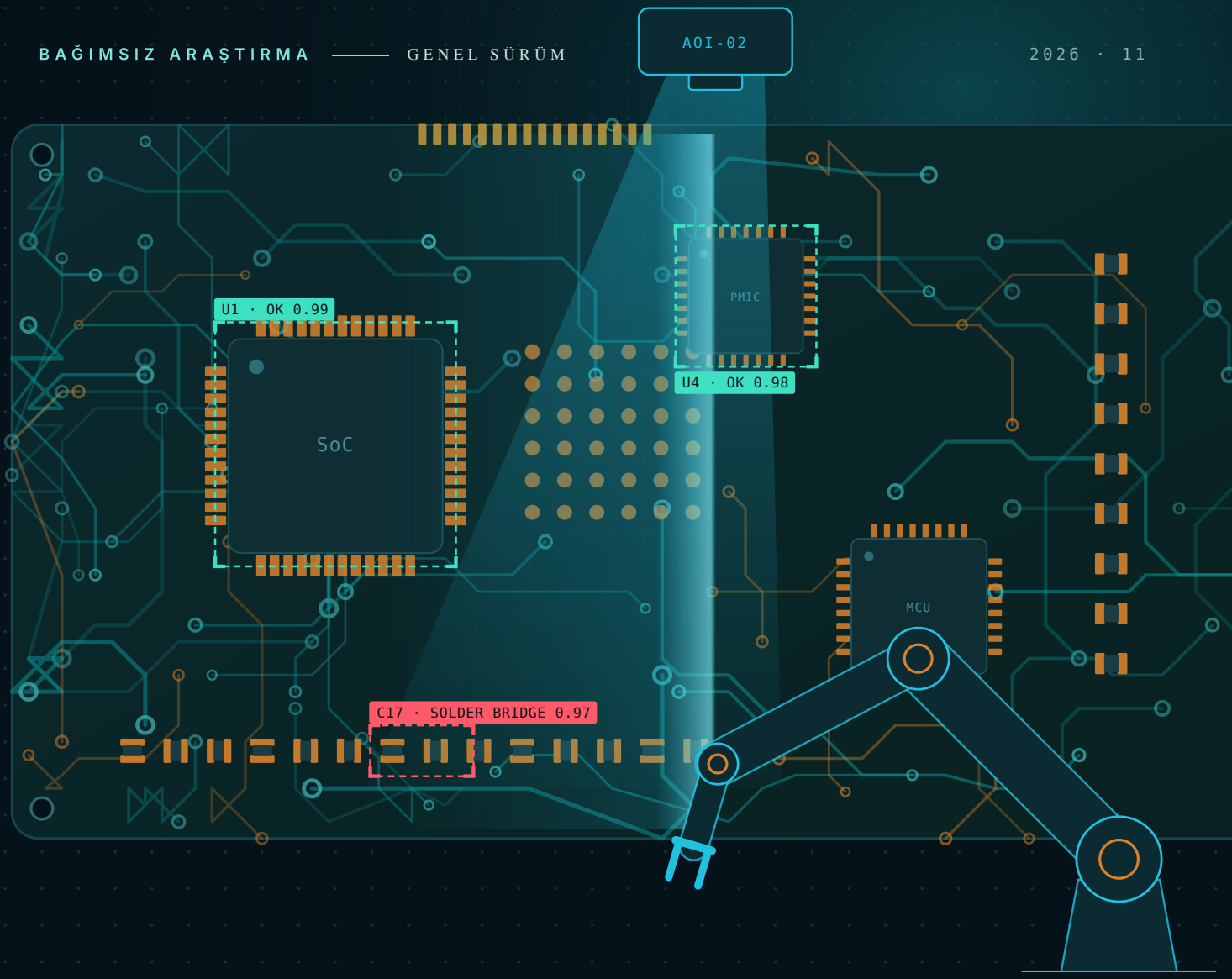


ELEKTRONİK ÜRETİMİ · AI DENETİM × ROBOTİK

Elektronik Fabrikalarında AI Görsel Denetim ve Robot Kolları

2026 Değerlendirmesi

Yaygın yapılandırmalar · Bölgesel uygulanabilirlik · Yerinde dağıtım · Öğretmen–öğrenci modelleri
Yatırım getirisi · Rekabet · Yalnızca bir pilotun yanıtlayabilecekleri

TEMEL BULGU

AI inceleme dar kapsamda yapmaya değer. Bedenlenmiş robot kolları bekleyebilir.

Tan Shuai
tanshuai.comi@tanshuai.com

Veriler 11 Kasım 2026 itibarıyla
Anakara Çin · Tayvan · Güneydoğu Asya · Amerika Birleşik Devletleri

İÇİNDEKİLER

İçindekiler



◆ **YÖNETİCİ ÖZETİ** — Yapmaya değer, ama dar kapsamda, şimdi ve ortaklarla — 5

01 **Bugünkü hat** — Elektronik fabrikaları bugün ne çalıştırıyor ve teknik olarak ne mümkün — 9

02 **Yerinde dağıtım** — AI'yi tesisin içinde çalıştırmak: temiz odalar, hava boşlukları, donanım ve niceleme — 17

03 **Öğretmen ve öğrenci** — Öğretmen ve öğrenci: frontier modeller denetim verilerini ön etiketleyebilir; robot kolları için gerçek öğretmenler hâlâ insanlardır — 26

04 **Maliyetler ve geri ödeme** — Maliyetler ve geri ödeme: AI inceleme aylar içinde, makine besleme yıllar içinde, ayıklama kolları asla maliyetini çıkarır — 35

05 **Pazar ve rekabet** — Pazar, rekabet ve alıcıların nasıl ödediği — 43

06 **Bedenlenmiş AI** — Bedenlenmiş AI: önce robotların nasıl öğretildiğini değiştirir, sonra nasıl hareket ettiklerini — 52

07 **Açık sorular** — Kamu kayıtlarının yanıtlayamadıkları ve bir pilotun bunları nasıl netleştirdiği — 58

◆ **Yazar hakkında** — Tan Shuai — 61

Metindeki güven etiketleri

- **verified** iki veya daha fazla bağımsız kaynak ya da iki bağımsız birincil belge aynı fikirde
- **single source** birincil belgeler dahil olmak üzere yalnızca tek kaynak
- **vendor claim** ürünün veya hizmetin satıcısı tarafından yayımlanmış
- **estimate** yazarın alıntılanan verilerden yaptığı kendi hesabı veya çıkarımı

Bu rapor nasıl okunur

Kilit rakamlar bir güven etiketi taşır. **verified** , iki veya daha fazla bağımsız kaynağın ya da iki bağımsız birincil belgenin aynı fikirde olması; **single source** , yalnızca tek kaynak (birincil belgeler dahil); **vendor claim** , ürünün veya hizmetin satıcısı tarafından yayımlanmış, yaygın olarak tekrarlansa bile; **estimate** , alıntılanan verilerden yaptığım kendi hesabı veya çıkarımı (girdiler kaynaklanmış olarak) anlamına gelir. “Birincil”, kaynağın türünü tanımlar (yıllık rapor, izahname, yönetmelik, standart, resmî istatistik); güven sınıfını değiştirmez. Kaynakların çeliştiği yerlerde rakamlar yan yana verilir ve ortalaması alınmaz. Para birimi dönüşümleri 9 Kasım 2026 tarihli Çin Halk Bankası merkez paritesini kullanır, $1 = 6.7188 RMB (Xinhua), ve Tayvan için aynı günkü SMBC sabitlemesi, $1 = 32.12 NT$ (SMBC). Anakara iş gücü ve sübvansiyon verileri, elektronik üretiminin en yoğun olduğu İnci Nehri Deltası’nı kullanır (Shenzhen’den resmî ücret verileri), karşılaştırma için Yangtze Nehri Deltası ile. Sektör görüşmelerinden gelen iddialar, doğrulanması gereken iddialar olarak ele alınır, asla olgu olarak değil. Kamu kayıtlarının yanıtlayamadığı sorular Bölüm 7’de toplanmıştır.

ŞEKİLLER

Şekiller

01	AI bugün fabrika zemininde nereye uyar	7
02	Bir seri üretim SMT hattı: insanlar AOI'nin arkasında oturur	10
03	AOI alarmlarının yaklaşık 97–99%'u yanlış çağrıdır	11
04	Genel amaçlı bir kamera AOI değildir	13
05	Hava boşluklu bir dağıtım	17
06	Temiz ve ESD bölgeleri hesaplamanın nereye oturacağını belirler	18
07	Kullanıma göre hız sınırları	20
08	Şirket içi hesaplama: bellek, fiyat ve Çin anakarasında yasal olarak satın alınabilenler	21
09	Büyük bir iş istasyonu paylaşılan bir asistan yapmaz	22
10	Niceleme: 8-bit güvenli, 4-bit tarife bağlı, 3-bit ve altı elenir	23
11	Öğretmen adayları: genel skorlar bir nesilde ikiye katlandı	27
12	"Kusur var mı?" genel modeller için hâlâ zor	28
13	İki öğretmen–öğrenci hattı	29
14	Altın set ne kadar büyük olmalı	30
15	Uç politika gecikmesi	32
16	Robot öğrenciler: yalnızca istasyon yapılandırıldığında üretim derecesine yakın	33
17	Bir muayene veya taşıma işçisinin yıllık maliyeti	36
18	Fiyat merdiveni	37
19	Bölgeye göre geri ödeme	39
20	Kötü kartları ayırmanın neden geri ödemediği	40
21	Robotlar, AOI ve uç bilgisayarlar üzerindeki ABD vergisi	41
22	Pazar büyüklükleri on kattan fazla farklılık gösterir	44
23	Aşağıdan yukarıya: 40,000 hat → 16,000 hizmet verilebilir → ≈RMB 320M tek seferlik	45
24	Retrofit penceresi yaklaşık beş yıldır	46
25	İnceleme kaması üç taraftan kuşatılmıştır	46
26	Marj ürünleştirilmiş donanımda oturur	48
27	Alıcılar nasıl öder	49
28	Alacak tahsil süresi	50
29	Somutlaştırılmış-AI yığını	52
30	Tesis içi robot dağıtımları aslında neyi açıklar	53
31	Robot başına net ikame edilen işgücü	54
32	Standartlar ve düzenleme zaman çizelgesi	56

YÖNETİCİ ÖZETİ

Yapmaya değer, ama dar kapsamda, şimdi ve ortaklarla

TEMEL BULGU

Hüküm: elektronik fabrikaları için 2026'da olgun olan ve tesislerin ödeyeceği şey, AOI görüntüleri üzerinde AI inceleme ve niş denetim artı programlanmış robot makine beslemesidir; "kartlara bakan büyük bir model artı onları alan bedenlenmiş robotlar" değil.

0.46–0.65 yıl

ABD, Tayvan ve Shenzhen'de hat başına 50 bin RMB ile AI incelemenin geri ödeme süresi

≥95% · <20 PPM

Önde gelen bir EMS'nin kurum içi AI incelemesinin kapsamı ve kaçakları: birinci sınıf EMS'ye satış için çıta

100–700 M RMB

Anakara Çin'de hizmet edilebilir üçüncü taraf retrofit pazarı, tek seferlik, yaklaşık beş yıllık bir pencere içinde

0 puan

Kasım 2026 amiral gemileri için yayımlanmış endüstriyel kusur benchmark puanları: öğretmenler, denetçiler değil

1.1–1.5 yıl

ABD, Tayvan ve Shenzhen'de iki vardiyada bir kobot makine besleme hücresinin geri ödeme süresi

0.003–0.14 FTE

Bir ayıklama robot kolunun SMT hattında vardiya başına tasarruf ettiği iş gücü: maliyetini asla çıkarmaz

Denetim
ROI

Mevcut bir AOI'nin hâlihazırda ürettiği görüntülere uygulanan denetimli derin öğrenme, yanlış çağrıları veya inceleme saatlerini %60–90 oranında azaltır (satıcı iddiaları). Büyük bir EMS şirketi olan DBG, yıllık raporunda kurum içi sisteminin işaretlenen bileşenlerin %95'inden fazlasını, 20 PPM'nin altında kaçak ve %85'ten fazla daha az insan incelemesiyle kapsadığını bildirir; bu, birinci sınıf EMS'ye satış yapmak için bir üçüncü taraf ürünün aşması gereken çıtadır. Hat başına 50.000 RMB ile AI inceleme anakara Çin, Tayvan ve ABD'de bir yıl içinde (Shenzhen 0.65 yıl, Tayvan 0.53, ABD 0.46), kobot makine besleme hücreleri 1.1–1.5 yılda ve Güneydoğu Asya 2–6 yılda maliyetini çıkarır; buna karşılık yalnızca bozuk kartları ayıklamak için bir SMT hattına eklenen bir robot kolu hiçbir yerde maliyetini çıkarmaz, çünkü %90'ın üzerindeki ilk geçiş veriminde ayıklama, vardiya başına bir kişinin yalnızca 0.003–0.14'ünü alır estimate.

Modeller
ROBOTLAR

Çok modlu büyük modeller hâlâ birincil denetçi olamaz. 11 Kasım 2026 itibarıyla amiral gemilerinin hiçbirinin (Claude Fable 5.2, GPT-6.x, Gemini 4, Qwen3.8 ve diğerleri) herhangi bir endüstriyel kusur veya PCB benchmark'ında yayımlanmış bir puanı yoktur ve ACM MM 2026 PCBA yarışmasında 6.600 gerçek hat görüntüsü üzerinde eğitilen ilk beş sistem "kusur var mı" sorusunda yalnızca 77–82 puan almıştır. Frontier modeller ön etiketleme ve önceliklendirme yapabilir. Robot kolları içinse gerçek öğretmenler hâlâ insan gösterimleri, gerçek robot üzerinde pekiştirmeli öğrenme ve simülasyondur: öğrenciler sabitlenmiş, yapılandırılmış istasyonlarda %90–99.4'e ulaşır, ama hareketli konveyörlerde, görülmemiş parçalarda ve yeni ürünlerde yalnızca %30–80'e; bir frontier ajan 108 yarı-statik gerçek robot görevinden 104'ünü, her biri 280 saniyede tamamlamıştır.

Yerinde
DAĞITIM

Temiz, kontrollü tesislerde hava boşluklu dağıtım tamamen pratiktir. Sıradan bir SMT salonu genellikle sınıflandırılmış temiz oda yerine ESD korumalı bir alandır: hatta fansız bir Jetson veya yerli NPU kutusu konur ve sunucu odasına GPU sunucuları konur. NVIDIA'nın kendi ihracat sınıflandırmalarına göre Jetson Thor ve DGX Spark, ABD lisansı olmadan sıradan bir anakara fabrikasına satılabilir; DGX Station satılamaz. Hassasiyet varsayılan olarak 8-bit'tir; satıcının niceleme-bilinçli 4-bit'i koşullarla kullanılabilir; 3-bit ve altı söz konusu değildir.

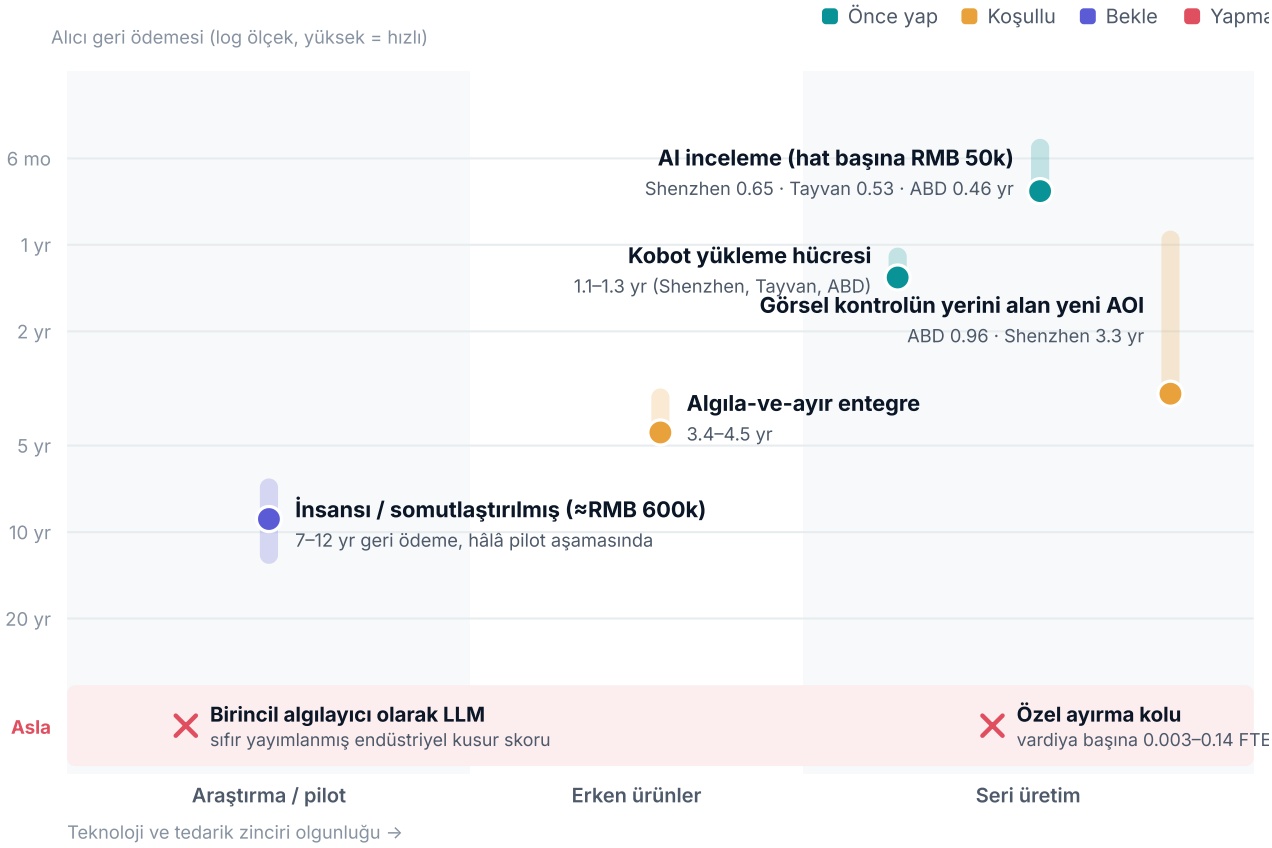
Pazar
REKABET

Pazar gerçek ama sınırlıdır. Anakara Çin'de yaklaşık 35.000–46.000 SMT hattı ve AI çalıştırmayan yaklaşık 26.000–66.000 hat içi AOI vardır; üçüncü taraf yenilemeler için hizmet edilebilir pazar, yaklaşık beş yıllık bir pencere içinde tek seferlik yaklaşık 100–700 milyon RMB'dir ve AOI üreticileri incelemeyi yeni makinelere yerleştirmeye başlamıştır estimate. Rekabet hâlihazırda güçlüdür: inceleme kaması AOI üreticileri, kurum içi EMS ekipleri ve platform satıcıları tarafından kuşatılmıştır ve marj ürünleştirilmiş donanımda yatmaktadır.

