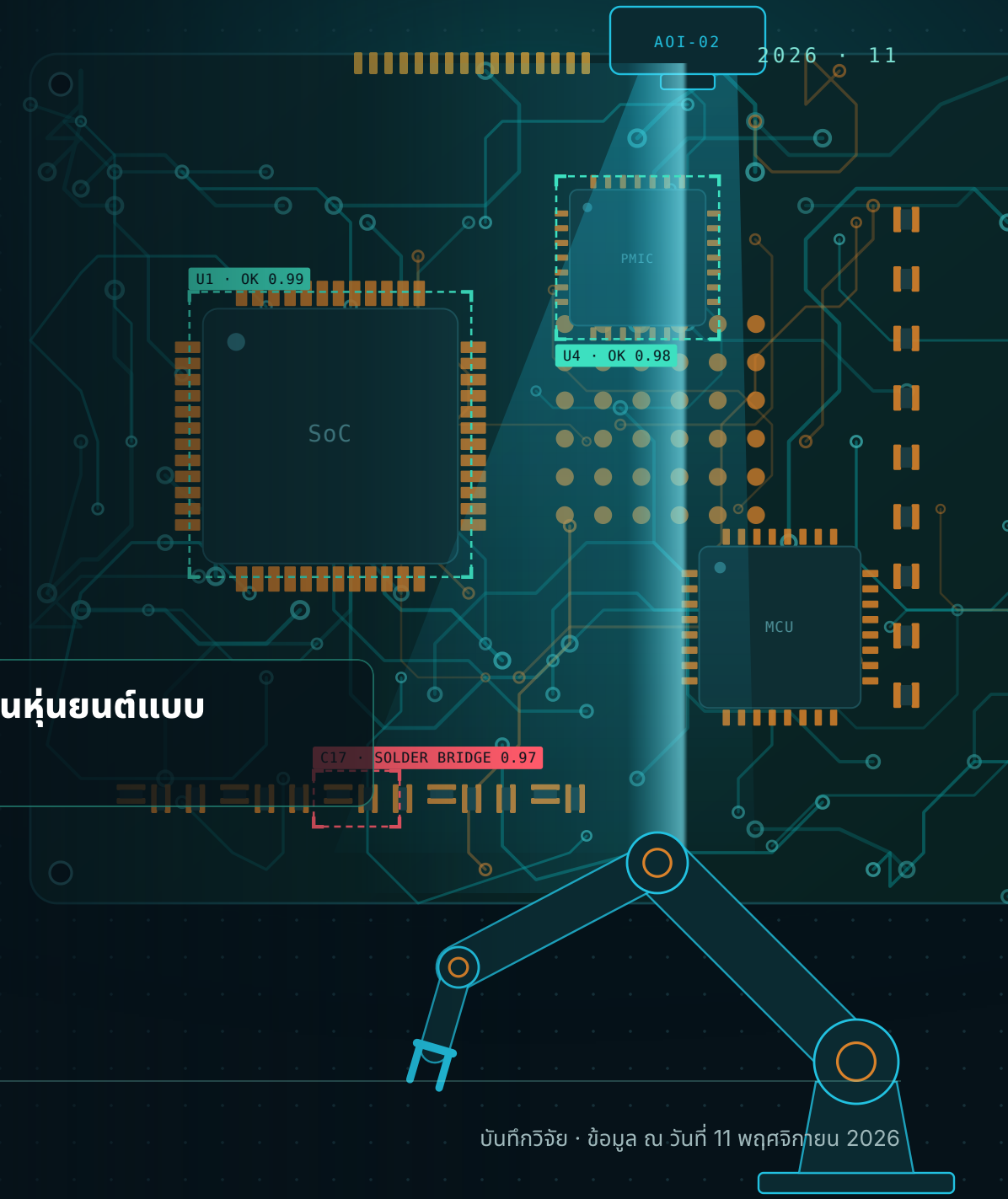


การผลิตอิเล็กทรอนิกส์ · การตรวจสอบด้วย AI × หุ่นยนต์

AI บนสายการผลิต SMT:

สิ่งที่คุ้มทุนในปี 2026

การตรวจสอบด้วยสายตาด้วย AI และแขนหุ่นยนต์ในโรงงานอิเล็กทรอนิกส์

จีนแผ่นดินใหญ่ · ไต้หวัน · เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ · สหรัฐอเมริกา

ข้อค้นพบสำคัญ

การตรวจสอบด้วย AI คุ้มค่าที่จะทำ แต่ในขอบเขตจำกัด แขนหุ่นยนต์แบบ embodied ยังรอได้

Tan Shuai
tanshuai.comi@tanshuai.com

บันทึกวิจัย · ข้อมูล ณ วันที่ 11 พฤศจิกายน 2026

คุ้มค่าที่จะทำ แต่ในขอบเขตจำกัด ตอนนี้ และกับพันธมิตร

ข้อค้นพบสำคัญ

สิ่งที่สุกงอมในปี 2026 และสิ่งที่โรงงานยินดีจ่ายคือ การตรวจสอบด้วย AI และการตรวจสอบเฉพาะทางบนภาพ AOI บวกกับการป้อนเครื่องจักรด้วยหุ่นยนต์แบบโปรแกรม ไม่ใช่ "โมเดลขนาดใหญ่ที่มองแผ่นวงจรบวกกับหุ่นยนต์ embodied ที่หยิบมัน"

0.46–0.65 yr

ระยะเวลาคืนทุนของการตรวจสอบด้วย AI ในสหรัฐฯ ไต้หวัน และเซินเจิ้น ที่ 50,000 RMB ต่อสาย

≥95% · <20 PPM

การตรวจสอบด้วย AI ภายในองค์กรของ EMS ชั้นนำ: มาตรฐานสำหรับการขายให้ EMS ระดับ 1

100–700 RMB M

ตลาด retrofit ของบุคคลที่สามที่ให้บริการได้ในจีนแผ่นดินใหญ่ แบบครั้งเดียว ช่วงเวลาประมาณ 5 ปี

0 scores

คะแนน benchmark ข้อบกพร่องทางอุตสาหกรรมสำหรับโมเดลเรือธงเดือนพฤศจิกายน 2026

1.1–1.5 yr

ระยะเวลาคืนทุนของเซลล์หุ่นยนต์ร่วมป้อนเครื่องจักร สองกะ

0.003–0.14 FTE

แรงงานที่แขนหุ่นยนต์หยิบชิ้นงานช่วยประหยัดต่อกะ: ไม่คุ้มทุนเลย

แหล่งที่มา: บทสรุปผู้บริหารและบทที่ 4–5 ของรายงาน ตัวเลขการคืนทุนและตลาดเป็นการประมาณการของผู้เขียน

หกคำถาม หกคำตอบ

① สิ่งที่โรงงานใช้งาน

3D SPI, AOI ก่อนและหลังการรีโฟลว์, X-ray แบบสุ่มตัวอย่าง, ICT/FCT มีคนตรวจสอบอยู่หลัง AOI ทุกเครื่อง takt ≈13–22 วินาทีต่อแผ่น

② เทคโนโลยีไปได้ไกลแค่ไหน

การตรวจสอบอยู่ในระดับอุตสาหกรรมในรูปแบบ ตัวตรวจจับ + การตรวจสอบด้วย AI + คนจำนวนหนึ่ง ไม่ใช่คนเป็นศูนย์ในราคาใดๆ จีนแผ่นดินใหญ่: โมเดลในประเทศ ไต้หวัน: ลูกค้าเป็นผู้ตัดสินใจ สหรัฐฯ: ภาษีและการรับรอง

③ ภายในองค์กรและ air-gapped

ทำได้จริง ข้อจำกัดอยู่ที่กระบวนการ กล่องไร้พัดลม ≤100 W ที่สายการผลิต เซิร์ฟเวอร์ในห้องเซิร์ฟเวอร์ ใช้ 8-bit เป็นค่าเริ่มต้น

④ ครูและนักเรียน

การตรวจสอบ: โมเดล frontier ติดป้ายล่วงหน้า คนเป็นผู้ตัดสิน และชุดข้อมูลอ้างอิงเป็นเกณฑ์ แขนหุ่นยนต์: ครูยังคงเป็นการสาธิตโดยมนุษย์และการจำลอง

