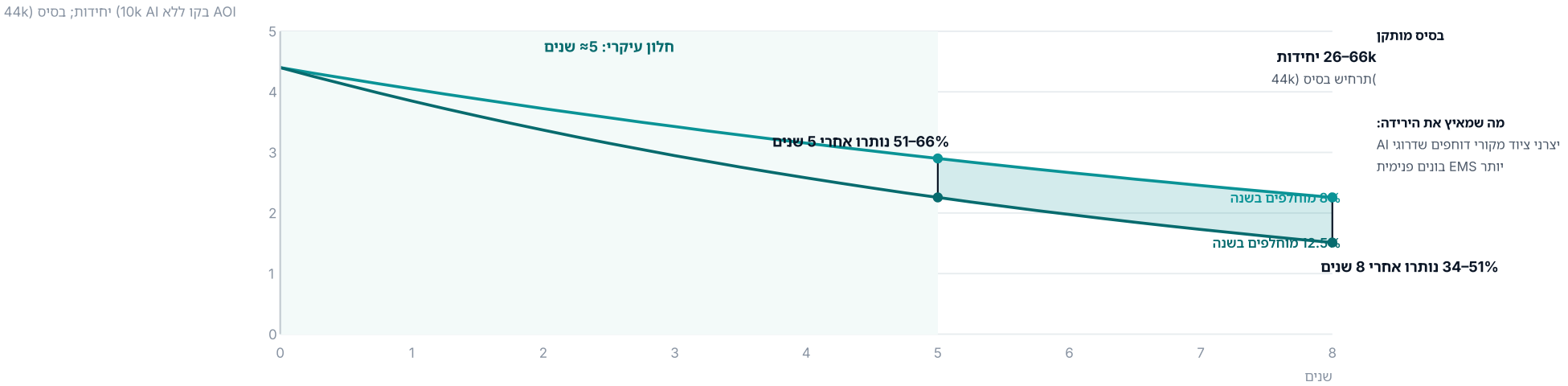
מקור: הערכות המחבר. לוח תעריפים מותאם של USITC פרק 99; USTR ;Federal Register (נובמבר 2026).

אמיתי אך קטן: 16,000 קווים ניתנים לשירות, ≈RMB 320M חד-פעמי, חלון של חמש שנים



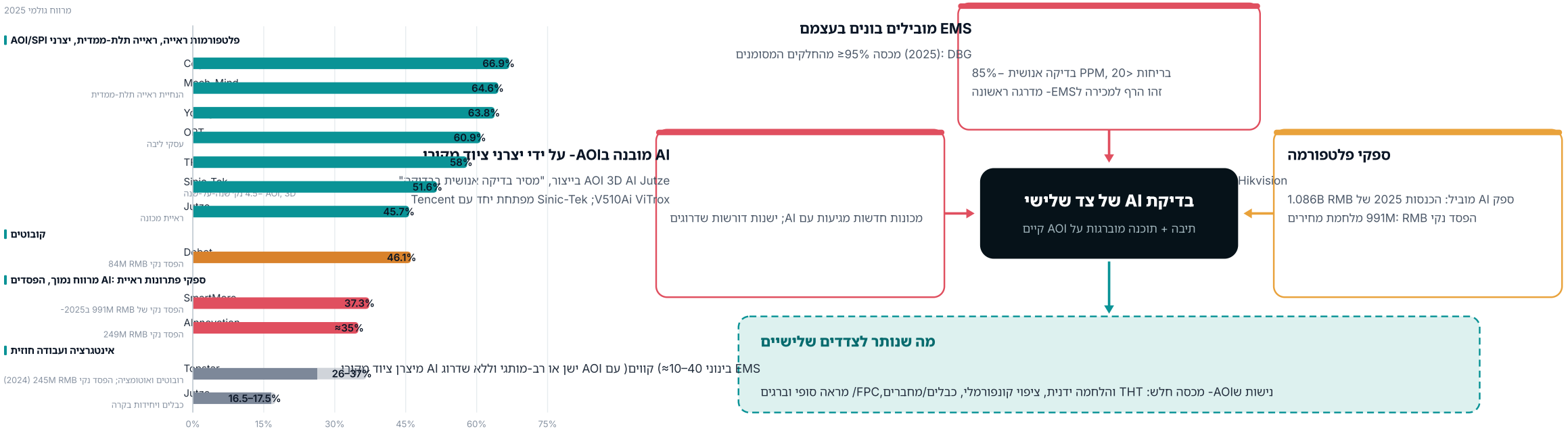
שחקן חדש שזוכה ב%2–5- מהקווים הניתנים לשירות ב3- שנים: 320–800≈ קווים, RMB≈ 2–5M בשנה