Soru	Hüküm	Kilit rakamlar (kaynaklar ve güven düzeyi bölümlerde)
① **Yaygın elektronik tesisleri bugün ne çalıştırıyor?**	Hacimli bir SMT hattı "3D SPI + reflow öncesi ve sonrası AOI'ler + örneklemeli X-ray + ICT/FCT + onarım ve görsel denetim"dir ve her AOI'nin arkasında insan incelemesi vardır. AI incelemeye üç yoldan girer: AOI üreticileri tarafından yerleşik olarak, önde gelen EMS'ler tarafından kurum içinde veya üçüncü taraflarca eklenerek. Montaj ve taşıma; öğrenilmiş algı ve programlanmış hareketle kollar, SCARA'lar ve AMR'ler kullanır; bedenlenmiş AI hâlâ pilot aşamasındadır	Takt ≈13–22 sn/kart; bir ODM 18 hat için 30.6 M RMB AOI bütçeledi, hat başına ≈3–5 AOI; AOI alarmlarının ≈%97–99'u yanlış çağrıdır
② **Teknoloji ne kadar ileri gider, para sıfır insan satın alabilir mi ve her bölge ne kullanabilir?**	Denetim "özel dedektör + AI inceleme + birkaç kişi" olarak endüstriyel düzeydedir; sınırsız para bile sıfır insana ulaşmaz. Anakara yalnızca yerli modelleri veya yerel açık ağırlıkları kullanır; Tayvan'daki özel tesisler neredeyse her şeyi kullanabilir, ama fab'lar ve kritik altyapı pratikte anakara markalarını dışlar; Güneydoğu Asya en az kısıtlıdır; ABD tam yığına sahiptir, artı gümrük vergileri ve sertifikasyon	AI inceleme yanlış çağrıları veya inceleme saatlerini %60–90 azaltır vendor claims ; tüm panel üzerinde bir 4K kamera ≈78 µm/piksel, AOI için 8–20 µm'e karşı; anakara yapımı kollar ≈%40 birleşik ABD vergisi, AOI tipi cihazlar ≈%37.5 öder
③ **Temiz odalarda ve hava boşluklu tesislerde yerinde, hangi donanımda, yeterince hızlı ve doğru çalışabilir mi?**	Evet; kısıtlar prosedürel, hesaplama değil. Hatta ≤100 W fansız bir kutu, sunucu odasında GPU sunucuları; istasyonlar için Thor, tesis Soru-Cevap için bir Mac Studio veya yerli cihaz; anakarada DGX Station yok. Model boyutu göreve uyduğunda hız yeterlidir; 8-bit tutun, satıcının niceleme-bilinçli 4-bit'ini koşullarla kullanın, asla 3-bit kullanmayın	Thor'da 8B görüş modeli için kırpıntı başına ≈0.5 sn estimate ; Çin'de Thor geliştirme kiti 59.104 RMB; DGX Station $123–140 bin, 743B modelde 32 kullanıcı için toplam 139 token/sn
④ **En yeni amiral gemisi düzinelerce tur boyunca öğretmenlik yapıp yerel öğrencilere damıtılabilir mi, esnek üretim ve robot kolları dahil?**	Denetim: ön etiketleme ve önceliklendirme; öğretmen etiketlerini yalnızca altın sette "≥299 kusur, sıfır atlama" olan sınıflar için otomatik kabul edin. Robotlar: öğretmenler hâlâ insan gösterimleri, gerçek robot RL'si ve simülasyondur ve öğrenciler yalnızca yapılandırılmış istasyonlarda üretim düzeyine yaklaşır	Hiçbir Kasım amiral gemisinin endüstriyel kusur puanı yoktur; öğrenciler eğitilen konektörlerde %97.8, görülmemişlerde %29–67, hareketli konveyörlerde %37–59; eklemleri doğrudan süren frontier modeller %0–5.5
⑤ **Maliyeti nedir ve bölgeye göre ROI nedir?**	AI inceleme anakara Çin, Tayvan ve ABD'de bir yıl içinde maliyetini çıkarır; kobot besleme 1.1–1.5 yıl; Güneydoğu Asya 2–6 yıl; SMT hattındaki bir ayıklama kolu asla maliyetini çıkarmaz	Hat başına 50 bin RMB inceleme kutusu: Shenzhen 0.65 yıl, Tayvan 0.53, ABD 0.46, Vietnam 2.2 estimate ; kabul edilebilir üçüncü taraf eklenti fiyatı hat başına ≈10–30 bin RMB tek seferlik veya yılda 5–10 bin RMB

Soru	Hüküm	Kilit rakamlar (kaynaklar ve güven düzeyi bölümlerde)
⑥ **Rakipler zaten yeterince güçlü mü ve şimdi başlamak mı yoksa beklemek mi daha iyi?**	Talep doymuş değil, ama arz kalabalık; OEM AI'sı yenileme penceresini yaklaşık beş yılla sınırlar. Platform satıcılarıyla doğrudan çarpışmadan, kanal ortakları üzerinden dar bir ürünle şimdi girin; bedenlenmiş AI'ya bahis yapmadan önce 2027–2028 üretim verilerini bekleyin	Anakara'da ≈26–66 bin AI'sız hat içi AOI, yılda %8–12 daralıyor **estimate** ; önde gelen AI görüş satıcısının 2025 geliri 1.086 milyar RMB ve net zararı 991 M RMB oldu; en yakın listelenmiş muadilin 3C geliri Ocak–Mayıs 2026'da yıllık bazda %79.9 düştü

FIG 01 **AI bugün fabrika zemininde nereye uyar*AOI yanlış çağrılarının AI incelemesi ve kobot makine besleme olgunlaşmıştır ve hızlı geri öder; özel bir ayırma kolu ve birincil denetçi olarak bir LLM yapmaya değmez.***



Kaynak: Yazarın modelinden geri ödeme (Bölüm 4); olgunluk ekseni yazarın yargısıdır.

Ne inşa edilmeli, ne edilmemeli

	Öneri
İnşa et	Eski veya karışık markalı AOI'lere ve AOI üreticisinden AI yükseltmesi olmayan orta ölçekli EMS için AOI görüntüleri üzerinde AI inceleme ve kusur sınıflandırma; SMT AOI'sinin zayıf kapsadığı denetim (delik içi ve elle lehimleme, konformal kaplama, kablolar, konektörler ve FPC'ler, son görünüm ve vidalar); her parçanın elle taşındığı kobot yükleme/boşaltma hücreleri (test fikstürleri, tepsiler, paketleme), denetim bir eklenti olarak; her iddianın temeli olarak gerçek bir hatta altın set ve gölge modu
İnşa etme	Genel bir "AI artı robot kolu" platformu; birincil denetçi olarak çok modlu bir LLM; yalnızca NG kartları ayıklamak için bir SMT hattında robot kolu (bir NG yönlendirici veya tampon bunu yapar); insansılar ve hizmet olarak robotlar; kontrol döngüsü veya güvenlik işlevi içinde frontier modeller; "tam boyutlu" modelleri çalıştırmak için istasyonlarda GPU bellek yığınları; fab'lara, Tayvan kritik altyapısına veya ABD savunma elektroniği tesislerine doğrudan satış

	Öneri
Kiminle çalışılmalı	AOI üreticileri ve dağıtıcıları (kanal ve görüntü arayüzleri; dağıtıcılar Sinic-Tek'in 2025 gelirinin %46.68'ini getirdi); kobot üreticileri (sertifikalı kollar ve güvenlik işlevleri); 10–40 hatlı EMS şirketleri (kademeli genişleme ve depozitolar); Tayland ve başka yerlerdeki yerel entegratörler (BOI yerel-bağlantı kurallarını karşılamak için)

Bugünkü hat

01 Elektronik fabrikaları bugün ne çalıştırıyor ve teknik olarak ne mümkün

Standart hacim hattı: birkaç AOI, örneklemeli X-ray, merkezi inceleme, kart başına 13–22 saniye

Listelenen ODM'lerin birincil başvuruları, 2025–2026 hacim hattının gerçekte nasıl göründüğünü gösterir. Longcheer'ın Hong Kong izahnamesi (30 Eylül 2025'e kadar veriler) SMT kalite kontrollerini "X-ray inceleme, lehim pastası inceleme (SPI), otomatik optik inceleme (AOI), PCBA fonksiyonel test ve görsel inceleme" olarak listeler; süreç akışı reflow öncesi AOI, reflow sonrası AOI, örneklemeli X-ray, NG kartların bir SMT onarım istasyonuna yönlendirilmesi ve ardından son bir görsel kontrol şeklinde ilerler. Huizhou, Nanchang ve Vietnam tesislerinde 34, 24 ve 8 SMT hattı ile 67, 60 ve 13 son montaj hattı vardır (Longcheer H-share prospectus) single source, primary filing. Huaqin'in 2023 dizüstü bilgisayar tesisi 18 SMT hattını 30.6 milyon RMB AOI bütçesiyle, hat başına yaklaşık 1.7 milyon RMB, planladı; bu, yerli 3D AOI fiyatlarında çift yüzlü kartların reflow öncesi ve sonrası denetimi için hat başına üç ila beş AOI'ye denk gelir (Huaqin A-share prospectus) primary filing + estimate. Bu nedenle bir hacim hattında genellikle bir değil, iki ila dört inceleme noktası bulunur.

Makineler hâlihazırda yüksek düzeyde otomatiktir: Huaqin SMT hatlarında %96 otomasyon bildirir (Huaqin H-share prospectus) single source. Geriye kalan insanlar inceleme, onarım, görsel denetim, test ve son montajdadır ve hiçbir şirket hat başına kaç inceleyici bulundurduğunu yayımlamaz (Bölüm 7).

Üç bağımsız tahmin **kart başına 13–22 saniyelik** bir takt üzerinde hemfikirdir (beş Hebei hattı için 2026 çevre başvurusu (Hebei SMT project EIA), Huaqin'in dizüstü hatları ve bir iFactory vakası), çift yüzlü kartlar için yüz başına 7–11 saniye estimate. Yüksek çeşitlilikli bir hattın zor kısmı hacim değil, yeni ürün tanıtımı ve geçişlerdir ve her geçiş bir AI modeli için yeni bir soğuk başlangıçtır.

Yazılım tarafında AOI üreticilerinin kendi inceleme istasyonları hâlihazırda merkezileşmiştir: Sinic-Tek'in onarım istasyonu yazılımı "tek bir ana bilgisayarın sekiz SMT hattının ekipmanını kontrol etmesine" olanak tanır (Sinic-Tek prospectus) single source, primary, 2022, ve Jabil 2026'da ViTrox V-ONE uzaktan AOI kontrolünü devreye aldıktan sonra bir mühendis 1–2 yerel mühendise karşılık 5–8 AOI'yi uzaktan yönetebilir hale gelmiştir (AtlasPCB) vendor claim. Bir üçüncü taraf AI inceleme ürünü, AOI'nin görüntü ve sonuç dışa aktarımı (IPC-CFX, IPC-HERMES-9852 veya satıcının kendi formatı) üzerinden tam olarak bu merkezi istasyona bağlanır. AOI'lerin kendileri de hızla AI eklemektedir: Yamaha, AI kararının çağrı başına yaklaşık bir saniye sürdüğünü, 30 NG görüntüsünden sonra denetçilere yardımcı olduğunu ve 1.000 görüntüden sonra "çok yüksek" kaliteye ulaştığını söyler (DirectIndustry/Yamaha) vendor claim.

FIG 02 **Bir seri üretim SMT hattı: insanlar AOI'nin arkasında oturur** ***İşgücü, otomatik optik muayeneden sonra inceleme koltuklarında yoğunlaşır. AI oradan girer.***



Kaynak: Kamuya açık dosyalar ve satıcı materyalleri (Huaqin, DBG, Sinic-Tek ve diğerleri); yazar tarafından derlendi.

Aşama	Yaygın ürünler ve teknoloji	Temsilci tedarikçiler	AI ne kadar ilerledi
Baskı sonrası	3D SPI (yapılandırılmış ışık, moiré, bazı lazer üçgenleme)	Koh Young, Sinic-Tek, TRI	Üretimde OEM AI macun kararı; Jutze bazı modellerin “tamamen AI” olduğunu söylüyor
Yerleştirme ve reflow sonrası	Çok açılı, çok renkli LED’ler ve yapılandırılmış ışıkla 2D/3D AOI, piksel başına 8–20 µm, 8–12 MP kameralar	Koh Young, Omron, Saki, TRI, ViTrox, Mirtec, Jutze, Sinic-Tek ve diğerleri	OEM AI inceleme (Jutze üretimde, ViTrox V510Ai, Sinic-Tek Tencent ile); önde gelen EMS’ler kendilerininkini kurar (DBG); üçüncü taraf eklentiler
Alttan uçlu ve gizli bağlantılar	Örneklemeli veya hat içi X-ray (AXI)	—	Hikvision, Guanlan modelinin X-ray boşluklarını zamanın %1’inden azında yanlış değerlendirdiğini iddia eder vendor claim
İnceleme ve onarım	Merkezi inceleme istasyonu (tek ana bilgisayar, sekiz hat), uzaktan inceleme, onarım istasyonu	AOI üreticilerinin yazılımı, ViTrox V-ONE	AI yanlış çağrıları kapatır, kalanı insanlar alır
Görsel denetim, IQC, FQC	Çoğunlukla elle; robot yüklemeli bazı AI görünüm makineleri	SmartMore ve diğerleri	Görünüm makineleri üretimde; IQC/FQC için kamuya açık personel verisi yok
Taşıma ve makine besleme	Altı eksenli kollar ve kobotlar, SCARA, AMR’ler, 2D/3D görüş kılavuzu	FANUC, ABB, Yaskawa, KUKA, UR, Dobot, JAKA, Elite; Mech-Mind, Hikrobot	Üretimde öğrenilmiş algı artı programlanmış hareket; VLA’lar ve insansılar hâlâ pilot aşamasında
Veri ve sistemler	MES, IPC-CFX, IPC-HERMES-9852	—	Sonuçlar MES’e geri yazılır; eski ekipmanlarda destek düzensizdir

Tablonun kaynakları: yukarıdaki başvurular ve (Koh Young, Jutze 2025 annual report, Sinic-Tek 2025 annual report, ViTrox, Sohu on Hengtianyi, Xinhua on Hikvision).

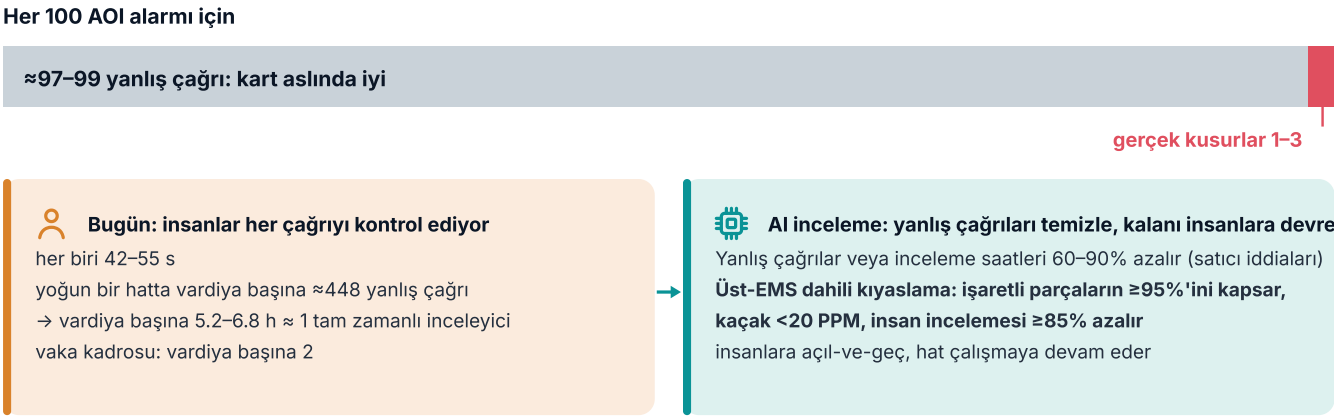
İnsanlar AOI’nin arkasında oturur, çünkü çoğu alarm yanlıştır

Yaygın bir SMT/PCBA hattındaki denetim zinciri şöyle ilerler: baskı sonrası 3D SPI; eksik, yetersiz veya fazla macun, köprülenme ve kayma için; yerleştirme sonrası (isteğe bağlı) ve reflow sonrası AOI; eksik, kaymış, dönmüş, ters veya mezar taşı parçalar ve lehim hacmi için; BGA’lar veya diğer alttan uçlu parçalar olduğunda X-ray; ardından devre içi veya uçan prob testi, fonksiyonel test ve elle görsel denetim. Her AOI’nin arkasında bir inceleme koltuğu ve

bir onarım istasyonu vardır (Sinic-Tek prospectus, JLCPCB) verified. Reflow sonrası AOI en yaygın ve en değerli olandır, ama yalnızca şekil ve alanı görür; bir BGA altındaki bağlantılar, boşluklar ve ıslatma X-ray veya elektriksel test gerektirir (JLCPCB).

İş gücü incelemede oturur çünkü çoğu alarm yanlıştır. Bir İngiliz EMS, 917 parça numarasında 544 gerçek kusura karşı **54.019 yanlış çağrı, alarmların yaklaşık %99'u** kaydetmiştir (arXiv 2505.03576) single source, preprint; Siemens'in Rastatt tesisinde **AOI'nin reddettiği kartların %97.5'i iyiydi** (Siemens case study) vendor claim. Yoğun bir hat vardiya başına, her biri 42–55 saniyede, yaklaşık 448 yanlış çağrı görür; vardiya başına 5.2–6.8 saat, kabaca bir tam zamanlı inceleyici (iFactory) vendor claim; hours are an estimate.

FIG 03 **AOI alarmlarının yaklaşık 97–99%'u yanlış çağrıdır** ***Bugün bir kişi her çağrıyı onaylar; AI incelemesi önce yanlış olanları temizler ve kalanı insanlara devreder.***



Kaynak: Siemens vaka çalışması, iFactory (satıcı iddiası), DBG 2025 yıllık raporu; inceleme saatleri yazar tarafından tahmin edildi.

"Vardiya başına inceleme saati = kartlar × kart başına yanlış çağrı × çağrı başına saniye" formülünden, kural tabanlı bir AOI ile bir inceleyici yaklaşık 0.7–1 hacim hattını kapsayabilir. AI yanlış çağrıların %60–90'ını kaldırdığında, yalnızca karar süresi kişi başına 2–14 hatta izin verir, ama yürüme, NG tampon yönetimi ve onarım devirleri yerel kapsamı iki ila dört bitişik hatla sınırlar; yalnızca merkezi veya uzaktan inceleme teorik tavana yaklaşır estimate; seconds per call come from one source. Yaygın AOI'ler saniyede 60–80 cm² taradığından (Yunheng 2026 AOI guide), 20×15 cm'lik bir yüz 4–5 saniye sürer; AI'nın yalnızca bir takt içindeki birkaç işaretli bölgeyi işlemesi gerekir, kartı yeniden taraması değil.

Üretimde hâlihazırda çalışan şey: AOI'nin kendi görüntüleri üzerinde denetimli sınıflandırma

Kanıtlanmış desen, bir tesisin hâlihazırda sahip olduğu AOI'den gelen görüntüler üzerinde denetimli derin öğrenme sınıflandırmasıdır. Fujitsu'nun Tayvan'da ADLINK'in AOI'sindeki eklentisi yanlış çağrıları **%90'dan fazla** azaltmıştır (Fujitsu case); OKI, kendi EMS işinde AOI sonrası elle onayı yaklaşık **%80** azaltmak için Temmuz 2026'dan beri AI kullanmaktadır (Circuits Assembly); Siemens %60 daha az elle analiz, ilk yılda 160.287 € tasarruf ve sekiz aylık geri ödeme bildirir (Siemens case study) all vendor claims. Bu vakalarda iki şey ortaktır: neredeyse hiçbiri kaçak oranı yayımlamaz ve hepsi insanları kalan alarmlarda tutar. Kaçak rakamı veren tek vaka (%0.8'den %0.3'e, sözleşmedeki %0.5'e karşı) kendi içinde tutarsızdır (iFactory). AI inceleme saatlerini azaltır, inceleme işinin kendisini değil.

AI inceleme, üçüncü taraf eklentilerden OEM özelliklerine ve kurum içi sistemlere taşınmıştır; bu da yeni gelenin neye karşı ölçüldüğünü değiştirir. Jutze'nin 2025 yıllık raporu "3D AOI yükseltmesini" seri üretimde listeler ve "denetim ucunda elle incelemeyi kaldırmak için AI algoritmaları kullandığını" söyler (Jutze 2025 annual report); Sinic-Tek 2019'dan beri "çok modlu AI destekli elle inceleme sistemi" geliştirmiştir ve Tencent ile %99.5+ kusur kapsamı ve %98 tanıma doğruluğu hedefleyen bir üst-alt 3D AOI'yi birlikte geliştirmektedir (Sinic-Tek 2025 annual report) vendor claims in primary filings. Büyük EMS şirketleri kendilerininkini kurar. DBG'nin 2025 yıllık raporu "görsel

denetim için AI kararı"nı, "AOI ile işaretlenen bileşenlerin %95'inden fazlasını kapsayan", "20 PPM'nin altında kaçak oranı" ve "%85'ten fazla daha az elle inceleme" ile tam izlenebilir, tamamlanmış bir proje olarak listeler (DBG 2025 annual report) single source, primary. Bu, kapsam, kaçak ve azaltmayı birlikte veren bulduğum tek elektronik tesisi rakamıdır. **Birinci sınıf EMS'ye satılan bir üçüncü taraf ürün, DBG'nin %95 kapsam, 20 PPM kaçak ve %85 azaltmasına yetişmelidir**; birinci sınıfın altında, kıyas ölçütü satıcıların reklam ettiği %50–85 azaltmadır.