⑤ ต้นทุนและการคืนทุน

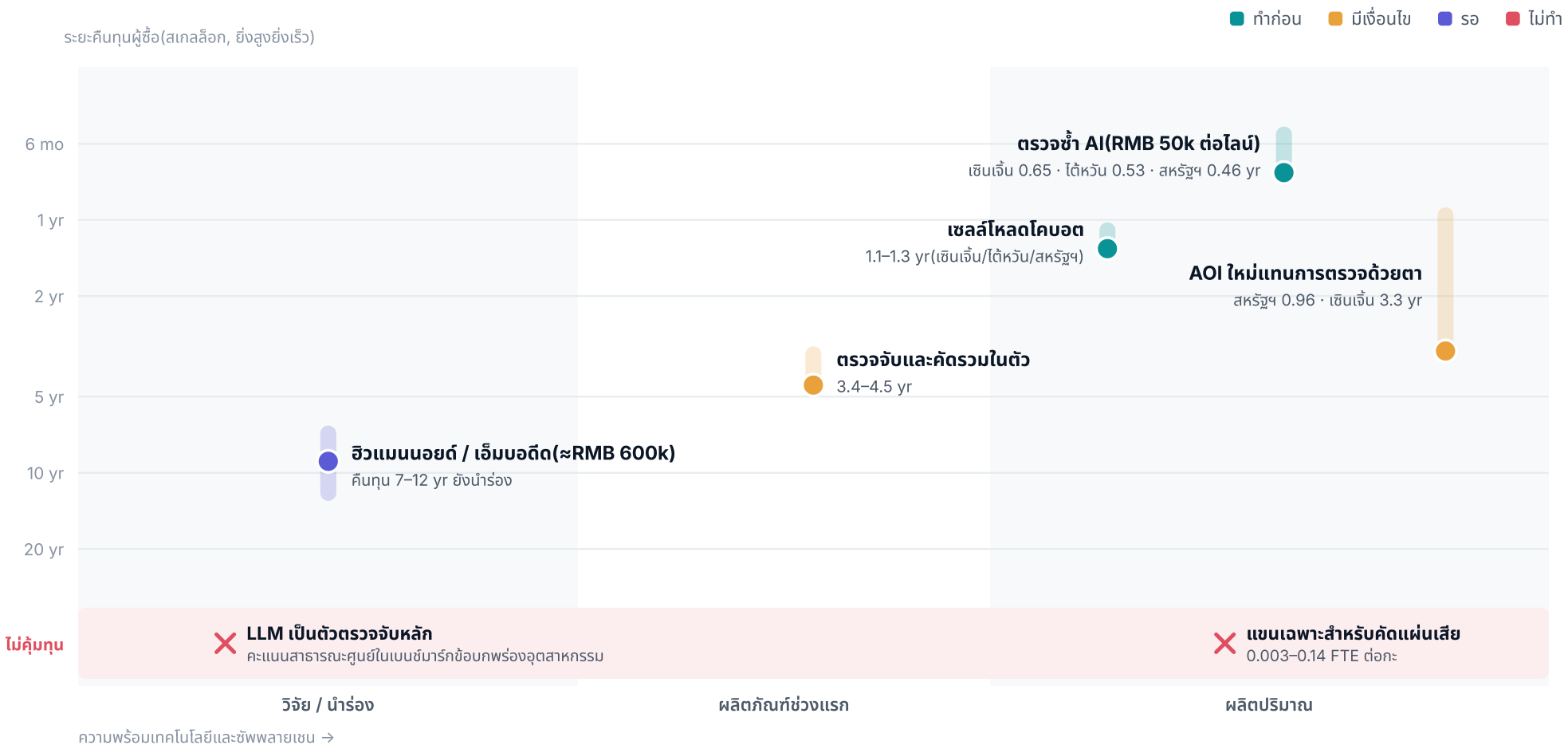
การตรวจสอบด้วย AI ภายในหนึ่งปีในสหรัฐฯ ไต้หวัน และเซินเจิ้น การป้อนเครื่องจักรด้วยหุ่นยนต์ร่วม 1.1–1.5 ปี เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ 2–6 ปี ส่วนแขนหยิบชิ้นงาน ไม่คุ้มทุนเลย

⑥ เริ่มตอนนี้หรือรอ

อุปสงค์มีจริง แต่อุปทานหนาแน่น AI จาก OEM เหลือช่วงเวลา retrofit ประมาณ 5 ปี เริ่มการตรวจสอบตอนนี้ในขอบเขตจำกัด ส่วน embodied AI รอข้อมูลปี 2027–28

แหล่งที่มา: บทสรุปผู้บริหารของรายงาน

ที่ AI เข้ามาในพื้นที่โรงงานวันนี้

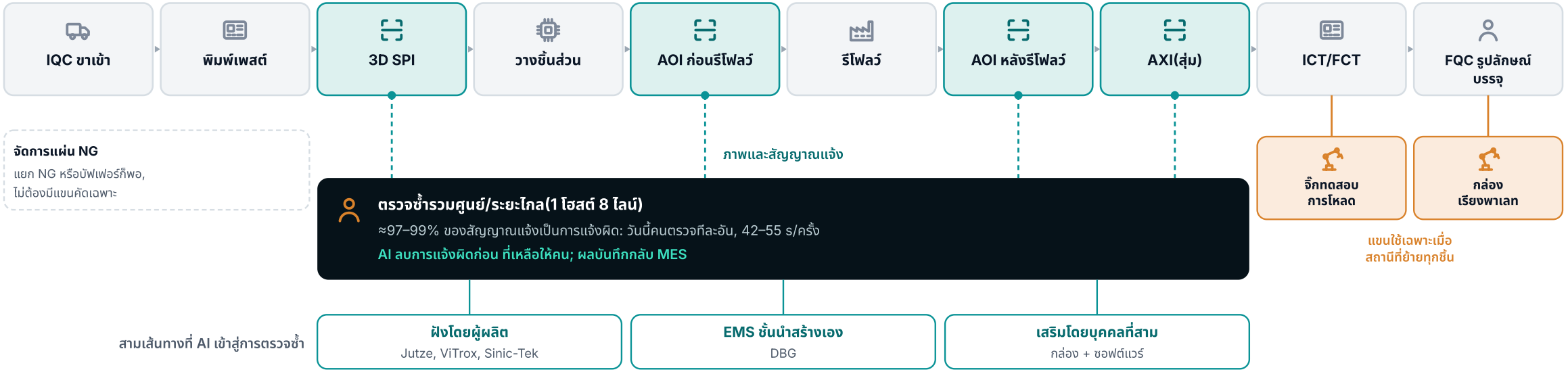


แหล่งที่มา: การคืนทุนจากโมเดลผู้เขียน(บทที่ 4); แกนความพร้อมเป็นดุลยพินิจผู้เขียน

คนนั่งอยู่หลัง AOI นั่นคือจุดที่ AI เข้ามา

ไลน์ SMT ปริมาณมาก

แทกต์ ≈13–22 ร/แผ่น · AOI 3–5 เครื่องต่อไลน์



แหล่งที่มา: เอกสารสาธารณะและวัสดุผู้ผลิต(Huaqin, DBG, Sinic-Tek และอื่นๆ); รวบรวมโดยผู้เขียน

ประมาณ 97–99% ของสัญญาณแจ้ง AOI เป็นการแจ้งผิด

ทุก 100 การแจ้งเตือน AOI



วันนี้: คนตรวจทุกการแจ้ง

42–55 s ต่อครั้ง

≈448 การแจ้งผิดต่อกะในไลน์ที่คึกคัก

→ 5.2–6.8 h ต่อกะ ≈ ผู้ตรวจซ้ำเต็มเวลา 1 คน

จัดกำลังกรณีจริง: 2 คนต่อกะ

ตรวจซ้ำ AI: ลบการแจ้งผิดก่อน ที่เหลือให้คน

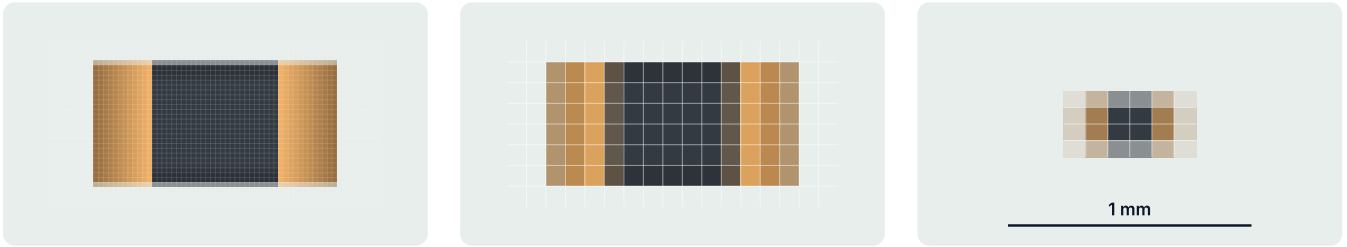
ลดการแจ้งผิด/ชั่วโมงตรวจซ้ำ 60–90% (คำกล่าวอ้างผู้ผลิต)

เกณฑ์ EMS ชั้นนำสร้างเอง: ครอบคลุม ≥95% ชิ้นส่วนถูกแฟล็ก, รั่ว <20 PPM, ตรวจซ้ำคนลด ≥85%

เมื่อล้มเหลวเปิดให้คน ไลน์ไม่หยุด

แหล่งที่มา: กรณีศึกษา Siemens, iFactory(คำกล่าวอ้างผู้ผลิต), รายงานประจำปี DBG 2025; ชั่วโมงตรวจซ้ำประมาณโดยผู้เขียน

กล้องเอนกประสงค์ไม่ใช่ AOI



AOI: 8–20 µm/px
0402 ≈100×50 px

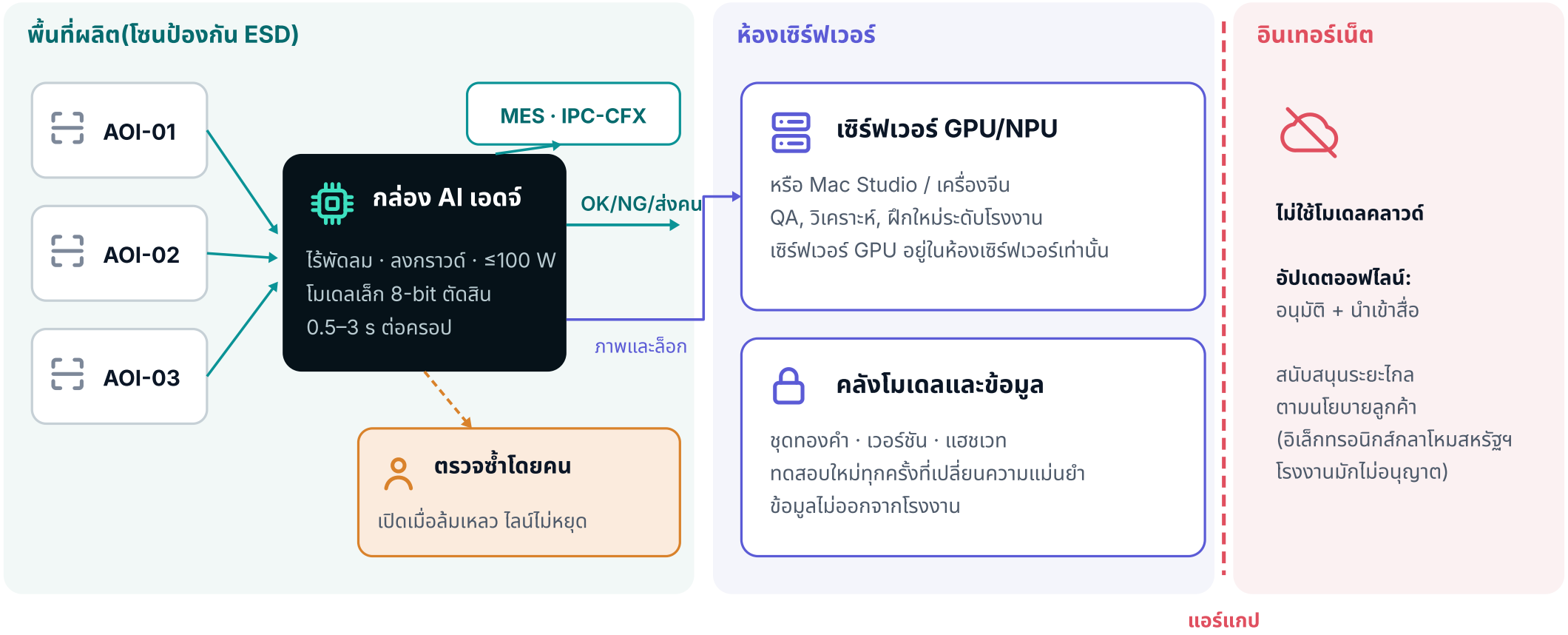
กล้อง 4K ดูแผ่น 300 mm: ≈78 µm/px
0402 เหลือ ≈13×6 px:
พอระบุได้แค่ว่ามีหรือไม่และการเยื้องชัด