כמנוי (RMB 5k) לקו לשנה:(RMB 1.6–4M חוזר, רק 0.3–2.3% מתחזית בקרת איכות הAI- התעשייתית של IDC לסין



מקור: NVR (בסיס 2020); הערכות המחבר. הערכות המחבר; הבסיס המותקן והנתחים לא אומתו באופן עצמאי.

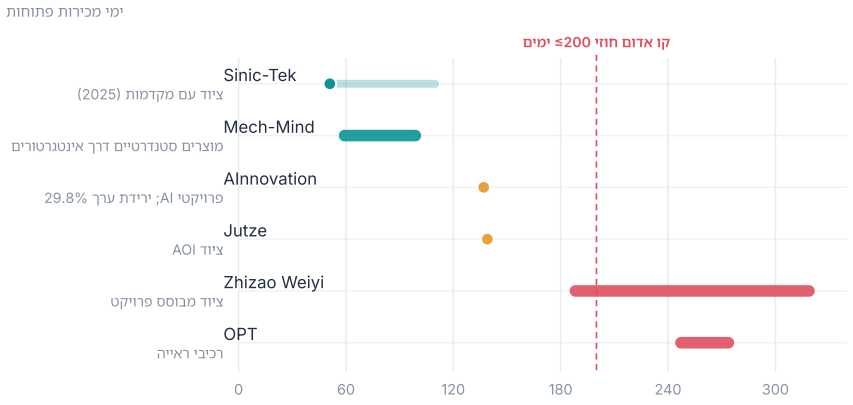
טריז הביקורת מכותר; המרווח יושב בחומרה ממוצרת

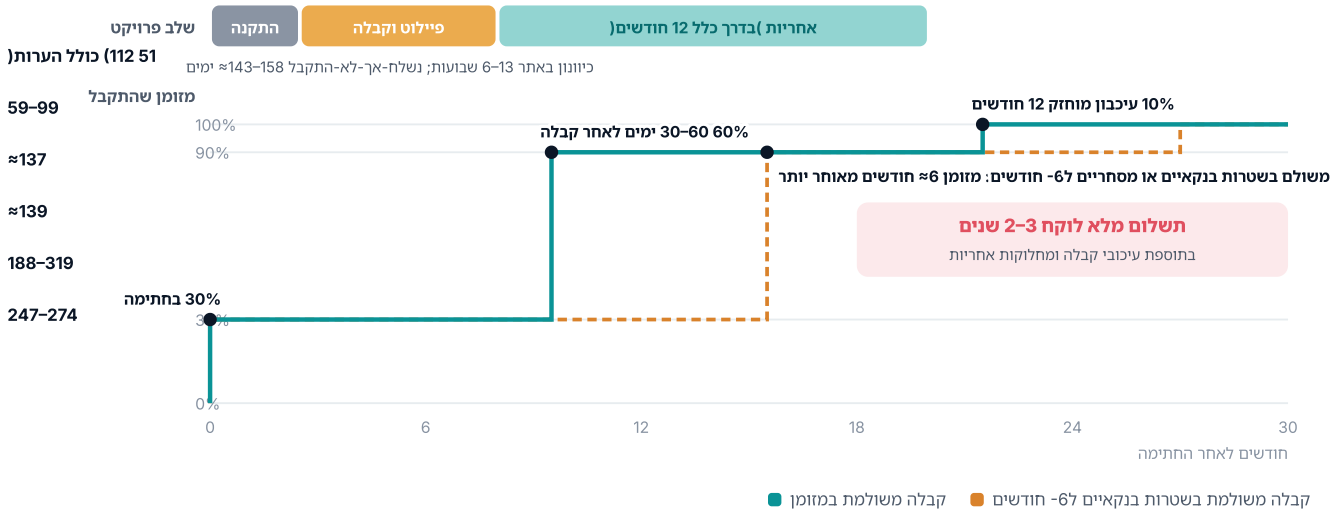


ראיות לספק ראיית ה-AI המוביל היו הכנסות 2025 של RMB 1.086 מיליארד והפסד נקי של RMB 991 מיליון; הכנסות ה-3C של החברה הנסחרת הקרובה ביותר להשוואה ירדו 79.9% שנה-על-שנה בינואר–מאי 2026.