Yalnızca iyi parçalar üzerinde eğitilen anomali tespiti hızlıdır (EfficientAD-S görüntü başına 2.2 ms alır (EfficientAD, WACV 2024)), ama eksik veya yanlış parçalar gibi "mantıksal" anomalilerde zayıftır ve en iyi yöntemler daha zor MVTec AD 2'de ortalama %60'ın altında AU-PRO alır (MVTec AD 2) single source. Eksik ve yanlış parçalar CAD ve BOM'a karşı daha iyi kontrol edilir.

Her maliyette tavan: makine katmanları, çok az insan, ama sıfır değil

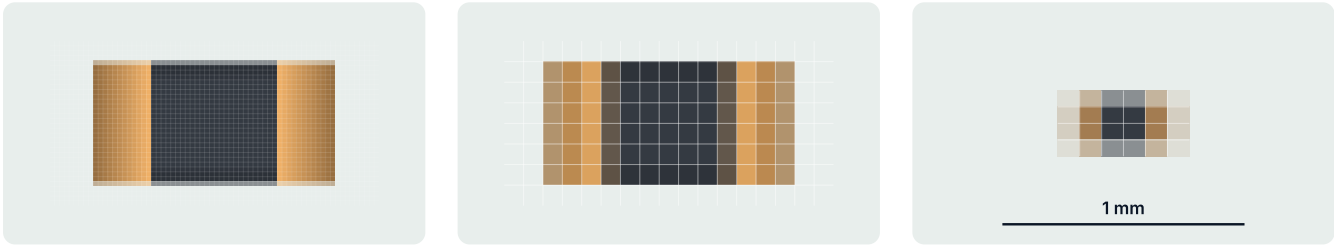
Elle incelemeyi tamamen kaldıran ve sıfır kaçağa ulaşan hiçbir elektronik tesisi bulamadım. IPC-A-610 Sınıf 3 (yüksek güvenilirlik) ürünleri için uygulama, otomatik eşiklerin sınıflandıramadığı sınır çağrılarına eğitimli denetçilerin karar vermesini hâlâ sürdürür ve bir PCB montajcısı "otomatik denetimin insan onayının yerini alabileceğini" "yaygın bir yanlış anlama" olarak adlandırır (PCBCart) single source. İnsan taban çizgisi de düzeltilmeye muhtaçtır: 2012 Sandia çalışmasına atıfta bulunarak, tek bir görsel denetçi en iyi ihtimalle kusurların yaklaşık **%80**'ini, seri halinde iki denetçi yaklaşık %96'sını yakalar (Instrumental) single source, cited by a vendor. Savunulabilir iddia "AI artı küçük bir insan inceleme döngüsü tümüyle elle denetimden iyidir", "AI denetimin yerini alır" değildir.

Bütçe sınırı olmadan tavan, üst üste konmuş 3D SPI, 3D AOI, X-ray, AI inceleme ve AI görünüm istasyonlarıdır; insanlar yalnızca sınır çağrıları, yeni ürünler ve geçişler, yeni kusur türleri ve müşteri onayı için kalır. Amiral gemisi tesisler %85–92 daha az elle denetim bildirir (I-Connect007, 2021, WiAdvance) vendor claims; bütçesiz tavan tahminim, inceleme iş gücünün bugünün %8–15'inde olmasıdır estimate. Son montaj hâlâ emek yoğundur: iPhone 16 düğmelerinin otomasyonu yüksek kusur oranları nedeniyle iptal edilmiştir (9to5Mac) single source.

Genel bir yüksek çözünürlüklü kamera bir AOI değildir

Üretim AOI'leri, 8–12 MP kameralar, programlanabilir çok açılı çok renkli aydınlatma ve yapılandırılmış ışık 3D'si ile karo karo piksel başına 8–20 µm'de görüntüler (Koh Young, Saki) verified. Sektör, bir 01005 parçasının piksel başına 25 µm'de yalnızca yaklaşık 8×16 piksel kapladığını ve güvenilir karar için "muhtemelen yetersiz" olduğunu uzun zaman önce kaydetmiştir (Circuits Assembly, 2007). Aynı aritmetikle estimate, 300 mm'lik bir panel üzerindeki 4K kamera yaklaşık **piksel başına 78 µm** alır: imperial 0402 parça yaklaşık 13×6 pikseldir, varlık ve kaba kayma için yeterli ama bağlantı şekli için değil, ve 01005 yaklaşık 5×3 pikseldir, fiilen görünmez. Tüm panel üzerinde piksel başına 15 µm'ye ulaşmak yaklaşık 330 megapiksel gerektirir; AOI'lerin kart üzerinde kamera gezdirmesinin nedeni budur. Biri "0402" dediğinde hangisini kastettiğini kontrol edin: metrik 0402, imperial 01005'tir, herhangi bir geniş açılı kameranın çok ötesindedir.

FIG 04 **Genel amaçlı bir kamera AOI değildir** ***300 mm panel üzerinde 4K kamera piksel başına yaklaşık 78 µm verir: 0402 parça ≈13×6 piksele küçülür ve 01005 kaybolur.***



AOI: piksel başına 8–20 µm
0402 ≈ 100×50 px

300 mm panel üzerinde 4K kamera: ≈78 µm/px
0402, ≈13×6 px'e küçülür: yalnızca varlık ve kaba kayma için yeterli

Bir 01005 üzerinde aynı kamera
≈5×3 px: fiilen görünmez

Kaynak: Circuits Assembly; yazarın 300 mm panel ve 4K sensör için hesaplaması. Piksel ızgaraları açıklayıcıdır.

Hâlihazırda AOI'lere sahip hatlarda AI için en iyi yer AOI'nin görüntülerinin üzeridir. Yalnızca AOI'si olmayan hatlar veya hat sonu istasyonları, kontrollü aydınlatmalı kapalı bir kamera istasyonunu haklı çıkarır; hat üzerinde açık bir yüksek çözünürlüklü kamera, ortam ışığına ve gölgelere en çok maruz kalandır (CSDN).

Montaj ve taşıma: öğrenilmiş algı artı programlanmış hareket üretimdedir

IFR'nin 2026 raporu "denetim ve robot kılavuzu için makine görüşünün olgun ve endüstriyel düzeyde" olduğunu, "genel amaçlı fiziksel AI'nın ve simülasyondan ve deneyimden öğrenmenin henüz endüstriyel düzeyde olmadığını" söyler (IFR World Robotics 2026 executive summary) single source, primary. Elektronik en büyük robot alıcısıdır (2025'te dünya genelinde 142.235 adet kurulum, Çin'deki tüm kurulumların %59'u (IFR, IFR China release)), yine de Çin'de 10.000 üretim işçisi başına yalnızca 166 robot varken ABD'de 307'dir (IFR, April 2026). Üretimdeki desen öğrenilmiş algı artı deterministik harekettir; uçtan uca öğrenilmiş hareket yalnızca yapılandırılmış istasyonlarda üretim düzeyine yakındır (Bölümler 3 ve 6).

Her bölgenin kullanabilecekleri

Anakara Çin yerli modellere ve yerel ağırlıklara dayanır; Tayvan'da müşterinin kimliği belirler; ABD'de gümrük vergileri ve sertifikasyon belirler.

Öğe	Anakara Çin	Tayvan (özel tesisler)	Güneydoğu Asya	Amerika Birleşik Devletleri
Claude (herhangi bir kanal)	● Mevcut değil	● Koşullu: tedarikçi anakara Çin, Hong Kong veya Makao'daki kişi veya kuruluşlar tarafından çoğunluk hissesine sahip olmamalı veya kontrol edilmemelidir	● Aynı	● Aynı
GPT ve Gemini bulut	● Mevcut değil	● Mevcut	● Mevcut (listeler ülke ülke kontrol edilmedi)	● Mevcut
Çin bulut modelleri (Qwen, DeepSeek, Doubao, GLM, Kimi)	● Mevcut (kayıtlı modeller; hizmet sunmak kayıt gerektirir)	● Yasal, ama anakara barındırma müşteri güvenlik incelemesinden nadiren geçer; kamu sektöründe, devlet işletmelerinde ve kritik altyapıda yasak	● Yasal (uluslararası düğümler)	● Yasal, sıkı inceleme

Öğe	Anakara Çin	Tayvan (özel tesisler)	Güneydoğu Asya	Amerika Birleşik Devletleri
Çin kökenli yerel açık ağırlıklar (Qwen, GLM, DeepSeek)	● İlk tercih; özel tesis içi dağıtım model veya algoritma kaydı gerektirmez (hukuk bürosu okuması)	● Mevcut (kamu sektörü kısıtlı)	● Mevcut	● Koşullu: köken incelemesi
Çin dışı kökenli yerel açık ağırlıklar (örn. Gemma 4)	● Mevcut	● Mevcut	● Mevcut	● Mevcut
Klasik üretken olmayan görüş modelleri	● Mevcut (üretken AI kurallarının dışında)	● Mevcut	● Mevcut	● Mevcut
Jetson Thor/T5000/T4000, DGX Spark	● Mevcut: NVIDIA bunları 5A992.c olarak sınıflandırır, sıradan sivil bir tesis için ABD lisansı gerekmez; Spark'ın bir Çin SKU'su vardır; kanal fiyatları ABD listesinin yaklaşık %40–60 üzerinde	● Mevcut	● Mevcut	● Mevcut
RTX 5090, RTX PRO 6000, DGX Station	● Mevcut değil: ilk ikisi 4A090.a, DGX Station 5A992.z; yasal alternatifler 4090D, 5090 D V2, RTX PRO 5000 72GB, RTX 6000D, L20 (4A994.l)	● Mevcut	● Mevcut, ama merkezi Çin'de olan veya nihai olarak Çin'den sahiplenilen alıcılar Çinli sayılır; Malezya ihracat ve aktarma için izin gerektirir	● Mevcut
Mac Studio M5 Ultra 512 GB	● Mevcut (Apple Çin mağazası)	● Mevcut	● Muhtemelen mevcut	● Mevcut
Huawei Ascend ve diğer Çin hızlandırıcıları	● Mevcut	● Yüksek risk	● Yüksek risk	● Pratikte kullanılamaz
Anakara yapımı sabit kollar, AOI'ler, endüstriyel kameralar	● Mevcut	● İthal edilebilir; 1 Aralık 2025'ten beri yetkililer anakara markalarına doğrudan müdahale edebilir ve kurumlar, devlet işletmeleri, belirli vakıflar ve kritik altyapı sağlayıcıları bunları kullanmaktan kısıtlanabilir veya men edilebilir	● Mevcut	● Yasal, ama kollarda birleşik vergi yaklaşık %40, AOI tipi cihazlarda ve kameralarda %37.5, uç bilgisayarlarda %25
Yabancı yapımı AMR'ler ve mobil manipülatörler	● Mevcut	● Mevcut	● Mevcut	● Yeni modeller ABD Savaş Bakanlığı'ndan koşullu onay gerektirir
Hikvision ve Dahua kameraları	● Mevcut	● Özel kullanıma izinli, kamu sektöründe yasak	● Mevcut	● Yeni FCC yetkileri engellenir; federal yükleniciler için yasak
Robot güvenliği ve sertifikasyon	● GB 11291.1-2011 ve GB 11291.2-2013 zorunlu, Nisan 2026'dan beri revizyonda; CR sertifikası gönüllü; GB/T 39404-2026 denetleyici siber güvenliğini kapsar	● Varsayılan olarak çitli; çitsiz iş birliği CNS 14490 veya ISO 10218'i yazılı bir değerlendirmeyle karşılamalıdır	● Müşteriye ve ihracat hedefine göre, sevkiyattan önce yazılı olarak teyit edilir	● Elektrikli ekipman "onaylı" olmalıdır (pratikte bir NRTL işareti veya saha değerlendirmesi); UL 1740, 11 Ağustos 2025'ten beri robot hücrelerinin ISO 10218-2'yi karşılamasını gerektirir

Öğe	Anakara Çin	Tayvan (özel tesisler)	Güneydoğu Asya	Amerika Birleşik Devletleri
Fab'lar ve kontrollü ürün tesisleri	—	● TSMC'nin satın alma sözleşmeleri SEMI E187 gerektirir; anakara ekipmanı 2 nm fab'lardan kaldırılıyor	—	● ITAR teknik verisi "fotoğrafları" içerir; Çin için ret politikası; anakara kontrollü tedarikçiler pratikte savunma elektroniği tesislerine hizmet edemez

Tablonun kaynakları: (Anthropic supported regions, OpenAI supported countries, Gemini availability, CAC interim measures on generative AI, NVIDIA export classification data, eCFR 15 CFR 774, NVIDIA China DGX Spark, Apple China, Covington on new BIS rules, Greenberg Traurig, June 2026, Fulcrum, Tom's Hardware on Ascend guidance, Taiwan BOFT import list, Taiwan Cyber Security Management Act history, Taiwan review rules for products endangering national cybersecurity, Taipei Times, USITC HTS chapter 99, Latham & Watkins, IPVM, China national standards platform, GB 11291.2, Intertek UL 1740 update, eCFR 22 CFR 126.1).

Anakara Çin: eksiksiz bir yığın, ama ne kapalı frontier modeller ne de en güçlü tek makineler girebilir. Kayıtlı yerli bulut modelleri, yerel açık ağırlıklar (Apache-2.0 altında Qwen, MIT altında GLM ve DeepSeek), klasik görüş modelleri ve yerli AOI'ler, kameralar ve kobotların tümü kullanılabilir. NVIDIA'nın kendi ihracat sınıflandırmaları Jetson AGX Thor kitini, T5000/T4000 modüllerini ve DGX Spark'ı 5A992.c olarak listeler; böylece sıradan bir EMS veya PCBA tesisi ABD lisansına ihtiyaç duymazken RTX 5090 ve RTX PRO 6000 (4A090.a) ile DGX Station (5A992.z, TPP 58.484) anakarada satın alınamaz (NVIDIA export classifications, eCFR) primary; the legal reading is mine and not legal advice. RS China, Thor kitini vergi dahil 59.104 RMB'den listeler, ABD liste fiyatının yaklaşık 1.4 katı (RS China).

Dört hukuk bürosu, tesisin kendi kullanımı için özel tesis içi dağıtımın model veya algoritma kaydı gerektirmediğini, barındırılan çok kiracılı bir hizmetin ise gri bir bölgede kaldığını kabul eder (Covington, FPF, JunHe) verified: consistent readings, no official ruling. GB 11291.1-2011 ve GB 11291.2-2013 zorunlu robot güvenliği taban çizgisi olarak kalır ve 28 Nisan 2026'dan beri revizyondadır; denetleyici siber güvenliği hakkındaki GB/T 39404-2026, 1 Kasım 2026'da yürürlüğe girmiştir (revision plan 20262542, GB/T 39404-2026) single source, primary. Yeni GB 11291 gelene kadar (2028–2029 estimate), ISO 10218:2025'e göre tasarlayın ve GB 11291 uyumluluk dosyalarını saklayın.

Tayvan: özel tesisler neredeyse her şeyi kullanabilir; müşterinin kimliği belirler. Frontier API'ler, açık ağırlıklar ve anakara ekipmanı tümüyle yasaldır (data.gov.tw). Ancak değiştirilen Siber Güvenlik Yönetimi Yasası **1 Aralık 2025**'te yürürlüğe girdiğinden beri yetkililer "anakara markası" ürünlere doğrudan müdahale edebilir ve bunları devlet kurumlarında, devlet işletmelerinde ve kritik altyapı sağlayıcılarında kısıtlayabilir (Laws & Regulations Database, review rules) verified; kritik altyapı sağlayıcılarının listesi gizlidir; ve TSMC, SEMI E187'yi satın alma sözleşmelerine yazmıştır (CNA) ve anakara ekipmanını 2 nm fab'larından kaldırdığı bildirilmektedir (TrendForce) single source. Özel EMS, montaj ve küçük PCBA tesisleri açıktır; fab'lar, park tesisleri ve hükümet bağlantılı müşteriler pratikte kapalıdır. Anakara kontrollü bir tedarikçi E187'ye göre tasarlamalı, bir yazılım malzeme listesi göndermeli, çevrimdışı güncellemeler sunmalı ve anakaradan asla uzaktan bağlanmamalıdır.

Güneydoğu Asya: en az kısıtlama; sorunlar yavaş geri ödeme ve Çinli ana şirketlerdir. Her şey kullanılabilir, ama 31 Mayıs 2026 tarihli ABD rehberliği, alıcı üçüncü bir ülkede olsa bile merkezi Çin'de olan veya nihai olarak Çin'den sahiplenilen kuruluşlara ileri bilgi işlem öğelerinin ihracı için lisans gerektirir (Greenberg Traurig) single source, ve Malezya'nın ileri çipler için kendi izinleri vardır (Fulcrum). Talep buraya taşınıyor: TrendForce, Tayland, Vietnam ve Malezya'nın 2026'da sunucu-ODM SMT kapasitesinin %50'sine yaklaşmasını bekliyordu (TrendForce) single source, a 2023 forecast.

Amerika Birleşik Devletleri: gümrük vergileri, sertifikasyon ve kontrollü veri bedeliyle tam yığın. ABD tarife cetvelinin 99. bölümüne göre anakara yapımı bir robot kolu yaklaşık %40 birleşik vergi, AOI tipi cihazlar ve kameralar yaklaşık %37.5 ve uç bilgisayarlar %25 öder; Malezya veya Endonezya yapımı yaklaşık %10–12.5, Vietnam, Tayland veya Filipinler %12.5–15, Tayvan %10, anakara dışında bilgisayarlar %0 (USITC HTS chapter 99, Great Lakes Customs Law) primary schedule + estimate. USTR'nin 10 Kasım bildirisi 178 eski Section 301 muafiyetini 9 Ocak 2027'ye uzattı, hiçbiri robotları, denetim cihazlarını, kameraları veya bilgisayarları kapsamaz (Federal Register 2026-22925) verified.

OSHA, iş yeri elektrikli ekipmanının “onaylı” olmasını (pratikte bir NRTL işareti veya hücre başına yaklaşık 3.000 ila 20.000+ $ saha değerlendirmesi) gerektirir ve 11 Ağustos 2025’ten beri UL 1740 tüm robot hücrelerini ISO 10218-2 kapsamına alır (eCFR 1910.399, Intertek, Industrial Monitor Direct). Savunma elektroniği pratikte anakara kontrollü tedarikçilere kapalıdır: ITAR, üretim fotoğraflarını teknik veri olarak ele alır ve Çin’e ret politikası uygular (eCFR 22 CFR 120.33, eCFR 22 CFR 126.1). ABD’ye giden bir hücre sabit bir kol, kısıtlanmamış kameralar ve yerel veya ABD-bulut modelleri kullanmalı, son montajı kökeni gerçekten değiştiren Güneydoğu Asya’da yapmalıdır.

Her bütçede tavan bölgeye göre farklıdır ama hiçbir yerde sıfır insana ulaşmaz estimate. Anakara, yerli 3D SPI, 3D AOI, X-ray, AI inceleme ve kurum içi bir AI ekibi yığarak inceleme iş gücünü %8–15’e indirebilir, ama kapalı frontier modeller veya DGX Station olmadan tesis geneli LLM Soru-Cevap yerel açık ağırlıklar ve yerli hesaplama üzerinde çalışmak zorundadır (birçok kullanıcı için tam boyutlu bir model en az iki adet sekiz kartlı Ascend sunucusu gerektirir). Tayvan ve Güneydoğu Asya, frontier API’ler ve DGX Station dahil her şeyin en iyisini teknik olarak kullanabilir; müşteri kimliği, anakara markaları ve Çinli-ana şirket lisanslamasıyla sınırlıdır. ABD’nin teknik sınırı yoktur, bedeli gümrük vergileri, NRTL sertifikası ve kontrollü veri için personel ayrımıdır. Her yerde insanlar sınır çağrıları, yeni ürünler ve geçişler, yeni kusur türleri ve müşteri onayı için kalır.