กล้องตัวเดิมดู 01005
≈5×3 px: มองไม่เห็นจริง

- **AOI:** 8–20 µm ต่อพิกเซล แสงหลายมุมหลายสี และแสงโครงสร้าง
- **4K บนแผง 300 มม.:** ≈78 µm ต่อพิกเซล ชิ้นส่วน 0402 มี ≈13×6 พิกเซล เพียงพอสำหรับการตรวจจับว่ามีอยู่ แต่ไม่พอสำหรับรอยเชื่อม
- **01005:** ≈5×3 พิกเซล แทบมองไม่เห็น
- **ดังนั้น:** AI ทำงานบนภาพของ AOI เอง ไม่ได้มาแทนที่ระบบเลนส์

แหล่งที่มา: Circuits Assembly; การคำนวณผู้เขียนสำหรับแผ่น 300 mm และเซนเซอร์ 4K กริดพิกเซลเป็นภาพประกอบ

การติดตั้งแบบ air-gapped: กล่องเป็นผู้ตัดสินใจ ห้องเซิร์ฟเวอร์เป็นผู้ตอบ

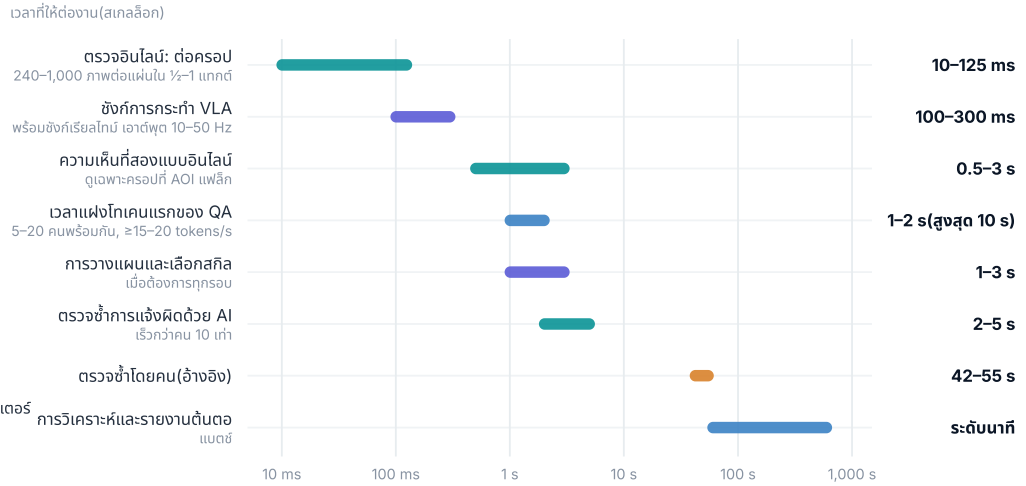


แหล่งที่มา: การสังเคราะห์ผู้เขียน(บทที่ 2)

โซนสะอาดและ ESD กำหนดตำแหน่งของเครื่องคำนวณ ขีดจำกัดความเร็วขึ้นอยู่กับการใช้งาน

ความสะอาด →

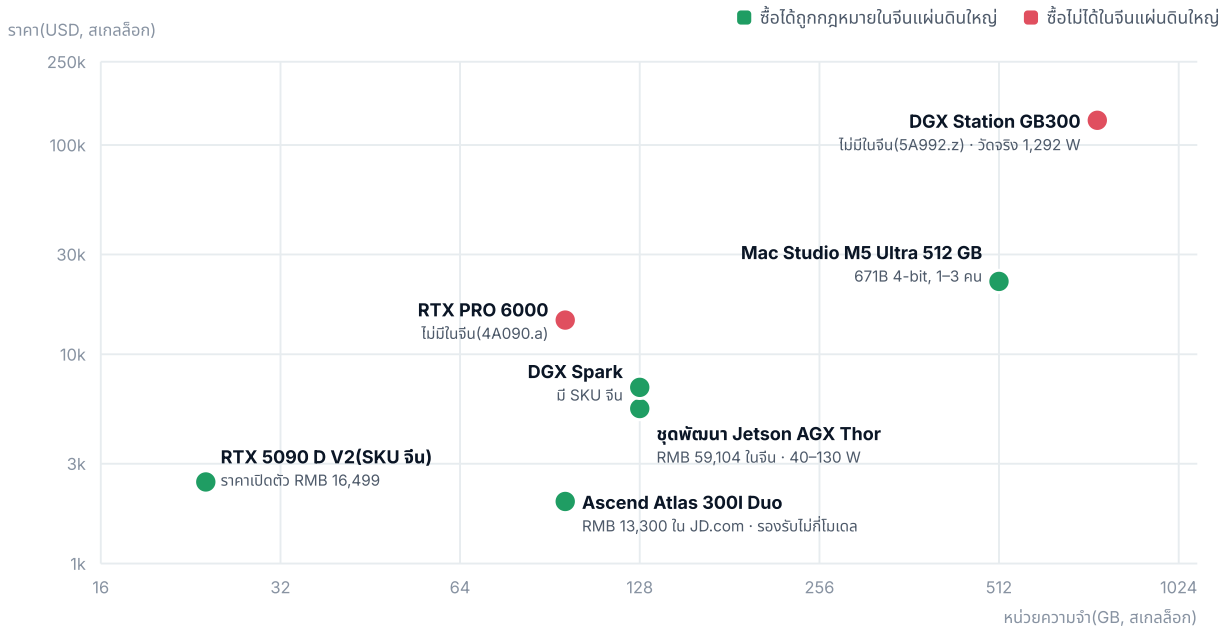
โถง SMT/PCBA ทั่วไป	คลีนรูม ISO 7–8	ไมโครเอนไวรอนเมนต์ ISO 5–6	Fab, ISO 5 หรือสะอาดกว่า
โซนป้องกัน ESD(≈ISO 8) **ความชื้น 40–60%**	การแพทย์, โมดูลกล้อง, EV **คลีนรูม + ESD**	ดายเปล่า, ไวร์บอนด์, ออปติก **ไมโครเอนไวรอนเมนต์**	SEMI E78 ESD · E187/E188 ไซเบอร์ **แผนเฉพาะ fab**
คอมพิวต์ข้างไลน์ กล่องไร้พัดลมตัวถังโลหะลงกราวด์ ใกล้ AOI หรือจุดตรวจซ้ำ	**คอมพิวต์ข้างไลน์** ไร้พัดลม, ซีล IP65/66, เช็ดง่าย; ขอข้อมูล ISO 14644-14	**คอมพิวต์ข้างไลน์** มีแค่กล้องและไฟ, กล่องประมวลผลอยู่ข้างนอก	**คอมพิวต์ข้างไลน์** ใช้เฉพาะคอนโทรลเลอร์ที่รวมกับเครื่องและรับรองโดย fab
เซิร์ฟเวอร์ GPU/NPU ห้องเซิร์ฟเวอร์หรือแร็ก IT ติดแอร์	**เซิร์ฟเวอร์ GPU/NPU** นอกคลีนรูม, เครือข่ายเข้าไปในคลีนรูม	**เซิร์ฟเวอร์ GPU/NPU** ห้องเซิร์ฟเวอร์	**เซิร์ฟเวอร์ GPU/NPU** แร็กระบายความร้อนด้วยของเหลวใต้โรงงานหรือดาต้าเซ็นเตอร์



ประเด็นสำคัญ พื้นที่ SMT ทั่วไปเป็นพื้นที่ป้องกัน ESD ไม่ใช่ห้องปลอดฝุ่นที่จัดระดับ กล่องไร้พัดลมในเคสโลหะที่ต่อสายดินวางอยู่ที่ AOI หรือที่นั่งตรวจสอบ และเซิร์ฟเวอร์ GPU ไม่เคยถูกวางบนสายการผลิต

แหล่งที่มา: ANSI/ESD S20.20, IEC 61340-5-1, ISO 14644, มาตรฐาน SEMI และวัสดุผู้ผลิต; รวบรวมโดยผู้เขียน การสังเคราะห์ผู้เขียน(บทที่ 1–2)