מקור: דוחות שנתיים של Jutze, Sinic-Tek ו-DBG; חומר ציבורי של Hikvision ו-SmartMore; קובץ על ידי המחבר. דוחות שנתיים או תשקיפים של 2025.

קונים משלמים 30/60/10; תשלום מלא לוקח שנתיים עד שלוש





נקודת מפתח 30% מגיע עם ההזמנה, 60% כארבעה עד תשעה חודשים לאחר מכן וה-10% האחרונים כ-16–21 חודשים לאחר מכן; מפיילוט ראשון ב-EMS גדול ועד לתשלום מלא עשויות לחלוף שנתיים עד שלוש [estimate].

מקור: תשובת בירור של Sinic-Tek, Mech-Mind, GKG, JT ודיווחים אחרים; סכמטי על תנאים רגילים, תזמון מוערך. דיווחי חברות; חובות (כולל נכסי חוזה) ÷ הכנסות × 365.

תכנן במצב לא מקוון, פעל עם מדיניות קטנה, שמור על תנועה ובטיחות דטרמיניסטיים

	הרצת נפח	זמינות / תקלות התערבויות / הפעלה מרחוק		טקט	שיעור הצלחה
BM	1,250 שעות	לא זמין	יעד בלבד /0משמרת	יעד בלבד 84 שניות	יעד בלבד >/99%משמרת
GX	100,000 ארגזים	לא זמין	לא זמין	לא זמין	לא זמין
דס	לא זמין	לא זמין	לא זמין	לא זמין	לא זמין
ודי	לא זמין	לא זמין	לא זמין	לא זמין	לא זמין
ם(	2≈ שעות וידאו	לא זמין	40%≈ מופעל מרחוק*	לא זמין	לא זמין
Lo	64+ שעות	תקלה אחת, 2 דקות	לא זמין	18–20 שניות לשלב	99.99%
תא היברידי של Neuromeka	324 מחזורים	לא זמין	לא זמין	איטי יותר ב12.8%-	322/324
0.6π @ אתר הלקוח	משמרת אחת	לא זמין	96.4% אוטונומי	—	—