Bu nedenle bölgeler arası satılan bir ürün iki model yığını gerektirir: kayıtlı yerli modeller veya yerel açık ağırlıklar üzerinde bir anakara yığını ve frontier API’ler artı Çin dışı kökenli yerel bir model üzerinde bir denizaşırı yığın. Anthropic’in 12 Kasım 2026’da yürürlüğe giren politikası sahiplik ve kontrole göre hüküm verir; böylece anakara kontrollü bir tedarikçi, denizaşırı bir iştirak, bulut platformu veya satıcı üzerinden bile Claude üzerinde inşa edemez (Anthropic) single source, primary.

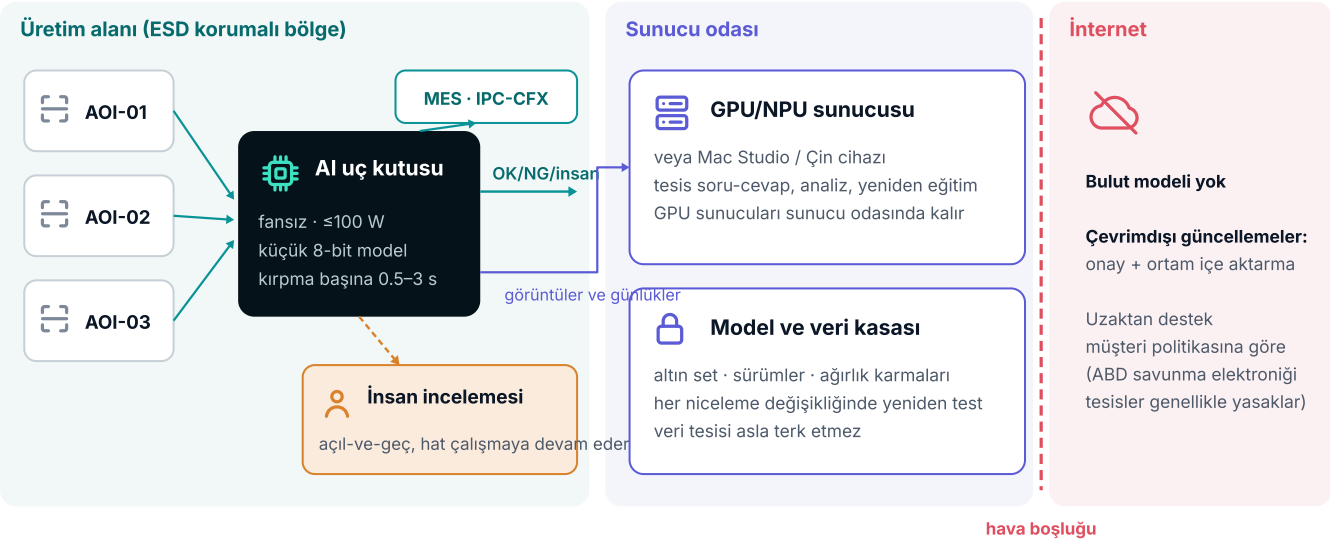
Yerinde dağıtım

02 AI'yi tesisin içinde çalıştırmak: temiz odalar, hava boşlukları, donanım ve niceleme

Hava boşluklu bir tesiste kısıt süreçtir, hesaplama değil

Tamamen çevrimdışı görüş denetimi rutindir; kısıtlar prosedüreldir. Çin'in endüstriyel kontrol sistemi güvenliği hakkındaki 2024 MIIT rehberi bölgelere ayırma, güvenlik duvarları veya veri diyotları, denetlenen zaman sınırlı uzaktan bakım, taranan medya ve test edilmiş yamalar ister (guide text) single source; yarı iletken müşterileri, TSMC'nin 2023'te satın alma sözleşmelerine yazdığı SEMI E187 ve E188'i ekler (SEMI, TXOne) verified. Sonuçlar IPC-CFX üzerinden MES'e geri gider ve kart kimliği IPC-HERMES-9852 üzerinden taşınır (Hermes standard). Yaygın tuzak, bir ağ varsayan lisanslamadır: Roboflow'un çevrimdışı modu ağırlıkları 30 günlük bir kiralama üzerinde önbelleğe alır (Roboflow). Çevrimdışı bir ürün; çevrimdışı etkinleştirme, taranan medyada imzalı güncellemeler, bir yazılım malzeme listesi, USB kontrolü, yerel denetim günlükleri ve bir CFX bağdaştırıcısı gerektirir.

FIG 05 **Hava boşluklu bir dağıtım** ***Hattaki küçük bir kutu karar verir; sunucu odası soruları yanıtlar; arızalar insanlara döner ve veri tesisi asla terk etmez.***



Kaynak: Yazarın sentezi (Bölüm 2).

Kapalı frontier modeller pratikte bir tesisin sunucu odasına girmez. Gemini yalnızca hükümetler ve büyük kuruluşlar için Google Distributed Cloud üzerinden hava boşluklu olarak sunulur (Google Cloud); Microsoft'un Foundry Local'i büyük modelleri yalnızca "nitelikli müşterilere" açar ve hiçbir GPT modeli adını vermez (Microsoft); Claude yalnızca bulut hükümet bölgelerinde sunulur, yerinde dağıtımı yoktur (Claude for government); üçünden hiçbiri anakara Çin'de sunulmaz. Tesis ekipmanı açık ağırlıklar etrafında tasarlanmalıdır; frontier modeller en fazla, müşteri anonimleştirilmiş görüntülerin çıkmasına izin verdiğinde, genel merkezde çevrimdışı olarak görüntüleri etiketleyebilir veya açıklayabilir.

Sunucu odası donanımı ofis sınıfı olarak ele alınmalıdır: Mac Studio 10–35 °C ve DGX Spark 5–30 °C için derecelendirilmiştir, sürekli çıkarım altında termal kapanma raporları vardır (Apple, NVIDIA forum) verified. Hat, −25 ila 60 °C için derecelendirilmiş bir Jetson T4000 endüstriyel PC gibi fansız endüstriyel kutular alır (AAEON) vendor

claim . Bir saatlik kesinti büyük bir tesise 36.000 ila 2.3 milyon $'a mal olduğundan (Siemens True Cost of Downtime 2024) vendor survey , hattaki her AI adımı **açık hata vermelidir**: herhangi bir arızada mevcut AOI-artı-insan sürecine geri düşmelidir.

Temiz ve ESD bölgeleri: sıradan bir SMT salonu ESD korumalı alandır, sınıflandırılmış temiz oda değil

Hesaplamanın nereye oturabileceğini sınırlayan şey statik ve hava akışıdır, temizlik sınıfı değil. Çoğu SMT montaj alanı "resmî olarak parçacık kontrollü değildir" ve dünya standartlarındaki tesisler "ISO 8'e ulaşabilir veya yaklaşabilir" (Circuitnet expert panel) single source . Medikal PCBA ve kamera modülleri tipik olarak ISO 7'de, çıplak kalıp ve optik hizalama yerel ISO 5–6'da bulunur (PCBSync) single source ; temiz oda yapımcıları genel olarak SMT için ISO 7–8 önerir (Angstrom Technology) vendor claim .

Evrensel gereklilik ESD kontrolüdür: ANSI/ESD S20.20-2021, yalıtılmış iletkenlerin 35 V altında olmasını ve güçlü alan yalıtkanlarının hassas cihazlardan en az 30 cm uzakta tutulmasını gerektirir (ANSI, ESDA, Desco) verified . Fab'lar hesaplamayı alt-fab'a veya veri merkezine, SEMI S2/S8/F47'yi karşılayan sıvı soğutmalı raflara koyar (Prodrive) vendor claim .

Ekipmanın temiz bir alana girip giremeyeceği, ISO 14644-14 kapsamında parçacık emisyonu için test edilir; robotlar bu tür sertifikalara sahiptir (Fraunhofer IPA), ama ben bunlara sahip hiçbir endüstriyel PC, uç AI kutusu veya GPU sunucusu bulamadım. CE, FCC ve IEC 60068, bir kutunun ortamına dayandığını gösterir; ESD korumalı bir alana girebileceğini değil; bunu müşterinin ESD koordinatörü kontrol eder. GPU sunucuları asla hatta girmez: bir DGX Station testte GPU'da 1.292 W çekmiştir (StorageReview).

FIG 06 **Temiz ve ESD bölgeleri hesaplamanın nereye oturacağını belirler** ***Sıradan bir SMT alanı temiz oda değil, ESD korumalı bir bölgedir. GPU ve NPU sunucuları sunucu odasına aittir.***



Kaynak: ANSI/ESD S20.20, IEC 61340-5-1, ISO 14644, SEMI standartları ve satıcı materyalleri; yazar tarafından derlendi.

Bölge	Tipik ortam	Hattaki hesaplama	GPU/NPU sunucuları
Sıradan SMT/PCBA salonu (tüketici, endüstriyel)	S20.20 veya IEC 61340-5-1 kapsamında ESD korumalı alan, genellikle sınıflandırılmış temiz oda değil (≈ISO 8 eşdeğeri); %40–60 RH	AOI veya inceleme koltuğunun yanında topraklanmış metal bir kasadaki fansız kutu (Jetson T4000/Thor, Çin NPU kutusu); plastik monitörler ve gövdeler alan dışında veya kartlardan ≥30 cm uzakta	Sunucu odası veya klimalı BT rafı

Bölge	Tipik ortam	Hattaki hesaplama	GPU/NPU sunucuları
Medikal, kamera modülleri, EV elektroniği (ISO 7–8 temiz oda)	Temiz oda artı ESD koruması	Fansız, IP65/66 sızdırmaz, pürüzsüz ve silinmesi kolay; ISO 14644-14 verisi veya bir IPA sertifikası isteyin	Temiz odanın dışında, ağla içeri bağlı
Çıplak kalıp, tel bağlama, optik istasyonlar (yerel ISO 5–6)	Mini-ortam	İçeride yalnızca kameralar ve ışıklar; hesaplama kutusu dışarıda	Sunucu odası
Fab temiz oda (ISO 5 ve daha temiz)	Fab'a özgü ESD ve elektrostatik çekim planları, ekipman SEMI E78'e; siber güvenlik SEMI E187/E188'e	Yalnızca aletle entegre, fab kalifiye denetleyiciler; fanlı ek PC yok	Alt-fab sıvı soğutmalı raflar veya fab veri merkezi

Tablo, yukarıdaki kaynakların benim sentezimdir estimate. Bir ürün için bu, yaklaşık 100 W altında fansız bir hat tarafı kutusu, koruyucu toprağa bağlanmış metal bir kasa, 12–24 V DC giriş, gerçek kabin hava akışında geniş sıcaklıkta çalışma ve ISO 7 ve daha temiz müşteriler için hazır bir ISO 14644-14 parçacık emisyon raporu anlamına gelir. "Bir GPU sunucusunun dört hatta hizmet ettiği" herhangi bir tasarım, sunucuyu sunucu odasına koyar ve hatta yalnızca küçük bir kutu veya bir kamera bırakır.

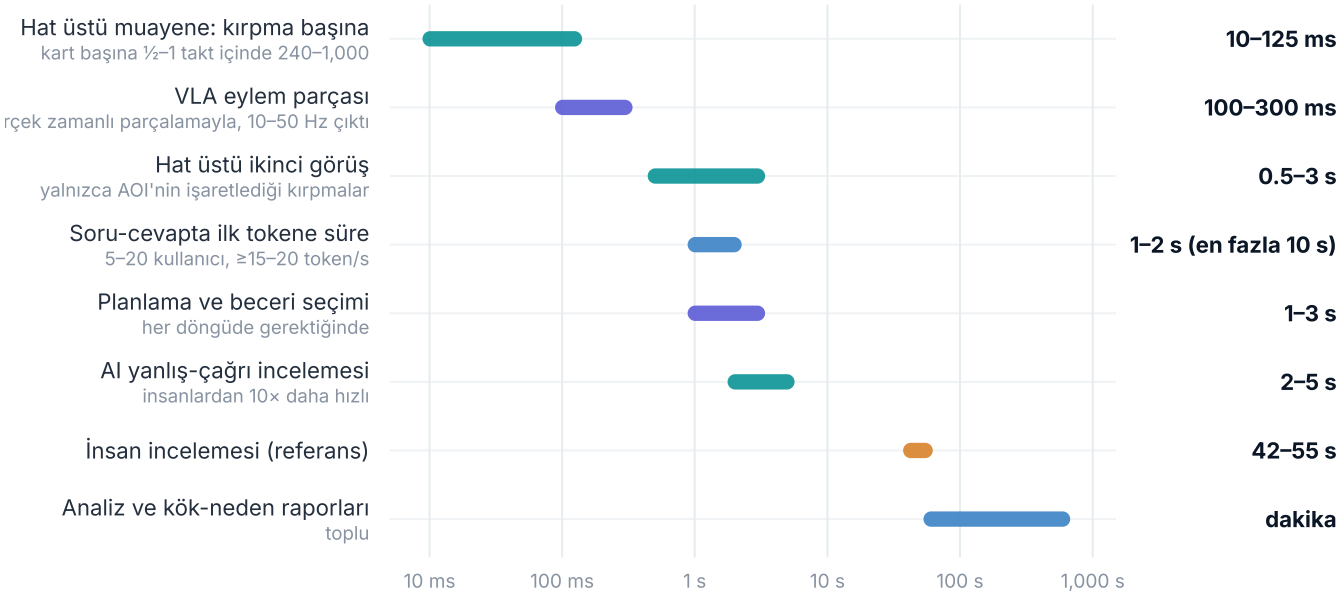
Kullanıma göre hız sınırları: doğruluk hızdan daha zordur

Tesisler ve satıcılar neredeyse hiçbir zaman AI gecikme veya kullanılabilirlik hedefi yayımlamaz. Aşağıdaki eşikler takt, insan inceleme süresi, robot kontrol oranları ve etkileşim araştırmasından türetilmiştir estimate:

Kullanım	Hız sınırı	Doğruluk sınırı	Kullanılabilirlik
Her parçanın hat içi denetimi	½–1 takt içinde: 10–30 sn taktte 240–1.000 kırpıntı, saniyede 8–100 kırpıntı	Kaçaklar bugünün "AOI artı insan"dan kötü değil (sözleşme örneği <%0.5)	Açık hata ver, hattı asla durdurma; hedef ≥%99.9 (kamu SLA'sı yok)
Yalnızca AOI ile işaretlenmiş kırpıntılarda hat içi ikinci görüş	½ takt içinde işaretler (genellikle kart başına ≤5–20): kırpıntı başına 0.5–3 sn	Aynı; hattın kendi görüntüleri üzerinde eğitilmiş	İnsan incelemesine geri düşer
Yanlış çağrıların AI incelemesi	Çağrı başına 2–5 sn, bir kişinin 42–55 sn'sinden on kattan fazla hızlı	Kaçaklar bir insan inceleyiciden kötü değil	Bozulma insan ekler, hattı asla durdurmaz
Robot kontrolü (VLA)	Gerçek zamanlı parçalamayla eylem parçası başına 100–300 ms, 10–50 Hz çıktı	Programlanmış hareketi geçmek için ≥%99 görev başarısı	Güvenlik sistemi modelden bağımsız
Robot planlama ve beceri seçimi	Her döngüde gerektiğinde 1–3 sn; yalnızca istisnalar veya geçişlerde ≤1 dk	Çıktı doğrulanabilir kod veya bir beceri kimliği olmalı	Sabit programa geri düşer
Soru-Cevap (SOP'ler, MES sorguları)	İlk token ideal olarak ≤1–2 sn, en fazla 10 sn; kullanıcı başına ≥15–20 token/sn; 5–20 eşzamanlı kullanıcı	Doğru atıflar; uzun bağlamda sadık	Ofis-BT sınıfı (≈%99–99.5)
Analiz ve kök neden raporları	Dakikalar uygundur (toplu)	En yüksek; uzun bağlamda sadık	Ofis-BT sınıfı

Physical Intelligence, 3B sınıfı bir VLA için 97 ms çıkarım ölçmüş (ağ ve ön işlemeyle yaklaşık 108–139 ms), gerçek zamanlı parçalamanın 200 ms'ye kadar ek gecikmede verimi değiştirmediğini bulmuş ve kibrit yakma veya ağ kablosu takma gibi ince görevleri 300 ms'den fazla sürede tamamlamıştır (Physical Intelligence) vendor research; etkileşim araştırması, düşünce zincirini sürdürme sınırını bir saniyeye ve dikkati ona koyar (NN/g). Doğruluk zor kısımdır: açık Qwen3-VL-8B, beş endüstriyel anomali veri setinde yalnızca 56.8 sıfır-atış ortalaması alır (IndusAgent) single source. Hattın kendi görüntüleri üzerinde ayarlanmamış bir görü-dil modelini hiçbir donanım kurtaramaz.

FIG 07 **Kullanıma göre hız sınırları** ***Hat üstü muayene milisaniye, soru-cevap saniye, analiz dakika cinsinden ölçülür. İnsanlar çağrı başına 42–55 s alır.***



Kaynak: Yazarın sentezi (Bölüm 1–2).

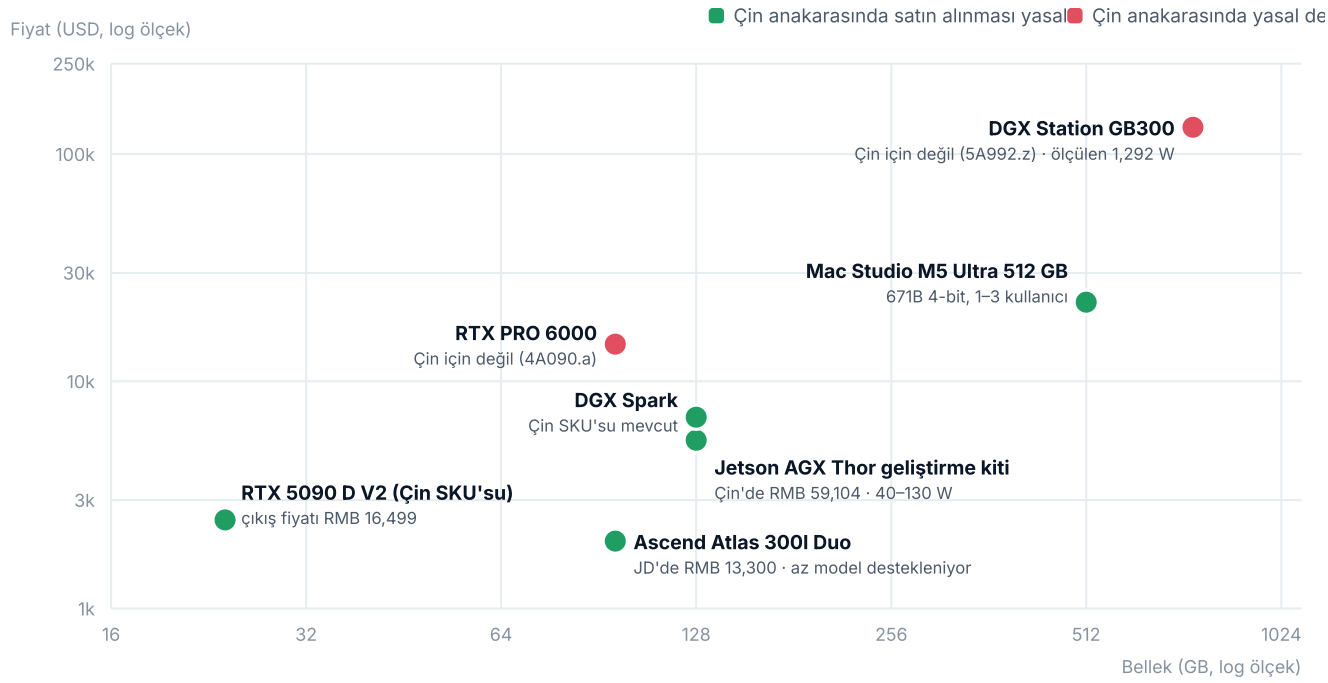
Donanım: istasyon için Thor, tesis Soru-Cevap için bir Mac Studio veya yerli cihaz ve anakarada DGX Station yok