กฎการส่งออกกำหนดรายชื่อฮาร์ดแวร์ก่อนที่ benchmark จะทำ

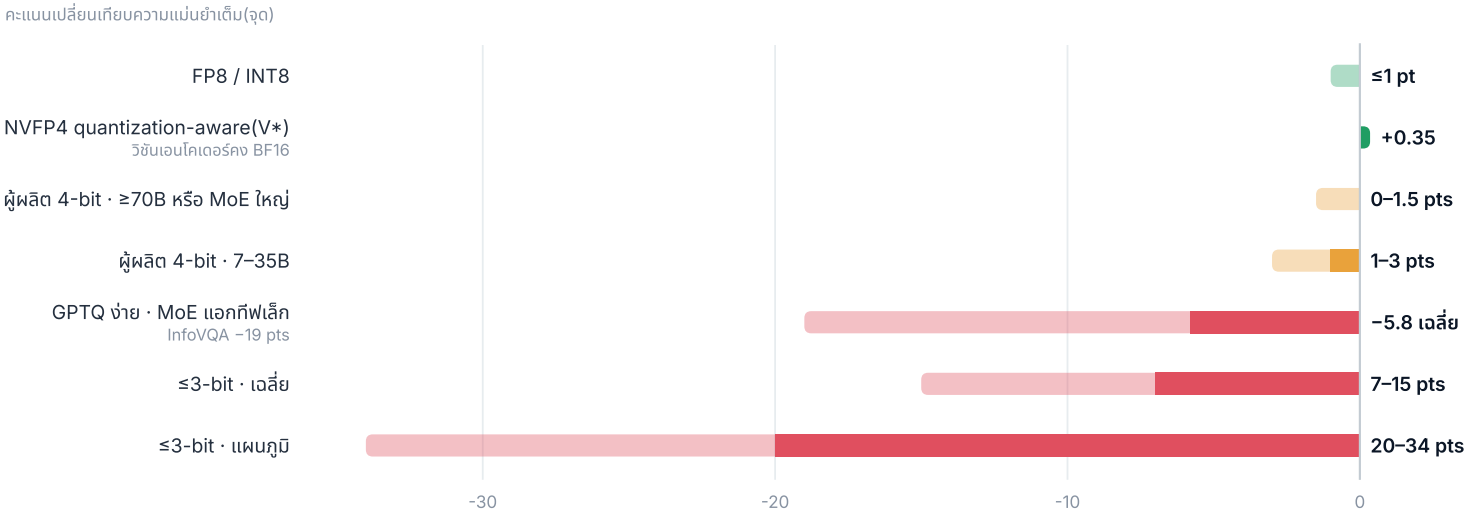


- **Jetson Thor:** 128 GB, 40–130 W; โมเดลวิชัน 2–8B บนภาพตัด AOI, VLA ระดับ 3B แบบเรียลไทม์; 59,104 RMB ในจีน
- **Mac Studio 512 GB:** DeepSeek 671B แบบ 4-bit สำหรับผู้ใช้ 1–3 คน
- **DGX Station:** 5A992.z ไม่มีจำหน่ายในจีนแผ่นดินใหญ่ โมเดล 743B ให้ผู้ใช้ 32 คนได้ ≈4 tokens/s ต่อคน
- **ตัวเร่งความเร็วในประเทศ:** เซิร์ฟเวอร์ Ascend แปดการ์ดสองเครื่องสำหรับ Q&A หลายผู้ใช้แบบเต็มรูปแบบ

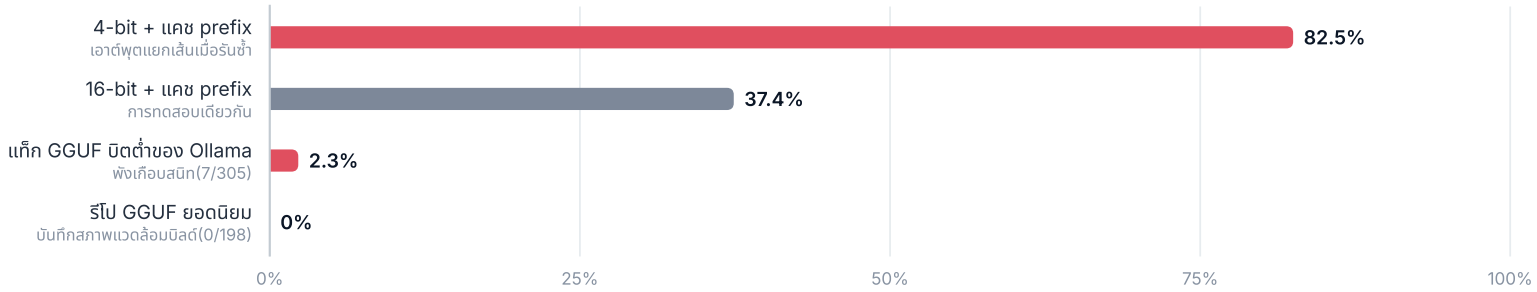
แหล่งที่มา: การจัดหมวดส่งออก NVIDIA, Apple, RS China, JD.com และราคารีวิว(พ.ย. 2026) StorageReview(ส.ค.และต.ค. 2026); ServeTheHome การทดสอบอิสระแหล่งเดียว

ควอนไทซ์: 8-bit ปลอดภัย, 4-bit ขึ้นกับสูตร, 3-bit และต่ำกว่าร่วง

ความแม่นยำ: 8-bit ปลอดภัย, 4-bit ขึ้นกับสูตร, ≤3-bit ตกรอบ

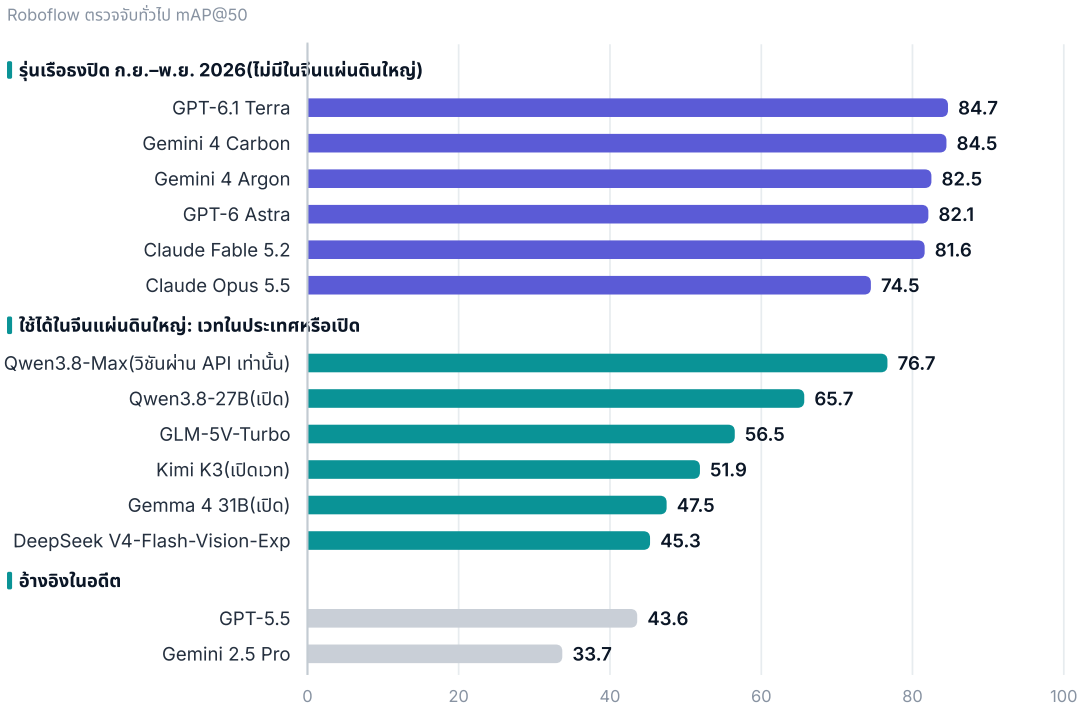


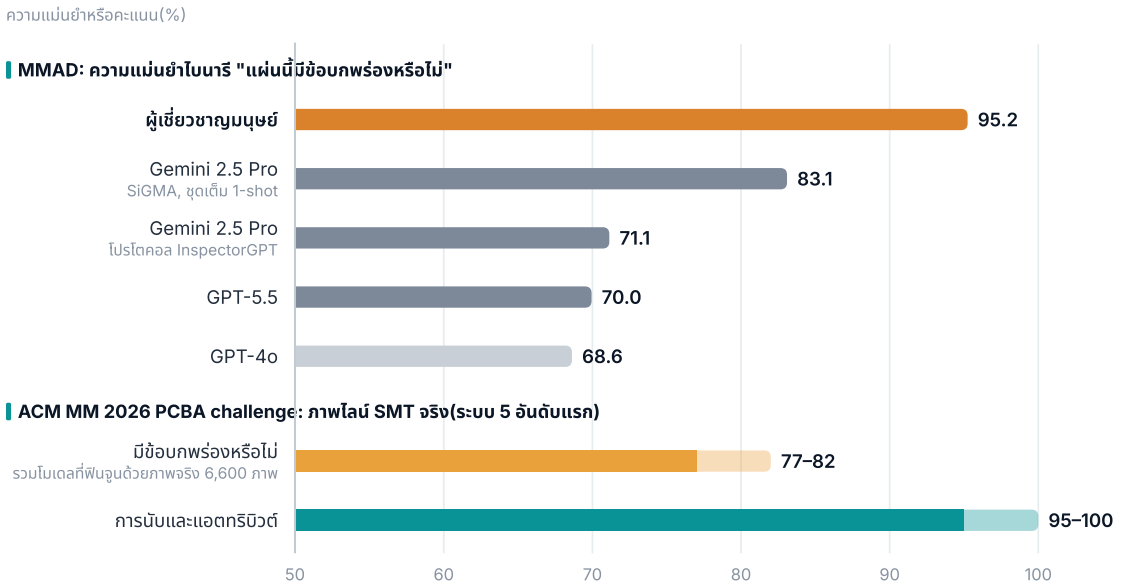
ความล้มเหลวทางวิศวกรรมใหญ่กว่าความคลาดเคลื่อนควอนไทซ์



แหล่งที่มา: NVIDIA Nemotron model card, VLMQ, VEQ, arXiv 2609.05881, 2610.19498, 2609.04748 และอื่นๆ