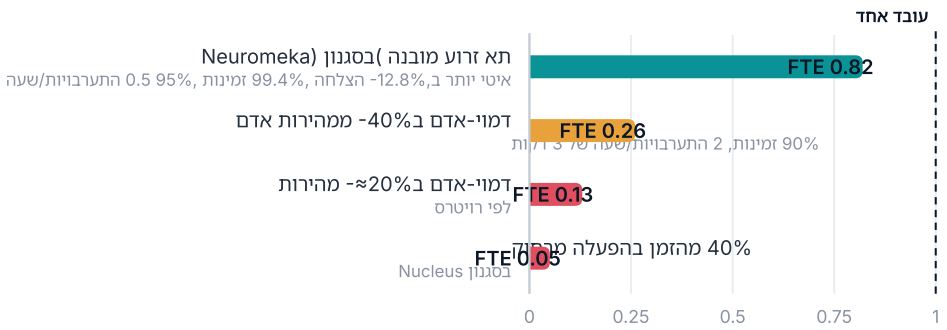
* שיטה לא נחשפה

לא זמין · יעדים בלבד · נחשף)בעיקר טענות ספק(

שכבה	מה זה עושה, ועד כמה הראיות מגיעות	סולם זמן · מי מחזיק בו
4 תכנון	**מודלים חלוצים)לא מקוון(** כתוב או שנה תוכניות רובוט לא מקוון, החלפות, הסבר תקלות משכתב תוכניות RAPID ABB ב-77–99.7%, נפרס לאחר סימולציה לולאת בקרה של 0.2–0.4 הרץ בלבד: נשארת מחוץ לזמן אמת	**שניות עד דקות** ענקי מודלים
3 מיומנויות / מדיניות	**מדיניות דיפוזיה, VLA קטנים ACT,** עמדות מובנות עם מתקן 90–99.4% שבבי קצה: Rockchip Ascend, RDK, D-Robotics Thor, Jetson	**מקטעי פעולה 100–300 אלפיות שנייה** ספקי שבבים · יצרני רובוטים
2 בקרת תנועה	**בקר רובוט** מסלולים, סרוו, בקרת כוח, בדיקות התנגשות קוד דטרמיניסטי; מדיניות נלמדת רק קובעת יעדים	**אלפיות שנייה)זמן אמת דורש מעל 83 הרץ(** יצרני רובוטים
1 בטיחות	**בטיחותי, סורקים, מגבלות כוח ומהירות PLC** מוסמך לISO- 10218-1/-2:2025 ולכללים מקומיים אין למידת מכונה בפונקציות בטיחות: ביקורת גוף מיודע באיחוד האירופי מ20- בינואר 2027	**זמן אמת קשיח** רובוט מוסמך + אינטגרטור

חברות קטנות מנצחות בחומרת אינטגרציה וחישה: הכנס תפיסה נלמדת ומדיניות קטנה לתאי רובוט מוסמכים, עמדה אחת בכל פעם

כוח עבודה שהוחלף נטו לרובוט למשמרת



מקור: סינתזה של המחבר (פרקים 3, 6) והערכות; ISO 10218:2025; תקנת המכונות של האיחוד האירופי; חומר ציבורי מ-BMW, Figure, Agility, Mercedes-Benz ואחרים.

בנה בצורה ממוקדת, הוכח על התמונות של המפעל עצמו, ואז הרחב

בנה	ביקורת AI וסיווג פגמים על תמונות AOI עבור EMS בינוני עם AOI ישן או רב-מותגי; בדיקה שה-AOI מכסה בצורה חלשה; תאי קובוט שבהם כל חלק מטופל
אל תבנה	פלטפורמה כללית של AI-פלוס-זרוע; LLM כמפקח ראשי; זרוע להוצאה על קו SMT; רובוטים דמויי אדם ורובוטים-כשירות; מודלי חלוץ בלולאות בקרה או בפונקציות בטיחות

פיילוט

1. **שבועות 0–2:** הסכם נתונים, מחלקות פגמים, קו בסיס
2. **שבועות 1–4:** סט זהב, מתויג בעיוורון ומוכרע
3. **שבועות 2–4+:** מצב צל, השוואה לפי מחלקה
4. **שבועות 4–8:** הפעלה מסייעת על מחלקות שעברו בלבד
5. **לאחר מכן:** קבלה בכתב, הרחבה קו אחר קו, בדיקה חוזרת בכל שינוי

בטיחות אין למידת מכונה בתוך פונקציות בטיחות: האיחוד האירופי דורש הערכה של גוף מיודע מ-20 בינואר 2027, ומסלולי הסמכת AI לא יתייצבו לפני 2027–2029.

מקור: פרקי הדוח 6–7 ותקציר מנהלי; ISO, IEC, UL, EUR-Lex, SAC ומאגרי רגולציה לאומיים.

אודות המחבר

Tan Shuai

טכנולוג ומייסד, עם יותר מעשרים שנה על פני שבבים, חומרה ותוכנת מערכת ו-20 פטנטים רשומים. עבודתו לקחה אותו דרך עמק הסיליקון, ניו יורק, שיקגו, טאיוואן, אזור המפרץ הגדול (שנזין והונג קונג), וייטנאם ומלזיה, עם התמקדות ארוכה בייצור מתקדם ושרשראות אספקה. כיום הוא עובד כחוקר ומפתח AI, ומתרכז באופן שבו AI משמש בפועל על רצפת המפעל.

הדוח המלא (כל האיורים, הטבלאות והמקורות) והמאמר נמצאים ב-tanshuai.com. הוא מזמין שיחות עם אנשים העובדים על AI בייצור: i@tanshuai.com