Cihaz	Bellek ve bant genişliği	Fiyat (Kasım 2026)	Ne için iyi	Anakara Çin
Jetson AGX Thor geliştirme kiti / T5000 / T4000	128 GB LPDDR5X, 273 GB/sn; 40–130 W	Lansmanda $3.499 → $5.499 (Temmuz 2026); T5000 $4.999, T4000 $2.999; RS China geliştirme kiti vergi dahil 59.104 RMB	Kırpıntıları yeniden kontrol eden 2–8B görüş modelleri; gerçek zamanlı 3B sınıfı VLA'lar	● Evet (5A992.c, sivil tesisler için lisans yok)
DGX Spark	128 GB, 273 GB/sn	$3.999 → $4.699 → $6.950; aynı çipli ASUS GX10 Çin modeli JD'de 32.999 RMB (Ekim 2025)	Çok kullanıcılı 8–35B MoE	● Evet (5A992.c, Çin modeli, yetkili kanallar)
RTX PRO 6000	96 GB GDDR7	≈$8.565 → $13.250 (Haziran 2026) → ≈$16.005 Kasım'da ortalama eBay ilanı	Çok kullanıcılı 27–35B FP8; 4-bit'te 120B sınıfı MoE	● Hayır (4A090.a)
Mac Studio M5 Ultra 512 GB	512 GB birleşik, 1.2 TB/sn; 480 W maksimum sürekli	ABD'de $22.299'dan; Çin'de tahmini ≈173–186 bin RMB	1–3 kullanıcı için 4-bit'te DeepSeek 671B	● Evet
DGX Station GB300	748 GB (7.1 TB/sn'de 252 GB HBM3e + 396 GB/sn'de 496 GB LPDDR5X); GPU'da 1.292 W ölçüldü	Kasım'da sokak fiyatı $123–140 bin (vergi öncesi ≈830–940 bin RMB); Ağustos'ta $95–117 bin	HBM'e sığan 120–235B MoE'de yüksek eşzamanlılık; 433–743B modellerde yalnızca birkaç kullanıcı	● Hayır (5A992.z, TPP 58.484)

Cihaz	Bellek ve bant genişliği	Fiyat (Kasım 2026)	Ne için iyi	Anakara Çin
Huawei Atlas 300I Duo	96 GB LPDDR4X, 408 GB/sn	Bir JD satıcısından 13.300 RMB	Düşük hacimli toplu inceleme; az sayıda desteklenen model	Evet (yerli)
Huawei Atlas 800I A2 (8 × Ascend 910B 64 GB)	8 × 64 GB HBM	Alınamadı; tam DeepSeek W8A8'de iki, BF16'da dört gerektirir	Tesis geneli çok kullanıcılı Soru-Cevap ve analiz	Evet (yerli)
RTX 5090 D V2 (Çin modeli)	24 GB	Lansmanda 16.499 RMB (Ağustos 2025), bellek fiyatlarıyla arttı	8B görüş modelleri, küçük VLA'lar	Evet

Kaynaklar: (NVIDIA China Thor, NVIDIA Thor launch, CNX on price rises, NVIDIA export classification data, RS China, Implicator, IThome on ASUS GX10, Tom's Hardware RTX PRO 6000, GPU Poet, Apple specifications, TechRadar, IThome on M5 Ultra China pricing, Wccftech, StorageReview, CyberPowerPC, monitors.com, Tom's Hardware DGX Station, vLLM-Ascend support matrix, China Telecom Cloud, Huawei Atlas 800I A2, TweakTown). 512 GB Mac Studio için anakara fiyatları ABD yapılandırma primlerinden ekstrapole edilmiştir ve düşük güvenilirliklidir estimate .

FIG 08 **Şirket içi hesaplama: bellek, fiyat ve Çin anakarasında yasal olarak satın alınabilenler** ***İhracat sınıflandırmaları, kıyaslama testlerinden önce kısa listeyi belirler.***



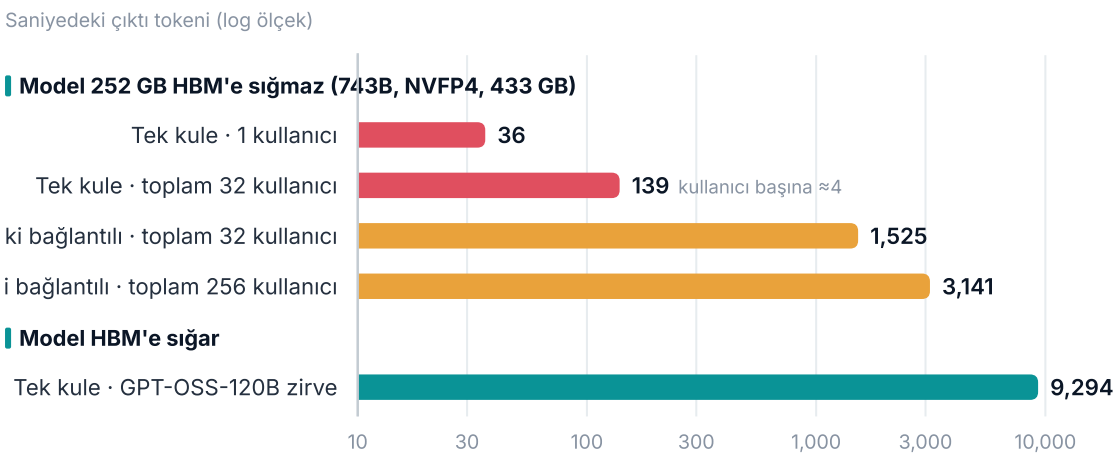
Kaynak: NVIDIA ihracat sınıflandırmaları, Apple, RS China, JD.com ve inceleme fiyatları (Kasım 2026).

Jetson Thor istasyon düzeyinde dağıtımı çalışır hale getirir. NVIDIA'nın TensorRT Edge-LLM testleri Qwen3-VL-8B'nin (NVFP4) Thor'da 2.048 tokenı 104.5 ms'de ön doldurduğunu ve 44.4 token/sn çözdüğünü gösterir (TensorRT Edge-LLM) vendor claim ; bir AOI kırpıntısı ve 20 tokenlık bir yanıt için bu, 8B modelle yaklaşık 0.5 sn ve 2B ile 0.2 sn'dir, veya toplu olarak saniyede 8.5–21 kırpıntı estimate . Gecikmeyi parametre sayısı değil çıktı uzunluğu belirler; bu nedenle bir sınıf tokenına veya kısa JSON'a kısıtlı çözümleme tasarımın parçasıdır. GR00T N1.7 (3B) Thor'da 25.1 Hz'de çalışır (Jetson AI Lab) vendor claim . Bir Orin NX kırpıntı başına yaklaşık 1.8 sn alır ve bir Atlas 300I Duo'nun p95'i 23 sn'nin üzerindedir, yalnızca toplu iş için uygundur (CSDN) single source . Anakarada NVIDIA ürünlerini ABD liste fiyatının %40–60 üzerinde bütçeleyin estimate .

512 GB Mac Studio, birkaç kullanıcı için tek makinede tam boyutlu bir modeli mümkün kılar. M5 Ultra (Ağustos 2026), 1.2 TB/sn'de 512 GB'a kadar, yaklaşık $22.299'dan sunar (Apple, TechRadar); 4-bit'te DeepSeek 671B (≈380–404 GB) bir M3 Ultra'da 17–20 token/sn çözer (Pinggy) verified ve M5 Ultra'da tahmini 25–29. Uzun istemler zayıf noktadır: 10.000 tokenlık bir erişim istemi kabaca 17–70 sn sürer estimate , 10 saniyelik etkileşim sınırının ötesinde.

DGX Station en güçlü tek makinedir, ama anakarada mevcut değildir ve bir Mac'in beş ila altı katı fiyattadır. Sevk edilen GB300'de **748 GB** vardır, bunun yalnızca 252 GB'ı hızlı HBM'dir (Wccftech, Tom's Hardware, Aug 2026) verified. Bağımsız testler HBM'e sığan GPT-OSS-120B'de yaklaşık 9.300 çıktı token/sn gösterir, ama LPDDR5X'e taşan bir 743B model 32 kullanıcıya toplam yalnızca 139 token/sn, her biri yaklaşık 4 verdi; iki bağlı birim 1.525'e ulaştı (StorageReview, Aug 2026, StorageReview, Oct 2026) single source. Sokak fiyatları Kasım'a kadar $123–140 bine yükseldi (CyberPowerPC, monitors.com). Anakarada aynı iş için gerçekçi seçenekler Mac Studio, KTransformers tarzı CPU+GPU sunucuları (KTransformers) vendor test veya yerli Ascend sunucularıdır.

FIG 09 **Büyük bir iş istasyonu paylaşılan bir asistan yapmaz*Model yüksek bant genişlikli belleğe sığmadığında, 32 eşzamanlı kullanıcı kişi başına yaklaşık 4 token/s alır.***



Kaynak: StorageReview (Ağu ve Eki 2026); ServeTheHome. Tek kaynaklı bağımsız testler.

Bellek kıtlığı aynı parçaları bir yılda %20–100 taşıdı (DGX Spark $3.999'dan $6.950'ye çıktı (TechRadar)), bu nedenle ekipman teklifleri sabitlenmek yerine endekslenmelidir.

Yerli hızlandırıcılar tam boyutlu modelleri çalıştırır; yazılım bakımı darboğazdır. Ascend 910B'nin 64 GB HBM'si vardır, ama vLLM-Ascend DeepSeek V3/R1'i "artık bakımı yapılmıyor" olarak işaretler ve daha küçük kartlarda yalnızca birkaç modeli destekler (vLLM-Ascend) single source, primary, ve her yeni modelin uyarlanması bir ila iki ay sürer (Caijing/Anue); dondurulmuş, doğrulanmış bir model sürümü gönderin. Tam DeepSeek 671B'yi 20–100 kullanıcıya sunmak en az iki adet sekiz kartlı Atlas 800I A2 sunucusu gerektirir (China Telecom Cloud) verified, yine de Çin'de LLM cihazları için kamu ihaleleri Ocak–Eylül 2025'te toplam yalnızca 27.5 milyon RMB oldu (C114) single source: tesisler entegrasyon ve hizmet için öder, bir kutu hesaplama için değil.

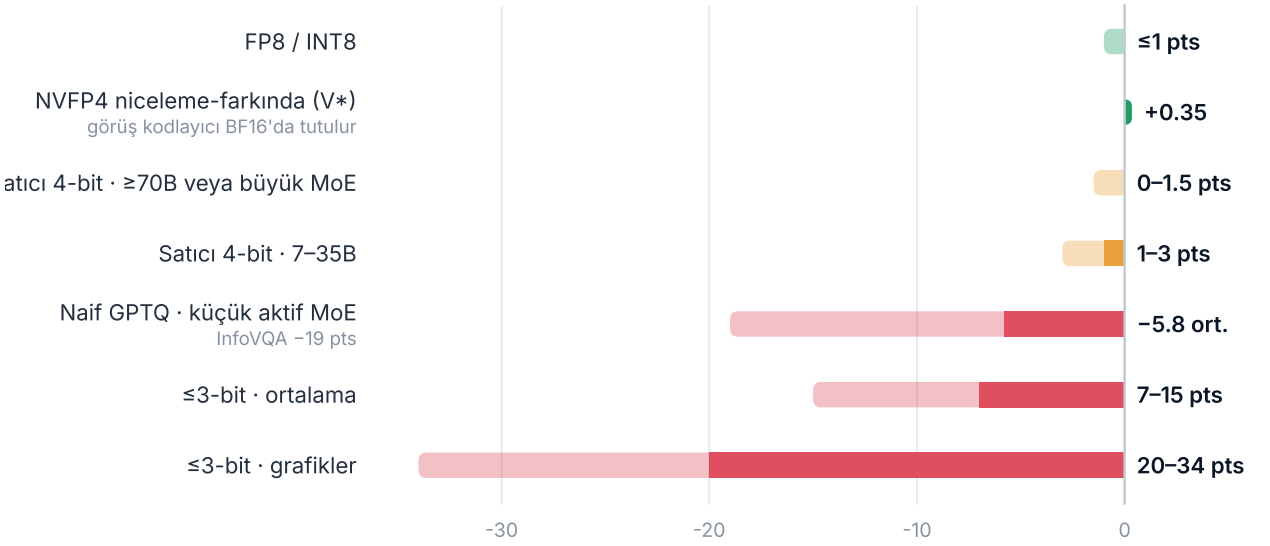
Niceleme: 8-bit güvenlidir, 4-bit tarife bağlıdır, 3-bit ve altı söz konusu değildir

8-bit (FP8 veya INT8) görü-dil modelleri için esasen kayıpsızdır (Red Hat, Hugging Face) verified. 4-bit'te kayıp boyuta ve tarife bağlıdır: Qwen'in 72B AWQ derlemesi MMMU'da bir puanın altında kaybederken 7B 2.8 kaybeder (Qwen AWQ) verified, ve ayrıntı yoğun görevler daha da düşer (saf 4-bit GPTQ, Qwen3-VL-30B-A3B'ye InfoVQA'da 19 puana mal olur (VEQ)). 3-bit ve altında ortalama kayıp 7–15 puandır ve grafikler 20–34 kaybeder (VLMQ) verified; 64 bin token ötesinde 4-bit %59'a kadar kaybeder, İngilizce dışı girdide daha kötü (arXiv 2505.20276). Görüş kodlayıcısını FP16/BF16'da tutun.

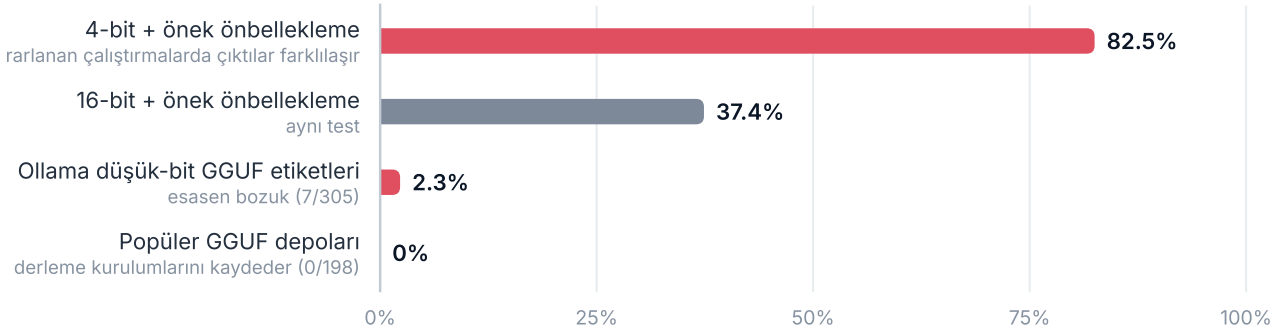
FIG 10 **Niceleme: 8-bit güvenli, 4-bit tarife bağlı, 3-bit ve altı elenir** ***Servis yığınındaki mühendislik hataları, nicelemenin kendisinden daha fazla doğruluk kaybettirir.***

Doğruluk: 8-bit güvenli, 4-bit tarife bağlı, ≤3-bit elenir

Tam hassasiyete göre skor değişimi (puan)



Mühendislik hataları niceleme hatasından ağır basar



Kaynak: NVIDIA Nemotron model kartı, VLMQ, VEQ, arXiv 2609.05881, 2610.19498, 2609.04748 ve diğerleri.

İki uyarı daha önemlidir. İlk olarak, **11 Kasım 2026 itibarıyla hiçbir çalışma veya model kartı PCB/SMT kusur görüntülerinde nicelemeyi ölçmemiştir**, bu nedenle altın sette yeniden doğrulayın. İkinci olarak, sunum yığını hataları genellikle niceleme hatasından daha büyüktür: aynı model Ollama altında referans uygulamadan yaklaşık 30 puan daha düşük puan aldı (SiliconBench); Ollama'nın 305 resmî kod modeli etiketinden 7'si dosyalar sağlam olsa da esasen bozuktu (arXiv 2609.05881); 198 popüler GGUF deposundan hiçbiri derlemesini kaydetmedi (arXiv 2610.19498); ve önek önbellek yeniden kullanımında bölümlerin %82.5'i 4-bit'te, %37.4'e karşı 16-bit'te ıraksadı (arXiv 2609.04748) single sources. Satıcının niceleme-bilinçli 4-bit'i ayrıntı görevlerinde kayıpsıza yakındır (NVIDIA Nemotron 3.5) vendor claim, ama 4-bit VLA'lar pertürbasyon altında 1.5–4.3 puan kaybeder ve Thor'da daha yavaş çalışır (LoopQ) single source. Nicelemiş bir modeli yeni bir ölçü aleti gibi yönetin: ağırlık karmalarını sabitleyin, derlemeyi kaydedin, önek önbelleğini sıfırlayın ve hassasiyet, motor veya şablon değişiminden sonra yeniden doğrulayın.

Hassasiyet	≥70B yoğun veya ≥100B MoE	7–35B	≤4B veya ayrıntı yoğun görevler	Hüküm
FP8 / INT8	Güvenli (≤1 puan)	Güvenli	Güvenli; denetim için varsayılan	Kullan

Hassasiyet	≥70B yoğun veya ≥100B MoE	7–35B	≤4B veya ayrıntı yoğun görevler	Hüküm
4-bit AWQ/GPTQ (satıcı tarifi, görüş kodlayıcı FP16)	0–1.5 puan	1–3 puan; küçük aktif MoE'de saf GPTQ ortalama −5.8, InfoVQA'da −19	2–3 puan; önce ayrıntı görevlerini doğrulayın	Koşullu
NVFP4 (satıcı tarifi)	FP8'in ≈0.3–1 puan altı (satıcı verisi)	Niceleme-bilinçli derlemeler V*, OCRBench'te kayıpsıza yakın	Kamu verisi yok	Koşullu (niceleme-bilinçli derlemeleri tercih edin)
GGUF Q4_K_M	Test edilmedi	Alan görevlerinde yüksek varyans	Küçük metin veya kusurlar için değil	Ayrıntı kararı için değil
GGUF Q5_K_M ve üstü	Muhtemelen güvenli	İki testte kayıpsıza yakın	llama.cpp'de ayrıntı için taban	Kullan
≤3-bit (tek makinede 1.8–2 bite sıkıştırılmış 1T modeller dahil)	Kararlar için değil	Hayır	Hayır	Hayır

Hangi iş için hangi yapılandırma

Yapılandırma	Hat içi denetim	Yanlış çağrıların AI incelemesi	Robot planlama ve kontrol	Soru-Cevap ve analiz
Özel dedektörler veya anomali modelleri (YOLO, RF-DETR, PatchCore sınıfı), INT8/FP16, herhangi bir NPU veya GPU uç kutusu	● Evet: ana yargıç, kırpıntı başına 2–12 ms	● Evet (hatta ayarlanmış sınıflandırıcı)	● Yalnızca algı	—
2–4B görüş modelleri, FP16 görüş kodlayıcılı NVFP4/AWQ/FP8, Thor/T4000 veya DGX Spark üzerinde	● Koşullu: AOI ile işaretli kırpıntıları her biri 0.2–0.3 sn'de yeniden kontrol eder	● Koşullu, ayarlamadan sonra 1 sn altı	● VLA omurgası (parça başına ≈40–130 ms'de 2–3B VLA)	● Zayıf
7–9B görüş modelleri (Qwen3-VL-8B, MiniCPM-V 4.5, GLM-4.6V-Flash), FP8 veya satıcı 4-bit, Thor, Spark veya 24–32 GB kart üzerinde	● Koşullu: işaretli kırpıntı başına ≈0.5 sn	● Evet: çağrı başına 0.5–1 sn, en iyi değer	● Planlama ve beceri seçimi (1–3 sn), kontrol döngüsünde değil	● Bir veya birkaç kullanıcı için temel SOP Soru-Cevap
26–35B MoE (Gemma-4-26B-A4B, Qwen3.6-35B-A3B), NVFP4/FP8	● Hayır (çok ağır)	● Evet, açıklayıcı olarak veya zor vakalar için	● Planlama	● Evet (Spark'ta 8 kullanıcı, ≈0.1 sn ilk token)
Mac Studio, RTX PRO 6000 veya Spark üzerinde 4-bit'te 106–241B MoE	● Hayır	● Hayır	● Çevrimdışı planlama	● Evet, bir veya birkaç kullanıcı için
512 GB Mac, KTransformers sunucusu veya DGX Station üzerinde 4-bit'te DeepSeek 671B veya Kimi K2.x 1T	● Hayır	● Hayır	● Yalnızca çevrimdışı program üretimi	● Koşullu: 1–3 kullanıcı ve kısa istemler; uzun istemler 16–170 sn sürer

Yapılandırma	Hat içi denetim	Yanlış çağrıların AI incelemesi	Robot planlama ve kontrol	Soru-Cevap ve analiz
≤3-bit'te herhangi bir şey; küçük model ayrıntı işi için GGUF Q4_K_M; birçok kullanıcı için Ollama	● Hayır	● Hayır	● Hayır	● Hayır

Kaynaklar: yukarıdaki TensorRT Edge-LLM, Jetson AI Lab, Apple ML Research ve KTransformers verileri ve (DGX Spark tests, RTX PRO 6000 tests, Hardware Corner on Atlas, Ultralytics YOLO26, RF-DETR) **community and vendor tests, mostly single source** .