วิชันทั่วไปดีขึ้นเป็นสองเท่าในหนึ่งรุ่น แต่คะแนนข้อบกพร่องทางอุตสาหกรรมยังขาดหาย

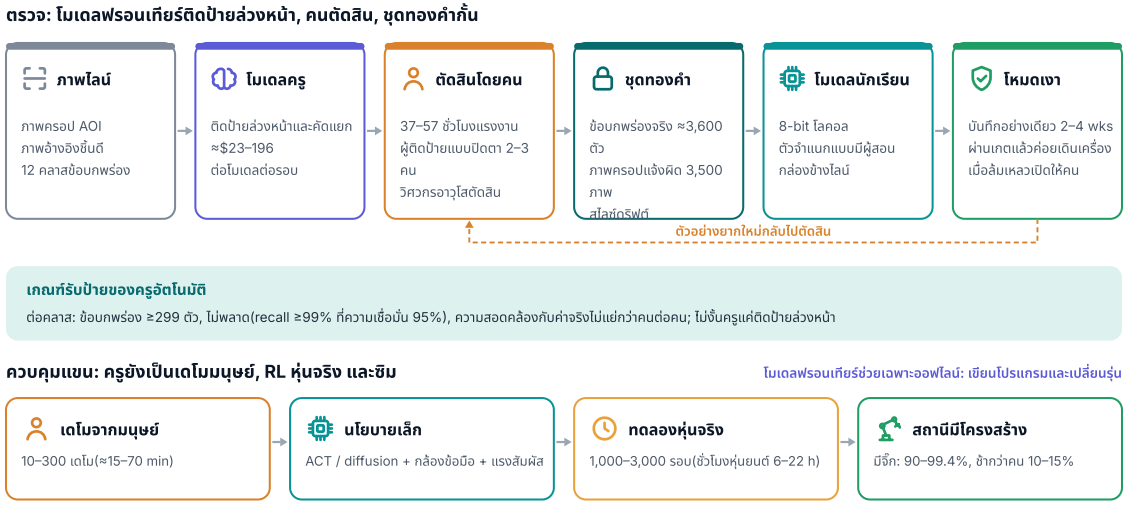


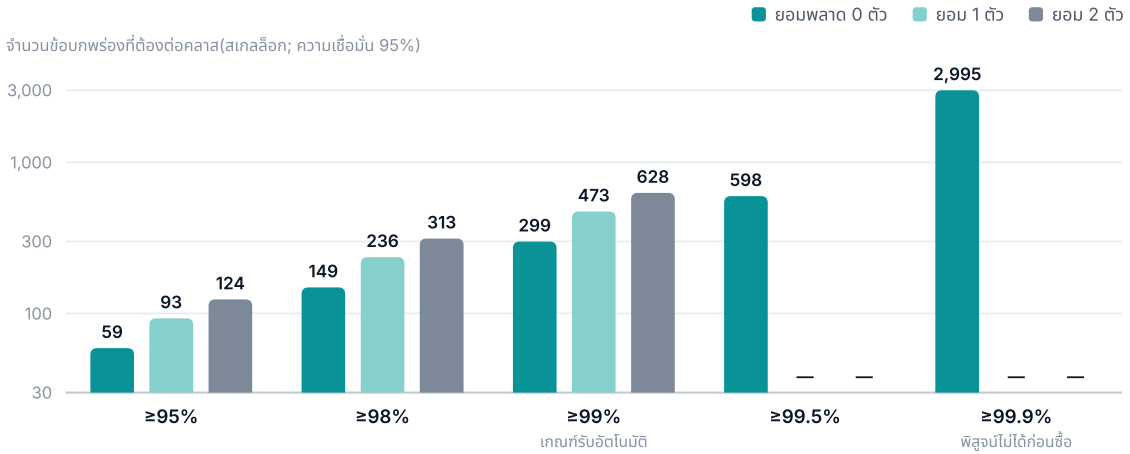


เบนช์มาร์กข้อบกพร่องอุตสาหกรรม(MMAD, MVTec AD 2, VisA, Real-IAD, UniPCB): ศูนย์คะแนนสาธารณะจากเรือธง 2026
คะแนนตรวจจับทั่วไปเพิ่มเท่าตัวในรุ่นเดียว แต่ไม่แทนการตัดสินข้อบกพร่อง; ต้องทดสอบบนชุดทองคำของโรงงาน

แหล่งที่มา: Roboflow Vision Evals; บันทึกรุ่นโมเดล; MMAD, MVTec AD 2 และหน้าเบนช์มาร์กอื่น(ณ 11 พ.ย. 2026) MMAD; SiGMA; InspectorGPT; ACM MM 2026 PCBA challenge

โมเดล frontier ติดป้ายล่วงหน้า คนเป็นผู้ตัดสิน และชุดข้อมูลอ้างอิงเป็นเกณฑ์



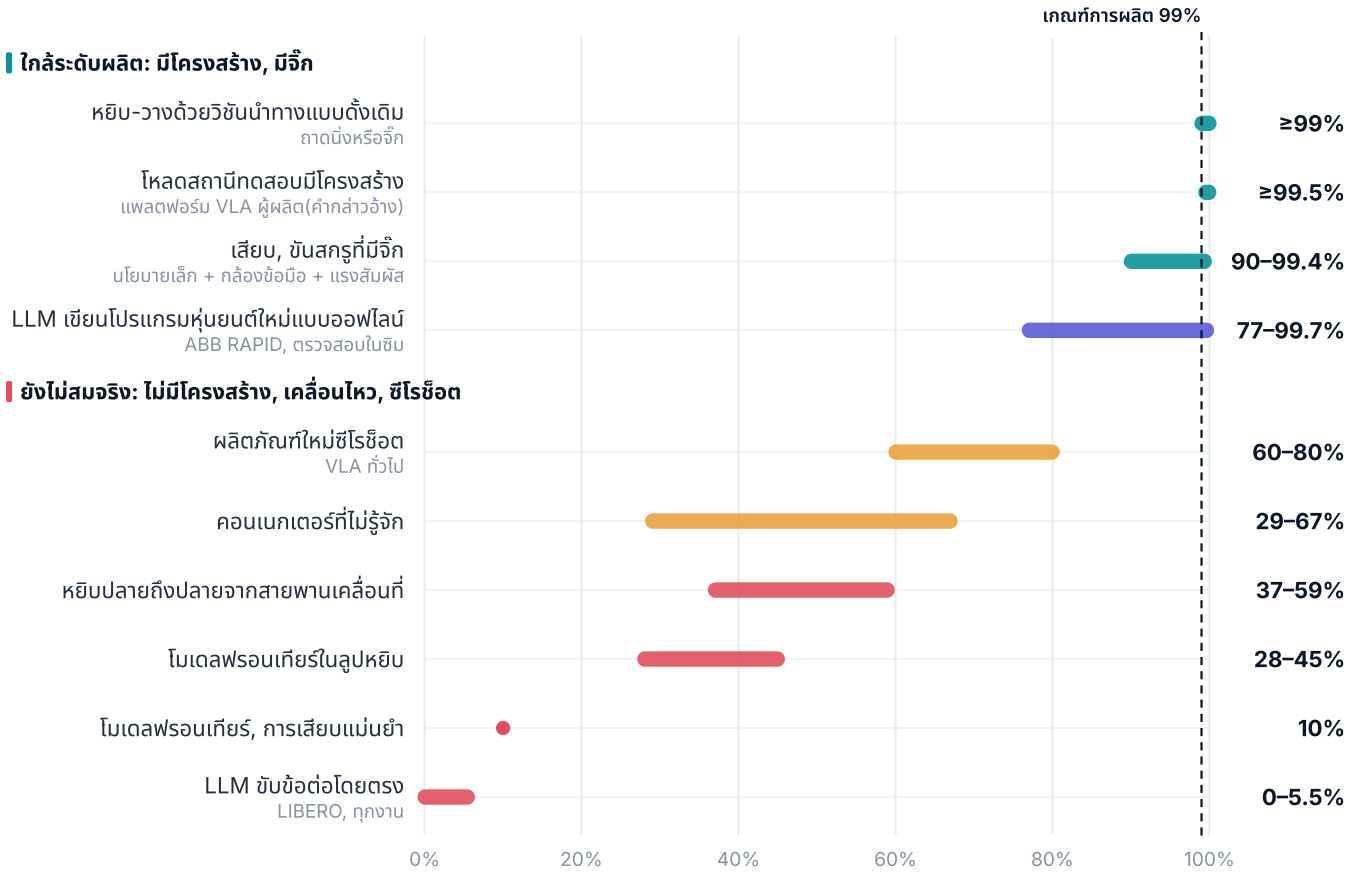


ประเด็นสำคัญ ยอมรับป้ายจากครูโดยอัตโนมัติเฉพาะชั้นที่มีการพลาดเป็นศูนย์บนข้อบกพร่องอ้างอิง ≥299 รายการ (recall 99% ที่ความเชื่อมั่น 95%) ชั้นวิกฤต เช่น ไฟฟ้าลัดวงจร ชิ้นส่วนหาย และขั้วกลับ ต้องใช้มากกว่านั้น

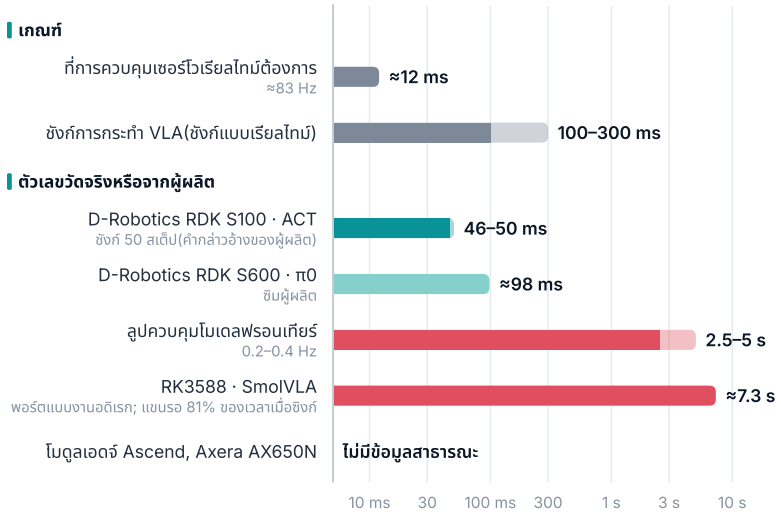
แหล่งที่มา: การสังเคราะห์ผู้เขียน(บทที่ 3); ต้นทุนและขนาดตัวอย่างเป็นค่าประมาณ ช่วงความเชื่อมั่นทวินามแบบแม่นยำ(95%)

นักเรียนหุ่นยนต์: ใกล้ระดับผลิตก็ต่อเมื่อสถานีมีโครงสร้าง

อัตราสำเร็จของงาน

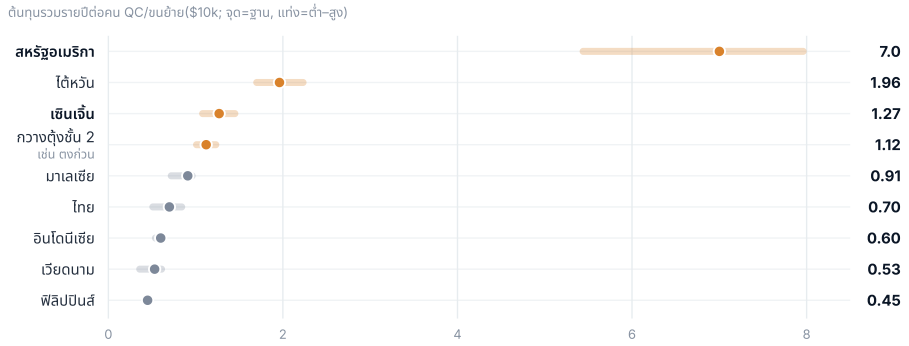


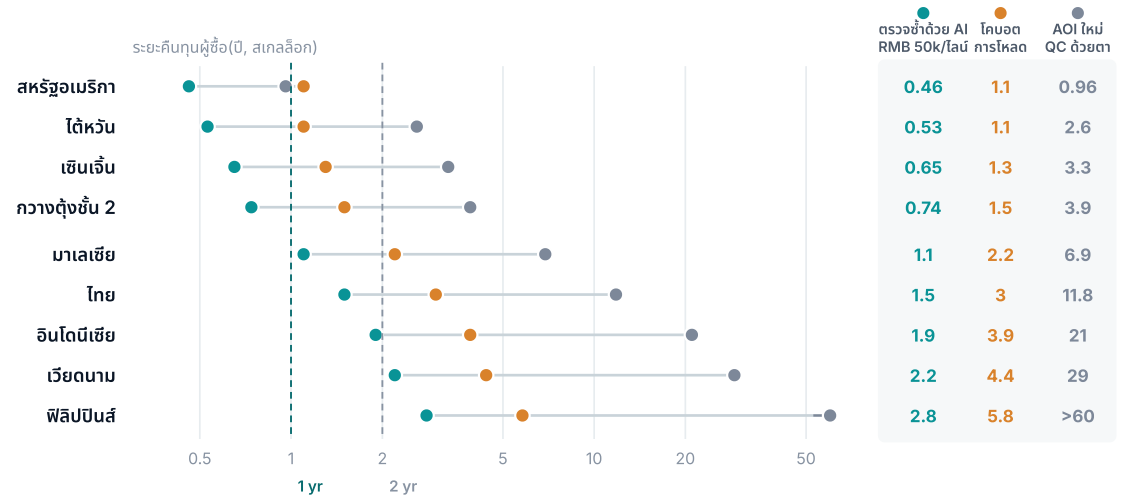
เวลาแฝงอนุมานต่อชังก์การกระทำหรือรอบควบคุม(สเกลล็อก)



แหล่งที่มา: บทความและวัสดุผู้ผลิตอ้างในบทที่ 3; บางตัวเลขเป็นคำกล่าวอ้างผู้ผลิต เอกสารและฟอรัม D-Robotics(ตัวเลขผู้ผลิต); พอร์ตชุมชน GitHub; งานวิจัย Anthropic

การตรวจสอบด้วย AI คืนทุนในไม่กี่เดือน การป้อนเครื่องจักรประมาณหนึ่งปี



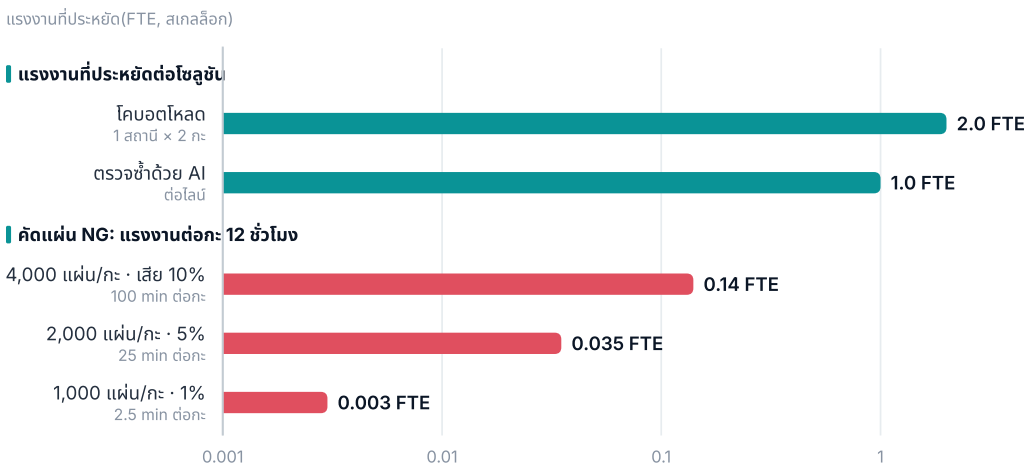


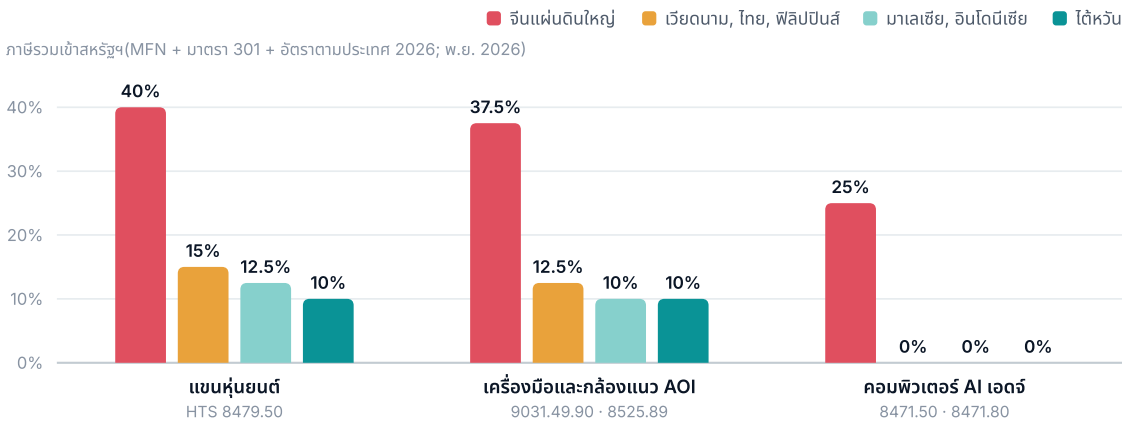
แขนเฉพาะคัดแผ่นเสีย: ไม่คุ้มทุนทุกภูมิภาค
เมื่อยิลด์ผ่านแรกเกิน 90%, การคัดใช้แค่ 0.003–0.14 FTE ต่อกะ

ประเด็นสำคัญ ที่ 50,000 RMB ต่อสาย การตรวจสอบด้วย AI คืนทุนใน 0.46 ปีในสหรัฐฯ 0.53 ในไต้หวัน 0.65 ในเซินเจิ้น และ 2.2 ในเวียดนาม เซลล์หุ่นยนต์ร่วมป้อนเครื่องจักรสองกะใน 1.1–1.5 ปี [estimates]

แหล่งที่มา: แนวทางค่าจ้างทางการเซินเจิ้น, กระทรวงแรงงานไต้หวัน, JETRO, BLS; ค่าประมาณผู้เขียน โมเดลผู้เขียน: กล่องตรวจซ้ำ AI RMB 50k/ไลน์; เซลล์โหลดโคบอต RMB 200k หรือ $140k, สองกะ

แขนหยิบชิ้นงานไม่คุ้มทุนเลย แหล่งผลิตของแขนเปลี่ยนอัตราภาษีสหรัฐฯ ของมัน





ประเด็นสำคัญ ที่อัตราผลผลิตผ่านครั้งแรกสูงกว่า 90% การหยิบแผ่น NG ออกใช้แรงงาน 0.003–0.14 คนต่อกะ ดังนั้นอุปกรณ์แยก NG หรือบัฟเฟอร์จึงทำงานแทนได้ แขนที่ผลิตในจีนแผ่นดินใหญ่ยังต้องจ่ายภาษีสหรัฐฯ รวมประมาณ 40%

แหล่งที่มา: ค่าประมาณผู้เขียน USITC ตารางภาษีบท 99; Federal Register; USTR(พ.ย. 2026)

มีจริงแต่เล็ก: สายที่ให้บริการได้ 16,000 สาย ≈320 ล้าน RMB แบบครั้งเดียว ในช่วงเวลาห้าปี