Yani, iki olağan endişeye: model göreve uyarsa **yavaş olmak zorunda değildir** (Thor veya Spark üzerindeki küçük ve orta boy görüş modelleri her hat içi ve inceleme bütçesini karşılar; 671B–1T modeller hattın dışında kalır), ve varsayılan olarak FP8/INT8 veya altın sette doğrulanmış 7B üstü satıcı tarifeli 4-bit ile **niceleme onu yanlış yapmak zorunda değildir**. Daha büyük riskler genel modellerin kabaca 57 puanlık sıfır-atış endüstriyel doğruluğu ve sunum yığını hatalarıdır. Denetim isteklerine sabit toplu boyutları ve kendi kuyruklarını verin (sıcaklık 0, toplu işleme altında bit düzeyinde tekrarlanabilir değildir (vLLM documentation)), bir N+1 sıcak yedek tutun ve hattaki her adımı açık hata verecek şekilde yapın.

Öğretmen ve öğrenci

03 Öğretmen ve öğrenci: frontier modeller denetim verilerini ön etiketleyebilir; robot kolları için gerçek öğretmenler hâlâ insanlardır

Kasım 2026 öğretmen adayları: genel görüş ikiye katlandı, endüstriyel kusur puanları eksik

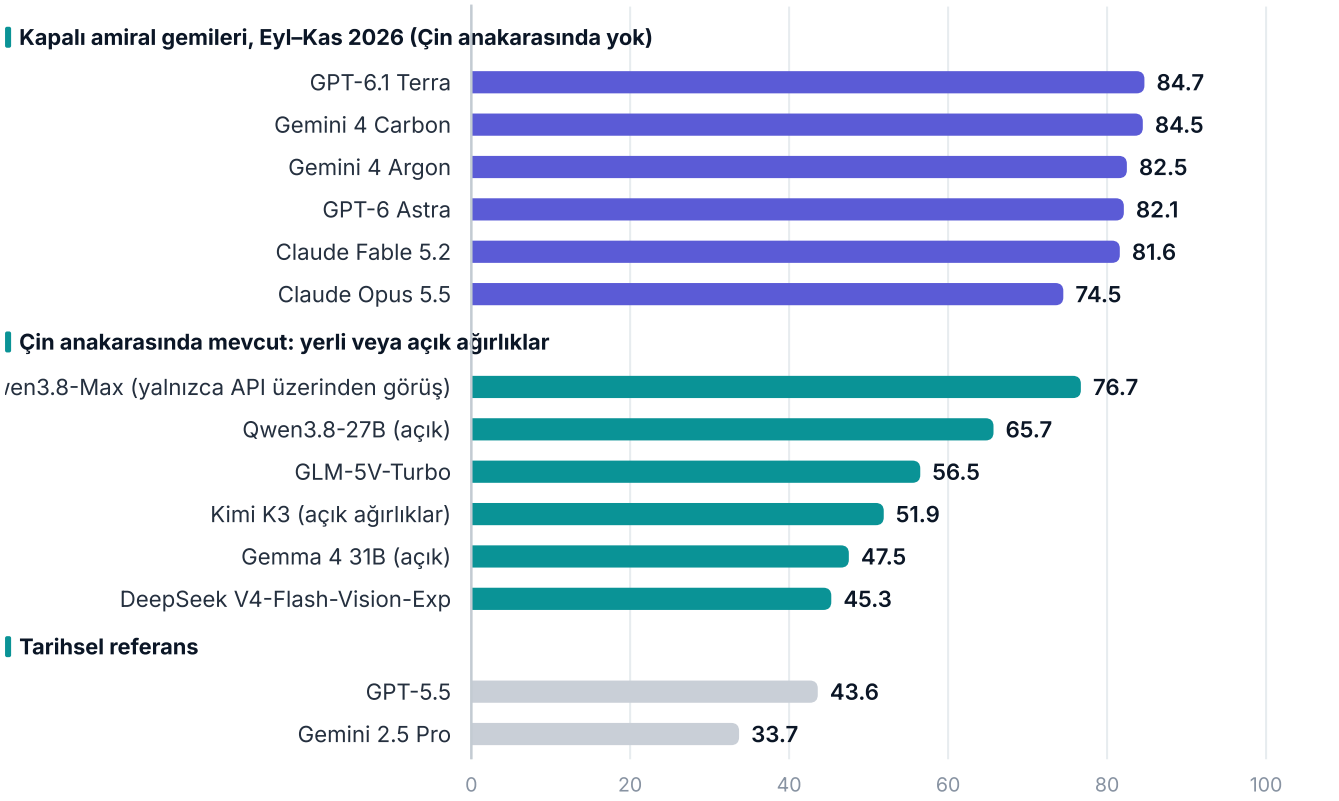
Kasım 2026'da öğretmen olarak davranabilecek her kapalı amiral gemisi görüntü kabul eder: Claude Fable 5.2 (9 Kasım'da genel kullanımda, milyon token başına $8/$40) ve Opus 5.5 ($4/$20) (Anthropic, Claude models overview) verified; GPT-6 Astra ($10/$50) ve GPT-6.1 Terra ($1/$5) (OpenAI pricing); ve aşamalı olarak açılan Gemini 4 Argon ve Carbon (Google Carbon). Anakara Çin'de kullanılabilir olanlar Qwen3.8-Max (API üzerinden görüş) ve Qwen3.8-27B, Kimi K3, GLM-5V-Turbo, DeepSeek V4-Flash-Vision-Exp ve Gemma 4 gibi açık modellerdir (Roboflow blog, Hugging Face).

Kilit boşluk açıkça ifade edilmelidir: bu modellerin hiçbirinin MMAD, MVTec AD 2, VisA, Real-IAD, UniPCB veya herhangi bir PCB/SMT veri setinde yayımlanmış bir puanı yoktur. MMAD'nin hâlâ liderlik tablosu yoktur (MMAD GitHub), ve en yeni iki endüstriyel anomali makalesi (Ağustos–Eylül 2026) hâlâ Gemini 2.5 Pro ve Claude Sonnet 4'ü en yeni genel taban çizgileri olarak kullanır (InspectorGPT, Anomaly-LR). 11 Kasım'da bir arXiv tam metin araması bu bağlamda "Fable 5.2" veya "Gemini 4 Carbon" için sıfır sonuç buldu (arXiv API) single source, absence of evidence. En yakın ikameler:

- MMAD puanına sahip en yeni frontier model GPT-5.5'tir: 500 görüntülük bir alt kümede "kusurlu mu değil mi"de %69.95 ve yedi görevde ortalama %76.20, insan uzmanların %95.24 ve %86.65'ine karşı (AnomalyClaw) single source; GPT-4o 2024'te %68.63 ve %74.92 puan aldı (MMAD, ICLR 2025), iki yılda yaklaşık 1.3 puan ilerleme.
- IC litografisinden gerçek SEM inceleme görüntüleri ve 2026 modelleri olan tek elektronik benchmark'ı olan LDU-Bench'te, iyi-kötü önceliklendirme makuldür (makro F1: GPT-5.4 için 0.932, GLM-5V-Turbo için 0.884, Claude Opus 4.6 için 0.876, Gemma 4 31B için 0.504), ama 11 kusur morfolojisini sınıflandırma yalnızca 0.20–0.41'e ulaşır (LDU-Bench) single source.
- Roboflow'un bağımsız görüş değerlendirmelerinde (10 Kasım 2026'da güncellendi), nesne tespit mAP@50 Gemini 4 Carbon için 84.5, GPT-6.1 Terra için 84.7 ve Fable 5.2 için 81.6'dır; Gemini 2.5 Pro, GPT-5.5 ve Claude Opus 4.8'in 33.7, 43.6 ve 38.6'sına karşı (Roboflow Vision Evals) single source, independent evaluator, private datasets.

FIG 11 **Öğretmen adayları: genel skorlar bir nesilde ikiye katlandı*Ama 2026 amiral gemilerinin hiçbirinin endüstriyel kusur kıyaslamasında yayımlanmış bir skoru yok.***

Roboflow genel algılama mAP@50



Endüstriyel kusur kıyaslamaları (MMAD, MVTec AD 2, VisA, Real-IAD, UniPCB): bu 2026 amiral gemileri için sıfır yayımlanmış sk
Genel algılama skorları bir nesilde ikiye katlandı, ama bu kusur yargısı değildir; kendi altın setinizde test edin

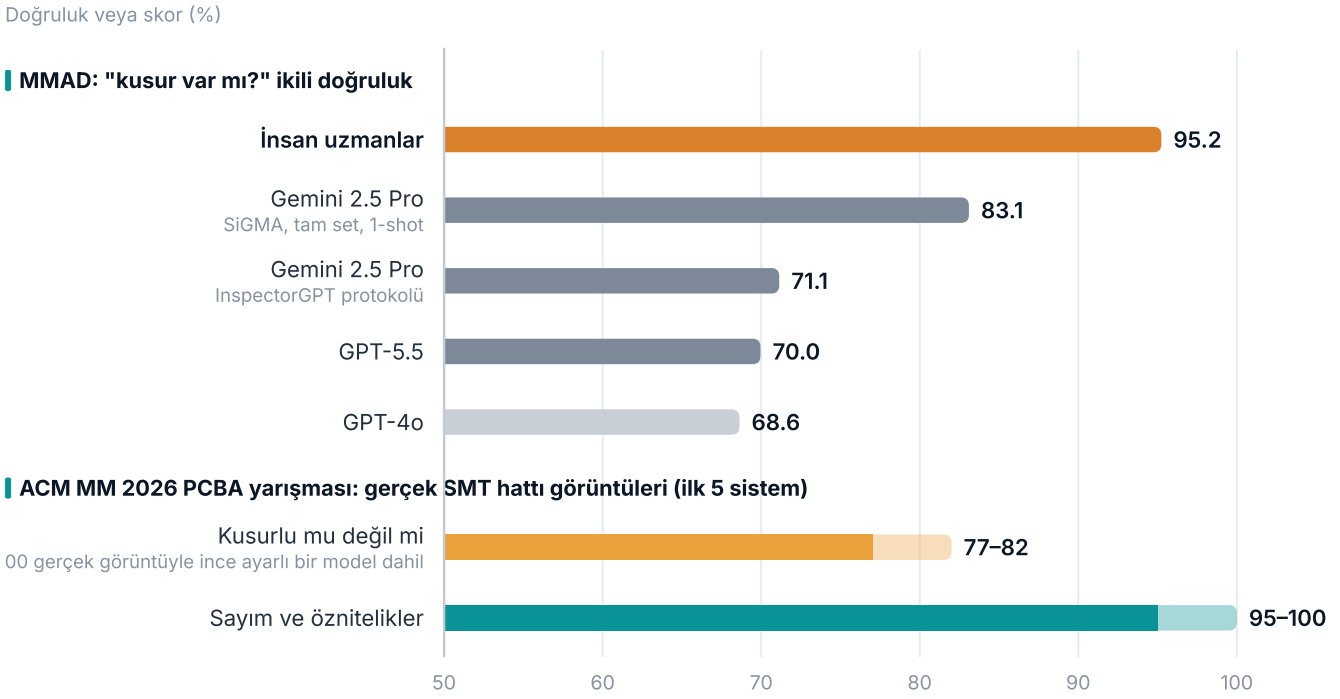
Kaynak: Roboflow Vision Evals; model sürüm notları; MMAD, MVTec AD 2 ve diğer kıyaslama sayfaları (11 Kas 2026 itibarıyla).

Öğretmen adayı (Kas 2026)	M token başına fiyat (giriş/çıkış)	Roboflow tespit mAP@50 / sayım	Endüstriyel kusur benchmark'ları	Anakara Çin'de kullanılabilir
Claude Fable 5.2	$8 / $40	81.6 / 86.5	Yok	Hayır
Claude Opus 5.5	$4 / $20	74.5 / 80.6	Yok	Hayır
GPT-6 Astra	$10 / $50	82.1 / 80.2	Yok	Hayır
GPT-6.1 Terra	$1 / $5	84.7 / 80.2	Yok	Hayır
Gemini 4 Carbon	$2 / $10 (promosyon)	84.5 / 90.1	Yok	Hayır
Qwen3.8-Max (yalnızca API üzerinden görüş)	$2 / $6	76.7 / 81.1	Yok	Evet
Qwen3.8-27B (açık)	Yerel	65.7 / 64.9	Yok	Evet
GLM-5V-Turbo	$1.20 / $4.00	56.5 / 48.6	LDU-Bench önceliklendirme 0.884	Evet
Gemma 4 31B (açık)	Yerel	47.5 / 51.4	LDU-Bench önceliklendirme 0.504	Evet (yerel ağırlıklar)
Referans: GPT-5.5 / GPT-4o	—	43.6 / 68.0 (GPT-5.5)	MMAD ikili %69.95 / %68.63	Hayır

Öğretmen adayı (Kas 2026)	M token başına fiyat (giriş/çıkış)	Roboflow tespit mAP@50 / sayım	Endüstriyel kusur benchmark'ları	Anakara Çin'de kullanılabilir
İnsan uzmanlar	—	—	MMAD ikili %95.24	—

Daha yeni makaleler hâlâ önceki nesli test eder, ama aynı yöne işaret eder. Tam MMAD setinde insan uzmanlar kusurlu-mu-değil-mi'de %95.2 ve Gemini 2.5 Pro %83.1 puan alır (SiGMA), yine de aynı model başka bir makalede yalnızca %71.14 puan aldı (InspectorGPT): test protokolü puanı bir model nesli kadar hareket ettirir. CVPR 2026 VAND 4.0 yarışmasında hazır görü-dil modelleri 61.88 AP'de zirve yaptı, denetimli yöntemlerin 90.84'üne karşı, ve organizatörler bunların "şu anda ince ayarlı sınıflandırıcıların yerini alamayacağı" sonucuna vardı (VAND 4.0) single source. ACM MM 2026 PCBA yarışmasında ilk beş, kusurlu-mu-değil-mi'de 76.92–82.47 puan alırken bileşen türü ve pin sayımı 95–99.5'e ulaştı (arXiv 2609.21276) single source: tanımak, yargılamaktan çok daha kolaydır.

FIG 12 **"Kusur var mı?" genel modeller için hâlâ zor** ***En iyi genel model MMAD'de insan uzmanların 12 puandan fazla gerisinde; ayarlanmış sistemler gerçek hat görüntülerinde daha iyi.***



Kaynak: MMAD; SiGMA; InspectorGPT; ACM MM 2026 PCBA yarışması.

Üç sonuç çıkar. Görme ve sayma bir nesilde ikiye katlandı, ama anormalliği yargılama yavaş ilerler, protokole büyük ölçüde bağlıdır ve sistematik önyargılar taşır; yeni modellerin ne kadar kazandığı yalnızca bir tesisin kendi görüntülerinde ölçülebilir. Eğitim dağılımlarının içinde ince ayarlı 7B uzmanlar yine genel modelleri geçer (Anomaly-LR, UniPCB). Ve gerçek hat verisi puanları çökertir: monte edilmiş elektronik panellerde görüntü düzeyi AUROC MVTec AD'de 97–98'den 31.5–78.6'ya düştü (arXiv 2606.01992) single source. Anakara şirketleri için mevcut en güçlü öğretmen Qwen3.8-Max, küresel frontier'in yaklaşık 8 puan altındadır.

Düzinelerce veya yüzlerce tur çalıştırmak: sorun para değil, etiket kalitesidir

Para sorun değildir. Kasım 2026 liste fiyatlarında 1.000 bir megapiksellik görüntü tur başına yaklaşık $3 (GPT-6.1 Terra) ila $32 (GPT-6 Astra) tutar ve 100.000 görüntü üzerinde yüz tur toplu indirimler öncesi yaklaşık $32.000–135.000 tutar estimate (Claude vision docs, OpenAI vision guide, Roboflow Vision Evals). Basit etiketler için bir kişi yaklaşık Terra ile aynı tutar; öğretmenin avantajı hız ve ölçektir, fiyat değil. Müşterilerin gizlilik sözleşmeleri ürün görüntülerini genellikle tesisin içinde tutar, bu nedenle altın set yerinde etiketlenir.

Gerçek engel kalitedir ve daha fazla tur sistematik hataları düzeltmez. Roboflow her görevi üç kez çalıştırır ve puanlar yalnızca ±0.1–1.4 puan oynar (Roboflow), bu nedenle bir model çoğunlukla hatalarını tekrarlar ve çoğunluk oylaması onu kurtaramaz. Turlar yalnızca her biri bilgi eklediğinde yardımcı olur: bir veya iki iyi referans görüntü yaklaşık 3–4 puan ekler, daha fazlası hiçbir şey eklemez (AD-Copilot); bir modelin iyi bir referansa karşı birkaç tur tartışması GPT-5.5 için 6.23 puan çapraz-alan AUROC ve MMAD'de 2.95 ekler, yaklaşık üç çağrıdan sonra zirve yapar (AnomalyClaw) single sources . "Öğretmen etiketleriyle eğitilen bir öğrenci insan etiketlerine yaklaşır" yalnızca doğal görüntülerde gösterilmiştir: Qwen3-VL'nin COCO ve Objects365 etiketleriyle eğitilen bir ResNet-101 insan etiketi sonucunun %95.7–99.4'üne ulaştı ve yazarlar alan verisinin test edilmediğini söyler (arXiv 2602.20972) single source .

FIG 13 **İki öğretmen–öğrenci hattı** ***Muayene için bir öncü model ön etiketler ve insanlar karar verir; robot kolları için gerçek öğretmenler hâlâ insan gösterimleridir.***



Kaynak: Yazarın sentezi (Bölüm 3); maliyetler ve örnek boyutları tahmindir.