ไลน์ SMT จีน
40,000 บรรทัด
35k–46k

× 80% × 50%
ยังไม่มี AI: 75–85%
เข้าถึงได้: 40–60%

ที่ให้บริการได้
16,000 บรรทัด
10.5k–23.5k

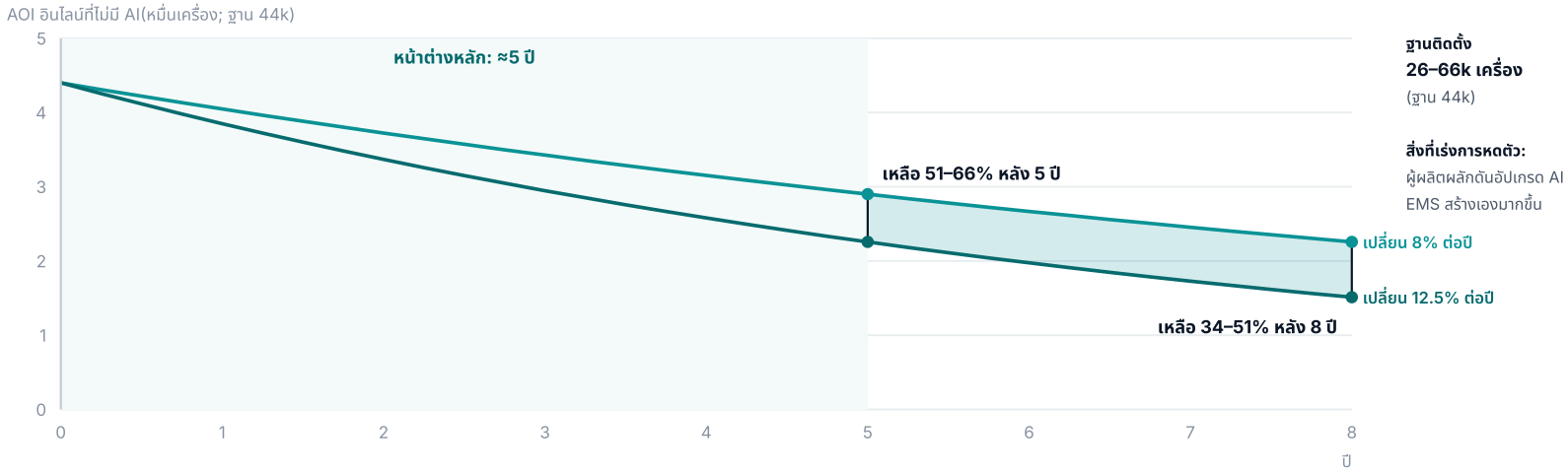
× RMB 20k
RMB 10–30k ครั้งเดียว

ตลาดครั้งเดียว
RMB 320M
RMB 105–705M

÷ ≈5 ปี
หด 8–12%/ปี

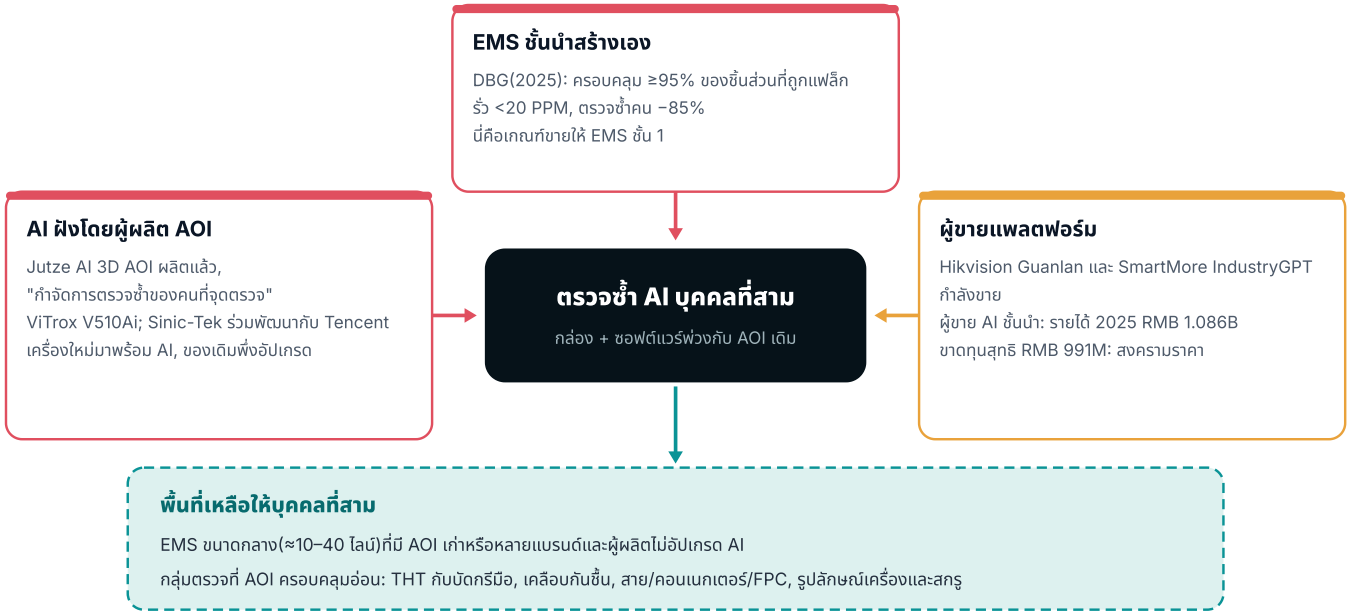
หน้าต่าง 5 ปี
RMB 64M/yr
RMB 21–141M

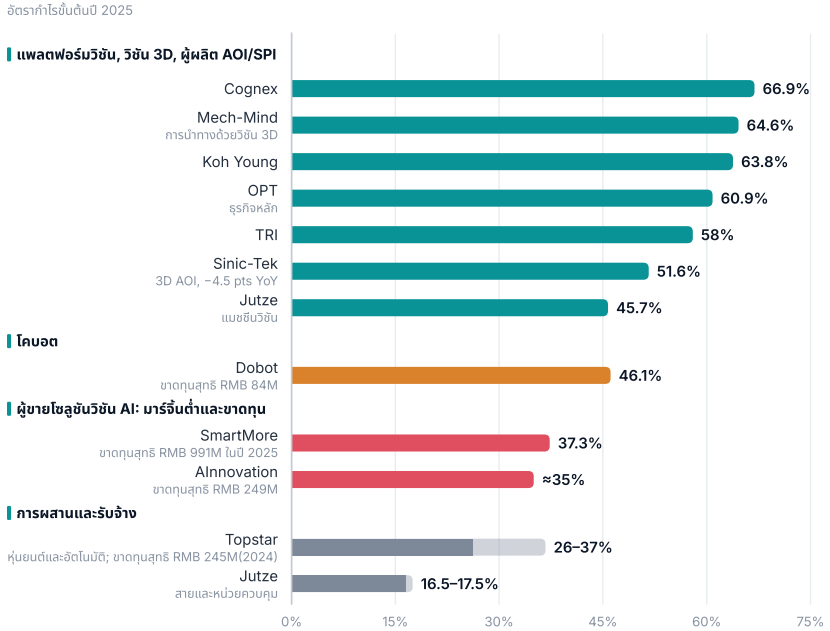
ผู้เล่นใหม่ได้ 2–5% ของไลน์ที่ให้บริการใน 3 ปี: ≈320–800 ไลน์, ≈RMB 2–5M ต่อปี
แบบสมัครสมาชิก(RMB 5k ต่อไลน์ต่อปี)ได้รายได้ประจำ RMB 1.6–4M, แค่ 0.3–2.3% ของคาดการณ์ IDC



แหล่งที่มา: NVR(ฐาน 2020); ค่าประมาณผู้เขียน ค่าประมาณผู้เขียน; ฐานติดตั้งและส่วนแบ่งไม่ได้รับการยืนยันอิสระ

ช่องว่างของการตรวจสอบถูกปิดล้อม กำไรอยู่ที่ฮาร์ดแวร์ที่ถูกทำให้เป็นผลิตภัณฑ์

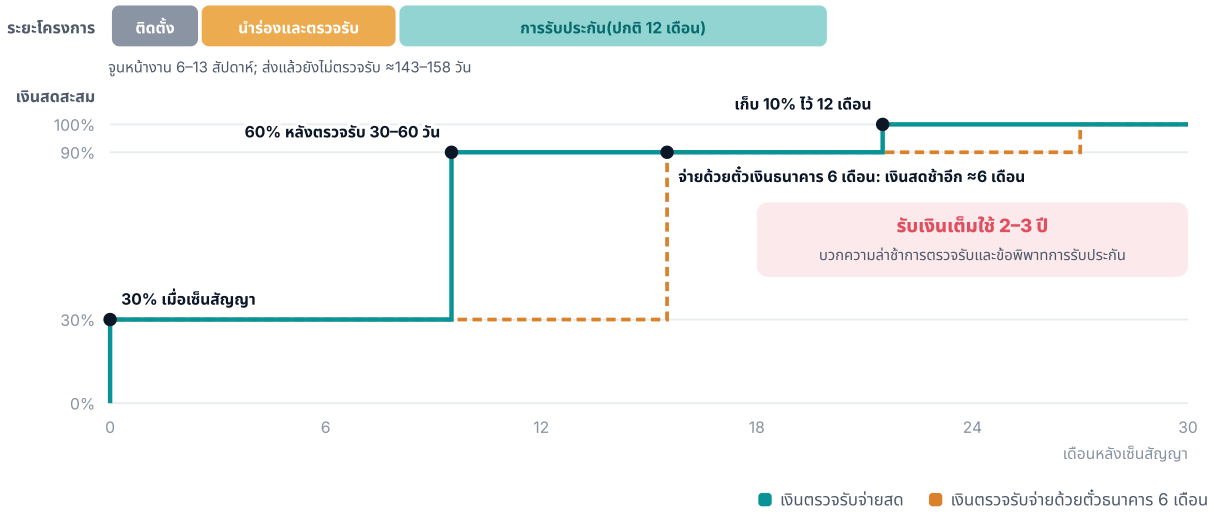


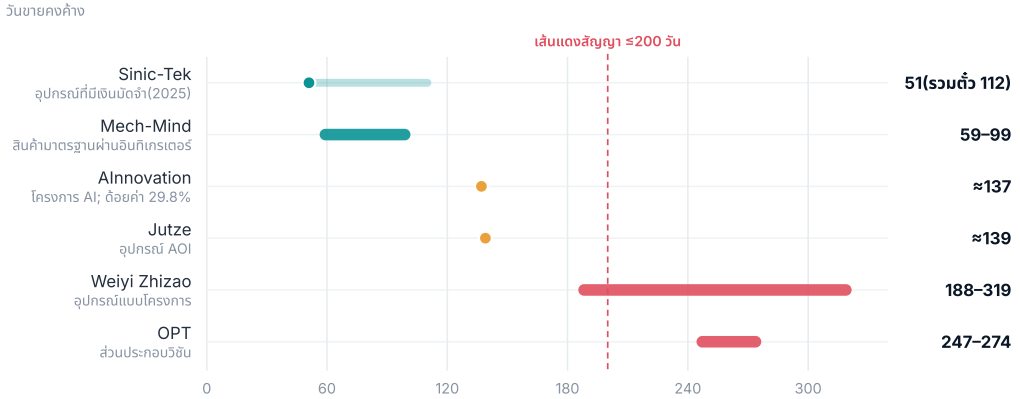


หลักฐาน ผู้ขายวิชัน AI ชั้นนำมีรายได้ปี 2025 อยู่ที่ 1.086 พันล้าน RMB และขาดทุนสุทธิ 991 ล้าน RMB รายได้ 3C ของบริษัทจดทะเบียนที่เทียบเคียงได้ใกล้เคียงที่สุดลดลง 79.9% เมื่อเทียบปีต่อปีในช่วงมกราคม–พฤษภาคม 2026

แหล่งที่มา: รายงานประจำปี Jutze, Sinic-Tek และ DBG; วัสดุสาธารณะ Hikvision และ SmartMore; รวบรวมโดยผู้เขียน รายงานประจำปีหรือเอกสารเสนอขาย 2025

ผู้ซื้อจ่าย 30/60/10 การชำระเต็มจำนวนใช้เวลาสองถึงสามปี





ประเด็นสำคัญ 30% มาพร้อมกับคำสั่งซื้อ 60% ประมาณสี่ถึงเก้าเดือนต่อมา และ 10% สุดท้ายประมาณ 16–21 เดือนต่อมา ตั้งแต่โครงการนำร่องแรกที่ EMS ขนาดใหญ่จนถึงการชำระเต็มจำนวนอาจใช้เวลาสองถึงสามปี [estimate]

แหล่งที่มา: คำตอบสอบถาม Sinic-Tek, Mech-Mind, GKG, JT และอื่นๆ; แผนผังเงื่อนไขทั่วไป เวลาประมาณ เอกสารบริษัท; ลูกหนี้(รวมสินทรัพย์สัญญา) ÷ รายได้ × 365

วางแผนแบบออฟไลน์ ลงมือด้วยนโยบายขนาดเล็ก และรักษาการเคลื่อนไหวและความปลอดภัยให้เป็นแบบ deterministic

ชั้น	ทำอะไร และหลักฐานไปถึงไหน	สเกลเวลา · ใครถือ
การวางแผน L4	**โมเดลฟรอนเทียร์(ออฟไลน์)** เขียน/แก้โปรแกรมหุ่นยนต์ออฟไลน์, เปลี่ยนรุ่น, อธิบายความผิดปกติ เขียนโปรแกรม ABB RAPID ใหม่ที่ 77–99.7%, แจกจ่ายหลังตรวจในซิม ลูปควบคุมเพียง 0.2–0.4 Hz: ไม่อยู่ในเรียลไทม์	วินาทีถึงนาที ยักษ์โมเดล
สกิล / นโยบาย L3	**ACT, นโยบาย diffusion, VLA ขนาดเล็ก** สถานีมีโครงสร้างพร้อมจิ๊ก 90–99.4% ชิปเอดจ์: Jetson Thor, D-Robotics RDK, Ascend, Rockchip	ช้งก์การกระทำ 100–300 ms ผู้ขายชิป · ผู้ผลิตหุ่นยนต์
ควบคุมการเคลื่อนไหว L2	**คอนโทรลเลอร์หุ่นยนต์** วิถี, เซอร์โว, ควบคุมแรง, ตรวจจับชน โค้ดดีเทอร์มินิสติก; นโยบายเรียนรู้แค่ตั้งเป้า	ระดับมิลลิวินาที(เรียลไทม์ต้อง >83 Hz) ผู้ผลิตหุ่นยนต์
ความปลอดภัย L1	**PLC นิรภัย, สแกนเนอร์, จำกัดแรงและความเร็ว** รับรองตาม ISO 10218-1/-2:2025 และกฎท้องถิ่น ไม่มี ML ในฟังก์ชันความปลอดภัย: EU ถกทวนโดย notified body ตั้งแต่วันที่ 20 ม.ค. 2027	ฮาร์ดเรียลไทม์ หุ่นยนต์รับรอง + อินทิเกรเตอร์

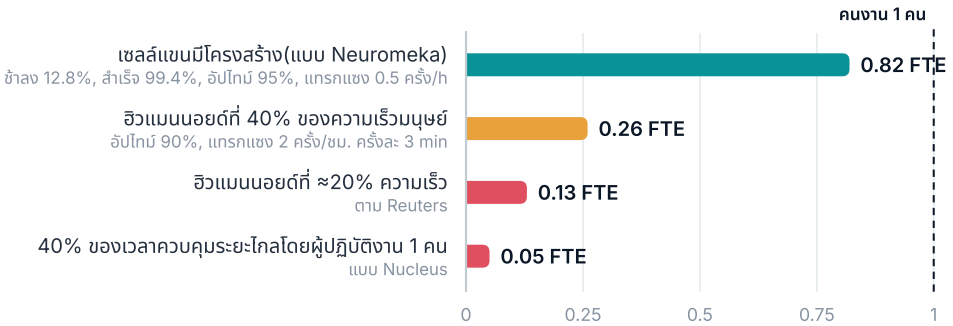
โอกาสของธุรกิจเล็กอยู่ที่การผสานและฮาร์ดแวร์เซนซิ่ง: ใส่การรับรู้แบบเรียนรู้และนโยบายเล็กเข้าเซลล์หุ่นยนต์ที่รับรองแล้ว ทีละสถานี

	อัตราสำเร็จ	แทกต์	การแทรกแซง / ควบคุมระยะไกล	ไม่เรียลไทม์ / ความเสียหาย	เดินเครื่องปริมาณ
Figure 02 @ BMW	เป้าหมายเท่านั้น >99%/กะ	เป้าหมายเท่านั้น 84 s	เป้าหมายเท่านั้น 0/กะ	ไม่เปิดเผย	1,250 h
Agility Digit @ GXO	ไม่เปิดเผย	ไม่เปิดเผย	ไม่เปิดเผย	ไม่เปิดเผย	100,000 ลัง
Apptronik Apollo @ Mercedes	ไม่เปิดเผย	ไม่เปิดเผย	ไม่เปิดเผย	ไม่เปิดเผย	ไม่เปิดเผย
Agile ONE @ Audi	ไม่เปิดเผย	ไม่เปิดเผย	ไม่เปิดเผย	ไม่เปิดเผย	ไม่เปิดเผย
Nucleus(โรงงานไม่ระบุชื่อ)	ไม่เปิดเผย	ไม่เปิดเผย	≈40% ควบคุมระยะไกล*	ไม่เปิดเผย	วิดีโอ ≈2 h
AgiBot G2 @ Longcheer	99.99%	18–20 s ต่อขั้นตอน	ไม่เปิดเผย	หนึ่งความเสียหาย 2 min	64+ h
Neurometka เซลล์ผสม	322/324	ช้าลง 12.8%	ไม่เปิดเผย	ไม่เปิดเผย	324 รอบ
π0.6 @ หน้างานลูกค้า	—	—	96.4% อัตโนมัติ	ไม่เปิดเผย	1 กะ

* ไม่เปิดเผยวิธีคำนวณ

เปิดเผยแล้ว(ส่วนใหญ่คำกล่าวอ้างผู้ผลิต) · เผยเฉพาะเป้าหมาย · ไม่เปิดเผย

แรงงานทดแทนสุทธิต่อหุ่นยนต์ต่อกะ



แหล่งที่มา: การสังเคราะห์ของผู้เขียน (บทที่ 3, 6) และการประมาณการ ISO 10218:2025 ระเบียบเครื่องจักรของสหภาพยุโรป เอกสารสาธารณะจาก BMW, Figure, Agility, Mercedes-Benz และอื่นๆ

สร้างในขอบเขตจำกัด พิสูจน์บนภาพของโรงงานเอง แล้วค่อยขยาย

สร้าง

การตรวจสอบด้วย AI และการจำแนกข้อบกพร่องบนภาพ AOI สำหรับ EMS ขนาดกลางที่มี AOI รุ่นเก่าหรือหลายยี่ห้อ การตรวจสอบที่ AOI ครอบคลุมได้ไม่ดี เซลล์หุ่นยนต์ร่วมในจุดที่มีการหยิบจับชิ้นส่วนทุกชิ้น

ไม่ควรสร้าง

แพลตฟอร์ม AI บวกแขนหุ่นยนต์แบบทั่วไป; LLM เป็นผู้ตรวจสอบหลัก; แขนหยิบชิ้นงานบนสาย SMT; หุ่นยนต์มนุษย์และหุ่นยนต์แบบบริการ; โมเดล frontier ในลูปควบคุมหรือฟังก์ชันความปลอดภัย

โครงการนำร่อง

1. **สัปดาห์ที่ 0–2:** ข้อตกลงข้อมูล ชั้นของข้อบกพร่อง ค่าพื้นฐาน
2. **สัปดาห์ที่ 1–4:** ชุดข้อมูลอ้างอิง (golden set) ติดป้ายแบบ blind และตัดสิน
3. **สัปดาห์ที่ 2–4+:** โหมด shadow เปรียบเทียบทีละชั้น
4. **สัปดาห์ที่ 4–8:** การทำงานแบบ assisted เฉพาะชั้นที่ผ่านเกณฑ์
5. **จากนั้น:** การยอมรับเป็นลายลักษณ์อักษร ขยายทีละสาย และตรวจสอบซ้ำทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนแปลง

ความปลอดภัย ห้ามใช้แมชชีนเลิร์นนิงในฟังก์ชันความปลอดภัย สหภาพยุโรปกำหนดให้ประเมินโดย notified body ตั้งแต่วันที่ 20 มกราคม 2027 และเส้นทางการรับรอง AI จะยังไม่ลงตัวก่อนปี 2027–2029

แหล่งที่มา: บทที่ 6–7 และบทสรุปผู้บริหารของรายงาน ISO, IEC, UL, EUR-Lex, SAC และฐานข้อมูลกฎหมายระดับชาติ

เกี่ยวกับผู้เขียน

Tan Shuai

นักเทคโนโลยีและผู้ก่อตั้งโดยมีประสบการณ์กว่ายี่สิบปีครอบคลุมชิป ฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์ระบบ พร้อมสิทธิบัตรที่ได้รับ 20 ฉบับ ผลงานของเขาพาเขาไปทั่ว Silicon Valley, New York, Chicago, Taiwan, พื้นที่ Greater Bay Area (Shenzhen และ Hong Kong), Vietnam และ Malaysia โดยมุ่งเน้นการผลิตขั้นสูงและซัพพลายเชนมาเป็นเวลานาน ปัจจุบันเขาทำงานเป็นนักวิจัยและนักพัฒนา AI โดยมุ่งเน้นว่า AI ถูกนำไปใช้บนพื้นโรงงานอย่างไร

รายงานฉบับเต็ม (รูปภาพ ตาราง และแหล่งที่มาทั้งหมด) และบทความอยู่ที่ tanshuai.com เขายินดีพูดคุยกับผู้ที่ทำงานด้าน AI ในการผลิต: i@tanshuai.com