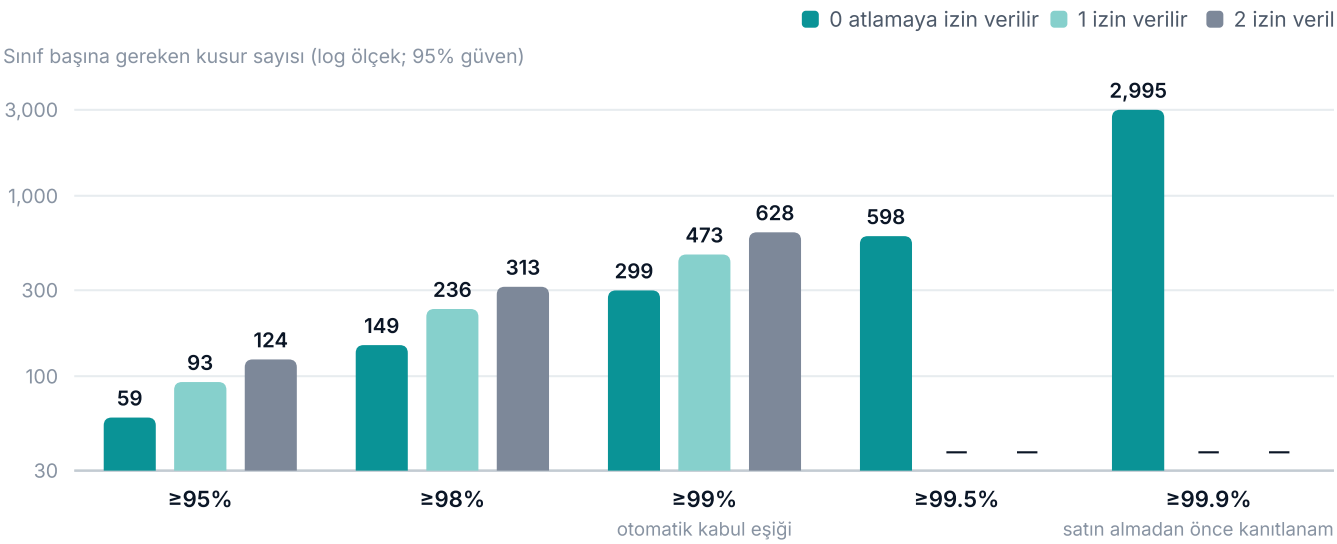
İşlenebilir bir protokol estimate :

1. **Altın seti tesisin kendi AOI arşivinden ve saklanan NG kartlarından toplayın**, 12 gerçek kusur sınıfına (eksik, kayma, mezar taşı, polarite, yanlış parça, köprü/kısa devre, yetersiz lehim, fazla lehim, lehim topu, kalkık uç/açık, hasarlı parça, yabancı madde) ve dört yanlış çağrı nedenine (gölge, flux, serigrafi, tolerans) tabakalandırılmış olarak, artı ikinci bir hattan veya farklı aydınlatma, kart rengi veya parça numaralarından en az 300 kusurluk bir "sürüklenme dilimi".
2. **İki veya üç IPC-A-610 eğitimli denetçiyle kör etiketleyin**, kıdemli bir mühendis karar verir ve X-ray, elektriksel test veya kesitler belirsiz örnekleri netleştirir. Bir sınıf tanımını yalnızca denetçi uyumu κ ≥0.75'e ulaşırsa kabul edin (kritik sınıflar için ≥0.90); LDU-Bench'te 11 elektronik kusur morfolojisinde insan uyumu yalnızca 0.727 idi, bu nedenle bazı sınıfların birleştirilmesi veya yeniden tanımlanması gerekecektir. AIAG tarzı öznitelik uyumu (etkinlik ≥%90, atlama ≤%2, yanlış alarm ≤%5, κ >0.75; sürüm için >0.90) makul bir minimumdur (Fabrico, iFactory).
3. **Tam binom (Clopper–Pearson) tek taraflı %95 sınırlarıyla boyutlandırın** (binomial confidence intervals, rule of three:

Kanıtlanacak duyarlılık	0 atlamaya izin	1 izin	2 izin
≥%95	59 kusur	93	124

Kanıtlanacak duyarlılık	0 atlamaya izin	1 izin	2 izin
≥%98	149	236	313
≥%99	299	473	628
≥%99.5	598	—	—
≥%99.9	2.995	—	—

FIG 14 **Altın set ne kadar büyük olmalı** ***Sıfır atlama ile 99% geri çağırmayı kanıtlamak sınıf başına 299 kusur gerektirir; 99.9% satın almadan önce kanıtlanamaz.***



Kaynak: Tam binom güven aralıkları (95%).

Sınıf başına altmış kusur bir geç/kal elemesi için yeterlidir; otomatik kabul kararı için 300 gerekir. Tam set, yaklaşık 3.600 kusur artı 3.500 yanlış çağrı kırpıntısı, etiketlemek ve hükme bağlamak için yaklaşık 37–57 iş saati alır ve bir öğretmen adayını bunun üzerinde çalıştırmak $23–196 tutar; gerçek maliyet, en nadir sınıf tarafından belirlenen iki ila altı haftalık toplamadır estimate. Hedef en az 42–48 piksel genişlik olacak şekilde, tüm kartları değil tek bileşenli AOI kırpıntıları gönderin (arXiv 2610.09313).

1. **Öğretmen etiketlerini yalnızca ≥299 altın kusurda sıfır atlama olan bir sınıf için otomatik kabul edin**, model-gerçek uyumu insan-insan uyumundan kötü olmamalı ve yanlış çağrıların en az %50'si temizlenmiş olmalıdır. Kısa devreler, eksik parçalar, polarite ve yanlış parçalar gibi kritik sınıflar %99.5–99.9 (598–2.995 kusur) gerektirir; aksi takdirde AI'nın yüksek güvenle temizleyemediği her şey bir kişiye gider. %0.1'in altında bir kaçak oranı satın alma öncesinde kanıtlanamaz (sıfır atlamayla 2.995 kusur; %0.01, 29.956 gerektirir), bu nedenle hat AI ile temizlenen çağrıların insan örneklemesini, aşağı akış ICT/FCT'yi bir geri durdurucu olarak ve kaçaklarda SPC'yi korur. Doğrulanan etiketler daha sonra geleneksel bir dedektöre veya sınıflandırıcıya damıtılır ve her yeni üründe yeniden doğrulanır.

Koşullar ve veri kuralları da öğretmeni belirler. Anthropic, hizmetlerini rakip modelleri eğitmek için kullanmayı yasaklar (Anthropic commercial terms); OpenAI, çıktıların üçüncü taraflara satılmayan kurum içi sınıflandırıcıları eğitmek için kullanılmasına izin verir (OpenAI business terms); DeepSeek damıtmayı açıkça kabul eder (DeepSeek terms) primary terms. Hiçbiri "rakip modeli" tanımlamaz, bu nedenle ticari kullanım hukuki inceleme gerektirir ve müşterilerin veri kuralları görüntüleri genellikle yerinde tutar. En güvenli varsayılan yerel olarak çalışan açık ağırlıklı bir öğretmendir; bulut frontier modelleri yalnızca müşteri yazılı olarak izin verdiğinde.

Denetim öğrencileri: küçük ve hızlı; darboğazlar optik, veri ve doğrulamadır

Öğrenci darboğaz değildir: YOLO26n bir $249–399 Orin Nano Super üzerinde INT8'de görüntü başına 3.80 ms alır (Ultralytics) vendor test, NVIDIA yaklaşık 600 görüntüde bir temel modeli uyarladıktan sonra üç PCB kusur sınıfında %98.51 bildirir (NVIDIA) vendor claim, ve sentetik kusurlar yalnızca 0.9–2.5 mAP puanı ekler (arXiv 2605.04635). Kısıtlar optik, hat verisi, doğrulama ve lisanslardır: Ultralytics YOLO AGPL-3.0 veya kurumsal lisanslıdır (Ultralytics), bu nedenle kapalı ürünler bir lisansa veya RF-DETR gibi Apache-2.0 bir dedektöre ihtiyaç duyar.

Robot öğrencileri: yapılandırılmış istasyonlar üretim düzeyine yakın; esnek ve dinamik iş değil

Kasım 2026'da üç tür robot öğretmeni vardır ve yalnızca biri yerel bir öğrenci olabilir: açık, ince ayarlanabilir VLA'lar (π0/π0.5, GR00T N1.7, X-VLA, RDT2, SmolVLA). Kapalı robot modelleri (beta API üzerinden π0.6/π0.7, güvenilir test kullanıcıları için Gemini Robotics 2) yerinde dağıtılamaz (The AI Insider, DeepMind). Frontier genel modeller ince manipülasyonda yavaş ve zayıftır: Artificial Analysis'in testinde 46–69 puan aldılar, %28–45 kavrama başarısı ve görev başına yaklaşık 30 dakika ile, "herhangi bir üretim kullanımı için çok yavaş ve pahalı" (AA-Robotics); GPT-6 Astra 20 denemeden yalnızca 2'sinde hassas bir yuva becerdi (RoboCurve); ve eklemleri doğrudan sürmek, gereken yaklaşık 83 Hz'e karşı 0.2–0.4 Hz'de LIBERO'da %0–5.5 verir (Anthropic) verified across three sources. Fable 5.2'nin simüle RoboDojo benchmark'ındaki %64.9'u dahili bir çalıştırmadır (Anthropic) vendor claim.

Ekim'den beri üçüncü taraf çalışmalar hemfikirdir: üç önde gelen ajan için LIBERO-10'da yaklaşık %33–44 (arXiv 2610.30051); ajanlar alt görevlerin %24–39'unda yanlış başarı iddia ediyor (arXiv 2611.08209); ve Opus 5.5 için 108 yarı-statik gerçek robot görevinden 104'ü, ama her biri 280 saniyede ve hiçbir yerleştirme veya montaj yok (AMP1) single sources. Frontier modeller çevrimdışı kalır: program yazmak, görevleri düzenlemek ve başarı ölçütlerini taslaklamak.

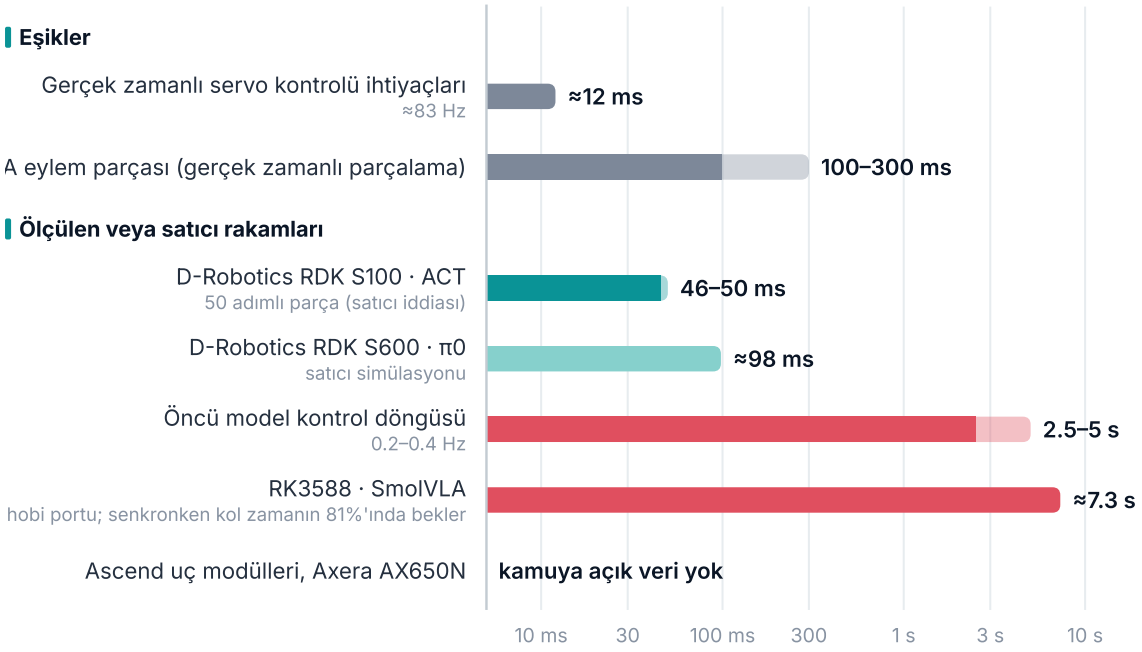
Öğrenci kalitesinin net bir kenarı vardır: eğitim dağılımının içinde iyi, dışında çöker. π0.7 görülen görevlerde "genellikle %90'ı aşar" ve görülmeyenlerde %60–80'e ulaşır (π0.7 paper) vendor research; ContactDP eğitilen konektörlerde %97.8 ama görülmeyenlerde %28.6–66.7'ye ulaşır (ContactDP); küçük kamera veya poz değişiklikleri LIBERO-Plus'ta %95'i %30'un altına düşürür (LIBERO-Plus, CVPR 2026); hareketli konveyörlerden öğrenilmiş kavrama %58.89'da zirve yapar (ForeTime-VLA) single sources, klasik görüş takibinin üretimde yıllardır yaptığı bir iş.

Üretime yakın tüm kanıtlar yapılandırılmış istasyonlardan, insan gösterimlerinden ve gerçek robot düzeltmesinden gelir. Neuromeka bir durum makinesi ve önceden öğretilmiş hareketi korudu ve yalnızca kavrama, kablo yerleştirme ve lehimlemeyi, her biri 20 dakikanın altındaki veriden öğrendi: üretimde 324'te 322, bir kişiden %12.8 daha yavaş (Neuromeka) single source, vendor. Fraunhofer, 68 dakikalık gösterimden dört konektörde %92.8'e ulaştı (Fraunhofer); Berkeley'in HIL-SERL'si 1–2.5 saatlik gerçek robot RL'sinden sonra RAM, SSD ve USB yerleştirmede 100'de 100 başarılı oldu (HIL-SERL); AgiBot bir tablet test hattında 20 saniyelik takt içinde adım başına 18–20 saniye çalıştı (IThome) vendor claim.

Damıtma hız satın alır, genelleme değil: π0.5 ham Jetson Orin'de 0.70 Hz'de ve eşzamansız zamanlamadan sonra 10.30 Hz'de çalışır (EagleVLA); katman damıtması onu yaklaşık 3 Hz'den yaklaşık 10 Hz'e çıkarır (Shallow-π) verified. Bir öğrenci yalnızca öğretmenin kapsadığını miras alır; her yeni ürün yine görev verisi gerektirir.

FIG 15 **Uç politika gecikmesi** ***Küçük bir ACT politikası bir uç kartta yaklaşık 50 ms'de çalışır; hobi çipine taşınan bir VLA 7.3 s alır.***

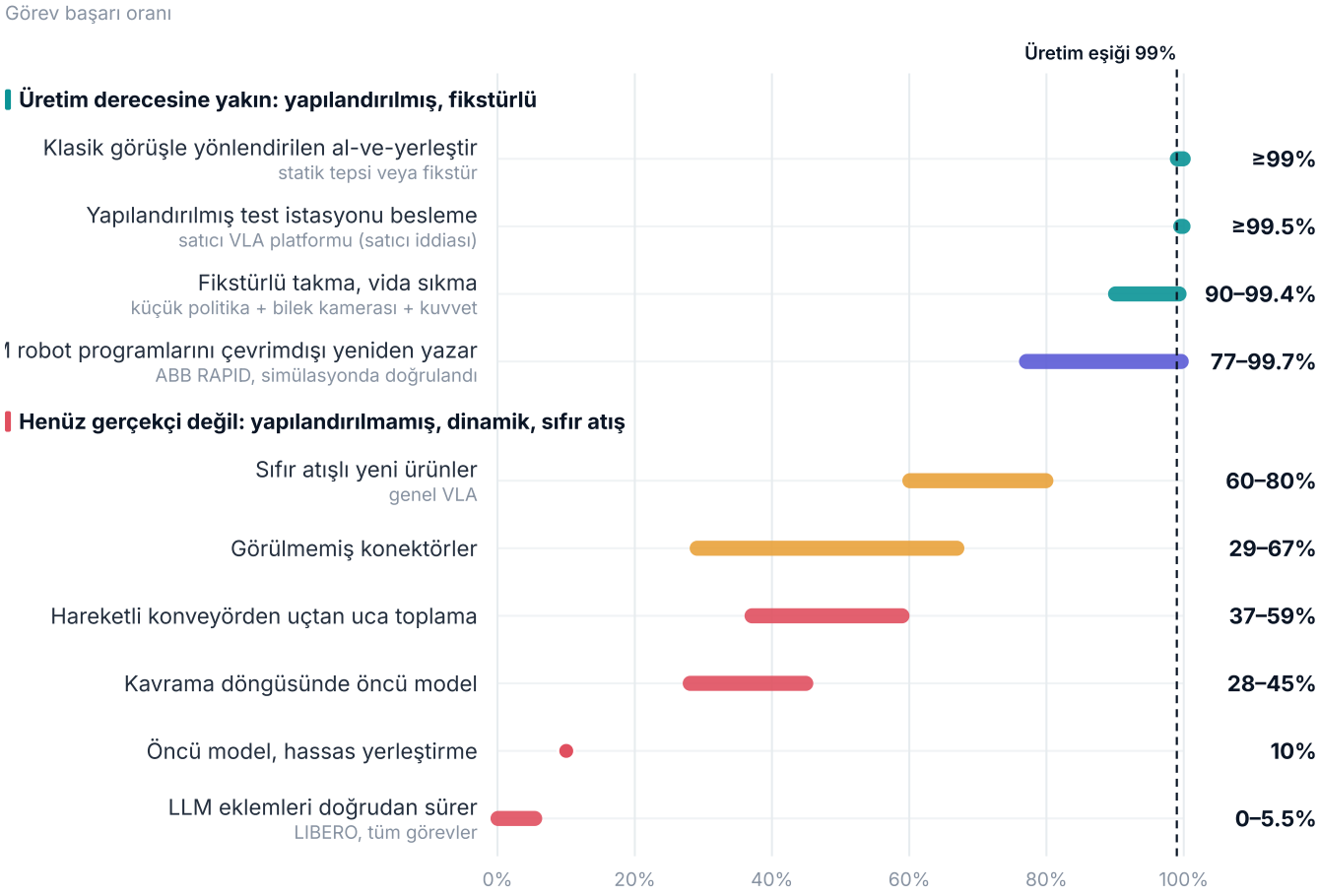
Eylem parçası veya kontrol döngüsü başına çıkarım gecikmesi (log ölçek)



Kaynak: D-Robotics dokümantasyonu ve forum (satıcı rakamları); GitHub topluluk portları; Anthropic araştırması.

Çin uç çiplerinde ölçülen tek öğrenilmiş politika, D-Robotics RDK S100 üzerinde 50 adımlık parça başına 46–50 ms'de bir ACT politikasıdır ve hiçbir başarı oranı yayımlanmamıştır (D-Robotics RDK S docs) vendor claim; bir RK3588 üzerinde SmolVLA'nın hobi portu parça başına yaklaşık 7.3 sn sürer (GitHub). Niceleme hızı bedava satın almaz: hiçbir 4-bit π0.5 derlemesi toplu boyut 1'de 16-bit'ten hızlı değildi (LoopQ). Gösterimler pahalıdır (Reuters, acemi bir teleoperatör için kullanılabilir hareket başına yaklaşık 300 deneme bildirdi (Notebookcheck)) ve doğrulama daha pahalıdır: %95 güvenle ≤%0.1 başarısızlık oranını kanıtlamak yaklaşık 3.000 ardışık başarı, 17–22 robot saati gerektirir estimate. Hiçbir öğrenilmiş manipülasyon politikası güvenlik sertifikasına sahip değildir.

FIG 16 **Robot öğrenciler: yalnızca istasyon yapılandırıldığında üretim derecesine yakın*Fikstürlü istasyonlar 90–99%+'ya ulaşır; yapılandırılmamış, dinamik ve sıfır atışlı görevler henüz gerçekçi değil.***



Kaynak: Bölüm 3'te atıf yapılan makaleler ve satıcı materyalleri; bazı rakamlar satıcı iddiasıdır.

Elektronik görevi	İşlenebilir öğrenci	Beklenen başarı	Bir kişiye göre hız	Geçiş başına maliyet	2026–2028 hükmü
Yüksek çeşitlilikli al-ve-yerleştir, kit toplama, makine besleme (statik tepsi veya fikstür)	Öğrenilmiş algı artı programlanmış veya planlanmış hareket	Klasik görüş kılavuzuyla ≥%99	Geleneksel istasyonlarla aynı	Saatler	Şimdi mümkün
Sabitlenmiş konektör, FFC ve kablo yerleştirme, vidalama, lehimleme	Durum makinesi + küçük BC/difüzyon/ACT politikası + bilek kamerası + kuvvet/tork (ideal olarak dokunma) + insan düzeltmesi	%90–99.4	%10–15 daha yavaş	10–300 demo (≈15–70 dk) + 1.000–3.000 doğrulama çalıştırması (6–22 robot saati)	Mümkün, Ar-Ge yoğun; ilk istasyon için aylar
Yapılandırılmış test istasyonu besleme ve OK/NG sıralama	Satıcı VLA platformu + dijital ikiz + gerçek robot RL'si	≥%99.5 vendor claim, conflicting	Adım başına 18–20 sn, 20 sn takt içinde	≤4 sa yeniden eğitim + 15 dk kalibrasyon	Bir satıcı platformunda mümkün
Geçiş programlama	LLM robot programlarını çevrimdışı yazar veya düzenler, simülasyonda doğrulanır	ABB RAPID yeniden yazımlarında %77–99.7	Takt üzerinde etkisi yok	Program başına dakikalar ila saatler	Bir mühendislik aracı olarak mümkün

Elektronik görevi	İşlenebilir öğrenci	Beklenen başarı	Bir kişiye göre hız	Geçiş başına maliyet	2026–2028 hükmü
Hareketli konveyörlerden uçtan uca öğrenilmiş alma	VLA öğrencisi	%37–59; hızlı bantlarda ≤%37	—	Kurulum başına ≥458 demo	**2028'den önce değil; klasik takip artı öğrenilmiş algı kullanın**
Yeni verisiz yeni ürünler (sıfır-atış)	Genel VLA	%60–80; görülmemiş konektörler %29–67	—	—	**Gerçekçi değil**
Kolu süren döngü içi frontier LLM	GPT-6, Claude, Gemini ajanları	Kavrama %28–45; hassas yerleştirme %10	≈20 sn'ye karşı görev başına ≈30 dk veya 280 sn	—	**Gerçekçi değil**
Serbest güzergahlı kablo demetleri ve çok adımlı esnek montaj	—	2026 üretim kanıtı yok	—	—	**2028'den önce değil**

Kaynaklar: yukarıdaki çalışmalar ve (University of Passau on RAPID rewriting, GraspVLA, Komax) **mostly single source and vendor data** . 2026–2028'de büyük bir modelin robotlara değeri, bir öğrenciye "öğreten" bir şey olarak değil, önceden eğitilmiş bir öncül ve çevrimdışı bir programcı olarak vardır. Bulduğum üretime yakın her vaka (Neuromeka, Longcheer'da AgiBot, Fraunhofer, ContactDP) insan gösterimlerine, kuvvet veya dokunma algısına, simülasyona veya dijital ikizlere ve denetimli RL'ye dayanır. Hiçbiri bir frontier modelin etiketlerine dayanmaz.

Maliyetler ve geri ödeme

04 Maliyetler ve geri ödeme: AI inceleme aylar içinde, makine besleme yıllar içinde, ayıklama kolları asla maliyetini çıkarır

İş gücü maliyeti: ABD yaklaşık 5.5 kat Shenzhen, Tayvan yaklaşık 1.5 kat, Güneydoğu Asya'nın çoğu yarısının altında

İş gücünü değiştirmenin getirisi, iş gücünün maliyetiyle başlar. Shenzhen'in resmî ücret rehberliği, 2024 medyanını bir üretim kalite denetçisi için yılda **74.074 RMB** olarak koyar; ücretler elektronik üretiminde toplam iş gücü maliyetinin %86.92'sidir, bu nedenle tam yüklü maliyet yaklaşık 85.000 RMB'dir. JETRO'nun 2025 anketi Çinli bir fabrika işçisinin yıllık maliyetini $12.667, yaklaşık 85.100 RMB, %0.2 içinde koyar (Shenzhen wage guidance, JETRO 2025) verified.

Bölge	Bir denetçi veya taşıyıcının tam yüklü yıllık maliyeti (düşük / taban / yüksek)	Temel
Anakara Çin, Shenzhen	70 bin RMB / **85 bin** / 100 bin ($10.4 bin / **12.7 bin** / 14.9 bin)	Resmî medyan × 1.15; JETRO ile eşleşir verified
Guangdong ikinci kademe ücret bölgeleri (Dongguan vb.)	65 bin RMB / **75 bin** / 85 bin	Guangdong 2023 medyanı × 1.15 artı iki yıllık zam estimate
Yangtze Nehri Deltası (Suzhou, Kunshan, Wuxi)	Shenzhen ile aynı	Daha ucuz denetim iş gücü için temel yok; Jiangsu'nun en yüksek asgari ücreti Shenzhen'in yaklaşık %5.6 üzerinde estimate
Tayvan	$16.6 bin / **19.6 bin** / 22.7 bin (534 bin NT$ / **630 bin** / 729 bin)	Çalışma Bakanlığı mesleki ücret anketi artı ≈1.18 yasal ek maliyet; JETRO üst uç olarak estimate
Malezya	$6.8 bin / **9.1 bin** / 10.0 bin	JETRO ve asgari ücretler estimate
Tayland	$4.7 bin / **7.0 bin** / 8.8 bin	Aynı
Endonezya	$5.0 bin / **6.0 bin** / 6.3 bin	Aynı
Vietnam	$3.2 bin / **5.3 bin** / 6.5 bin	Aynı
Filipinler	$4.0 bin / **4.5 bin** / 4.9 bin	Aynı
Amerika Birleşik Devletleri	$54 bin / **70 bin** / 80 bin	BLS Mayıs 2025 denetçi medyanı $48.570 ÷ ücretlerin tazminatın %65.5'i olması estimate

Kaynaklar: (JETRO 2025, Guangdong wage guidance, Wuxi HR bureau, Taiwan occupational wage survey, PTS News, BLS OEWS, BLS ECEC).

FIG 17 **Bir muayene veya taşıma işçisinin yıllık maliyeti** ***Toplamda, ABD Shenzhen'in yaklaşık 5.5 katı ve Tayvan yaklaşık 1.5 katıdır.***

Kalite kontrol veya taşıma işçisi başına yıllık toplam maliyet ($10k; nokta = baz, çubuk = düşük–yüksek)



Kaynak: Shenzhen resmi ücret kılavuzu, Tayvan Çalışma Bakanlığı, JETRO, BLS; yazarın tahminleri.

Üç düzeltme temeli belirler. İlk olarak, Shenzhen emeklilik katkı tabanını Temmuz 2026'da ayda 4.775 RMB'den 5.521'e yükseltti (Shenzhen Bendibao) single source, bu nedenle 2026'da bir Shenzhen denetçisi daha olasılıkla 80–90 bin RMB tutar. İkinci olarak, bir poz bir kişi değildir: iki 12 saatlik vardiya İnci Nehri Deltası'nda yaklaşık 2.0 kişi (haftada altı gün) ila 2.4 (tüm yıl), Güneydoğu Asya'da fazla mesai tavanları altında yaklaşık 2.7–3.1 ve ABD ile Tayvan'da 24×7 için 4.2–4.5 gerektirir estimate. AI inceleme genellikle bir inceleyicinin iki ila dört hattı kapsamasına izin verir, bu nedenle gerçekçi tasarruf **hat başına 0.5–1.5 tam zamanlı kişidir, vardiya başına hat başına bir kişi değil**. Üçüncü olarak, Tayvan, Vietnam ve Malezya'daki alıcılar yalnızca maliyet peşinde değildir: JETRO'nun anketinde Tayvan'daki firmaların %61.1'i, Vietnam'daki %48.2'si ve Malezya'daki %44.9'u son iki yılda işe almanın zorlaştığını söyledi, anakara Çin'deki %18.6'ya karşı (JETRO 2025) single source.

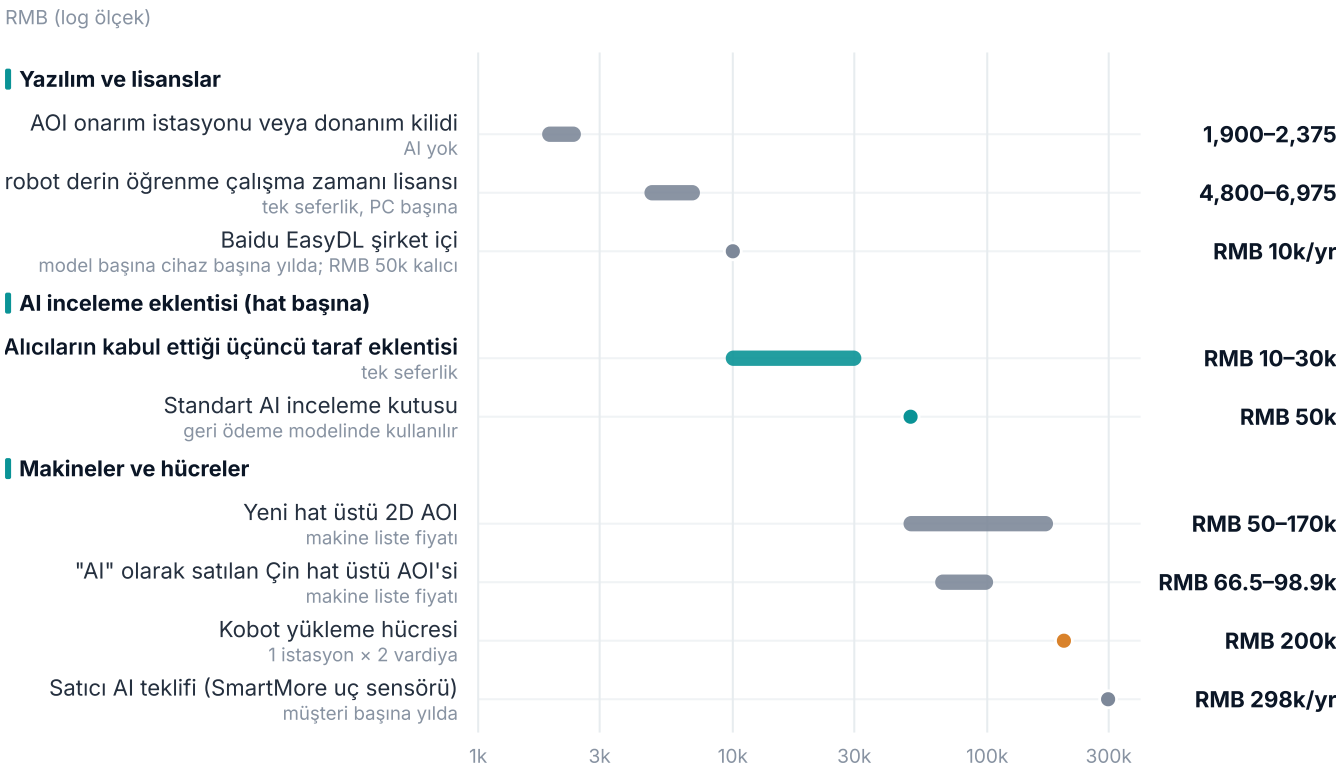
Ekipman fiyatları: ortalaması alınmaması gereken dört taban

AOI fiyatları esas olarak farklı şeyleri ölçtükleri için ayrışır. Çevrimiçi ilanlar (Kasım 2026, yeni, kullanılmış ve kiralama karışık) çevrimdışı veya masaüstü 2D için yaklaşık 17–80 bin RMB, hat içi 2D için 50–170 bin RMB ve hat içi 3D için 80–475 bin RMB, Kore 3D'si için 700 bin RMB'ye kadar gider (1688 inline AOI, 1688 offline AOI, 1688 3D AOI) single source, list prices. Kasım 2025 ihalesi bir 3D AOI artı bir 3D SPI'yi 800 bin RMB'de sınırladı (tender notice). Sinic-Tek'in izahnamesi 2019–2022'de 3D AOI başına 428–512 bin RMB, 2025 raporuna göre yaklaşık 340–470 bin RMB ima eder (Sinic-Tek prospectus, Sinic-Tek 2025 annual report) primary + estimate. Denizaşırı bir satıcı masaüstü 2D için $3.000–20.000, hat içi 2D $30–70 bin, giriş 3D $50–90 bin ve üst düzey 3D $100–200 bin+ tahmin eder, aynı hat içi makine Çin'de $30–50 bin (Averroes) vendor estimate from a seller of competing AI software.

AI incelemenin kendisinin kamuya açık bir RMB fiyatı yoktur; satıcılar ücretsiz yerinde değerlendirmeden sonra vaka bazında fiyat verir (Sohu on Hengtianyi), ve e-ticaret ilanları, ihaleler, satıcı makaleleri ve Tayvan medyası aramaları kamuya açık bir teklif ortaya çıkarmadı (1688, 51SMT). Çıpalar: Siemens vakasının ima ettiği hat başına yaklaşık 27 bin € estimate; bir ABD dağıtıcısının uzaktan inceleme ağ modülü için $21.924 liste (Manncorp) vendor list price; SmartMore'un 2025'te uç AI sensörleri için müşteri başına yılda yaklaşık 298 bin RMB (36Kr) single source. "AI" olarak satılan yerli bir hat içi 2D AOI 66.5 bin RMB'den listelenir (1688 inline AOI), ve elle yeniden inceleme için bir NG tamponu yaklaşık 50 bin RMB (1688 AOI review). Bu nedenle bir üçüncü taraf inceleme eklentisinin tavanı hat başına yaklaşık 10–30 bin RMB veya benzer bir yıllık ücrettir; bunun üzerinde alıcı, AI'sı yerleşik yerli bir AOI ile makineyi değiştirmeyi tercih eder estimate.

Çıpa	Fiyat (RMB)	Ne satın alır	Kaynak
AOI onarım istasyonu veya yazılım dongle'ı (eski TRI, Zhenhuaxing)	≈1.900–2.375	Lisans anahtarı, AI yok	1688 list price
Genel derin öğrenme görüş çalışma zamanı (Hikrobot VisionMaster dongle)	PC başına ≈4.800–6.975 tek seferlik	Platform; modeli müşteri kurar ve bakımını yapar	1688 list price
Baidu EasyDL yerinde dağıtım	Model başına cihaz başına yılda 10.000 veya 50.000 sürekli	Paketlenmiş çıkarım hizmeti	Baidu AI docs 2022 price page
"AI" olarak satılan yerli hat içi AOI	Makine başına 66.500–98.900	Makine değişimi	1688 list price
SmartMore uç AI sensörleri	Müşteri başına yılda ≈298.000	Birkaç makine genelinde satıcı çözümü	36Kr single source

FIG 18 **Fiyat merdiveni** ***Birkaç bin RMB yazılım lisansından bir robot hücresi veya satıcı AI teklifi için RMB 200–300k'ya.***



Kaynak: 1688 listeleri, Baidu AI dokümantasyonu (2022 fiyat listesi), 36Kr, bir sektör görüşmesi (doğrulanmadı).

Bir ila dört hat için bir çıkarım sunucusu ve her biri bir ila dört modelle Baidu tarzı bir yıllık ücret, hat başına yılda 2.5–40 bin RMB, gerçekçi olarak yaklaşık 5–10 bin RMB abonelik ima eder; sürekli lisansın %20'sinde abonelik ve satın alma beşinci yılda başa baş olur, kopyalamaya değer bir yapı estimate. Alıcılar sıfıra yakın yazılım ücretlerine alışıktır: Sinic-Tek'in tüm "diğer" geliri (yedek parça, hizmet, kiralama, aksesuarlar) 2025 satışlarının %7.65'i, kurulu makine başına yılda yaklaşık 2.300–3.100 RMB idi (Sinic-Tek 2025 annual report) primary + estimate. Hat başına yılda 5–10 bin RMB'lik bir AI aboneliği, alıcıların şu anda AOI yazılımına harcadığının iki ila beş katıdır, bu nedenle serbest bıraktığı inceleme saatleriyle (yılda tam zamanlı kişi başına yaklaşık 75–90 bin RMB) gerekçelendirilmelidir, mevcut yazılım ücretleriyle karşılaştırmayla değil.

Robot kolları için Çin'in ortalama kobot fiyatı 2025'te yaklaşık 58.600 RMB'ye düştü (GGII) estimate, ve Dobot'un altı eksenli ortalaması o yıl daha ucuz modeller pay kazandıkça %19.1 düştü (Huxiu) verified, aynı modellerin liste fiyatları 2026'da %5–15 yükselse bile (Sina Finance). ABD'de bir FANUC CRX-10iA $51.434'ten listelendi (Vention)

ve derlemeler bir UR7e'yi $30–48 bin koyar (cobotcost) estimate. Kol bir ABD hücresinin yalnızca %40–50'sidir (Standard Bots); Çin'de kameralar, tutucular, güvenlik ve mühendislik 40 bin RMB'lik bir kolun kolayca iki ila dört katına çıkar, bu nedenle bir kat sayısı yerine mutlak mühendislik maliyetini bütçeleyin estimate.

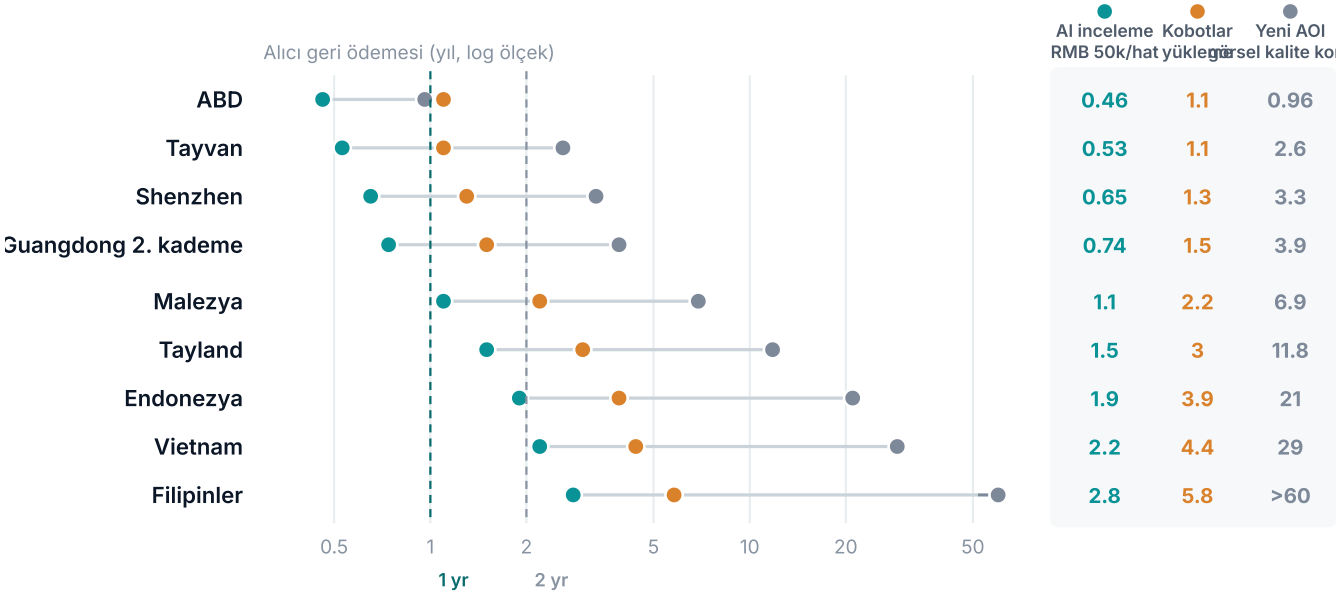
Geri ödeme: inceleme aylarda, besleme yıllarda, ayıklama asla

Basit geri ödeme = yatırım ÷ (kurtarılan kişiler × yüklü iş gücü maliyeti − yıllık işletme maliyeti), sübvansiyonsuz veya tarifesiz iki vardiyalı bir hat için. Tayvan ekipmanı Çin'in 1.3 katı, Vietnam, Malezya ve Tayland 1.15 katı, Endonezya ve Filipinler 1.2 katı ve ABD denizaşırı fiyatlarla fiyatlanır estimate.

Senaryo	Yatırım (Çin / ABD)	Kurtarılan kişiler	Yıllık işletme maliyeti
(a) AI inceleme kutusu veya AI kamera kutusu	Hat başına 50 bin RMB / $30 bin	Hat başına 1.0	%15
(b) Elle görsel kontrolleri değiştiren yeni hat içi 2D AOI (vardiya başına 0.5 inceleyici kalır)	200 bin RMB / $60 bin	1.0	%12
(c) Kobot yükleme hücresi (bir istasyon × iki vardiya)	200 bin RMB / $140 bin	2.0	%8
(d) Entegre tespit-ve-alma hücresi (denetim 1.0 + alma 0.07)	300 bin RMB / $200 bin	1.07	%8
(e) Yalnızca NG kartları ayıklamak için eklenen bir robot kolu	150 bin RMB / $100 bin	0.07	%8

Bölge	(a) AI inceleme	(b) Yeni AOI	(c) Kobot hücresi	(d) Tespit-ve-alma	(e) Ayıklama kolu
Shenzhen	0.65 yıl (0.54–0.80)	3.3 (2.6–4.4)	**1.3** (1.1–1.6)	4.5 (3.6–5.9)	Asla
Guangdong ikinci kademe	0.74	3.9	1.5	5.3	Asla
Tayvan	0.53	2.6	1.1	3.6	Asla
Malezya	1.1	6.9	2.2	9.2	Asla
Tayland	1.5	11.8	3.0	15	Asla
Endonezya	1.9	21	3.9	25	Asla
Vietnam	2.2 (1.6–4.5)	29	4.4	34	Asla
Filipinler	2.8	>60 (işletme maliyeti ≈ tasarruf)	5.8	≈100	Asla
Amerika Birleşik Devletleri	0.46	**0.96**	**1.1**	3.4	Asla

FIG 19 **Bölgeye göre geri ödeme** ***AI inceleme ABD, Tayvan ve Shenzhen'de aylar içinde, Güneydoğu Asya'da 1–3 yılda geri öder; kobot besleme yıllar alır.***



Sadece NG kartları ayırmak için bir robot kolu hiçbir yerde geri ödemez
İlk geçiş verimi 90%'ın üzerindeyken, ayırma vardiya başına yalnızca 0.003–0.14 FTE alır

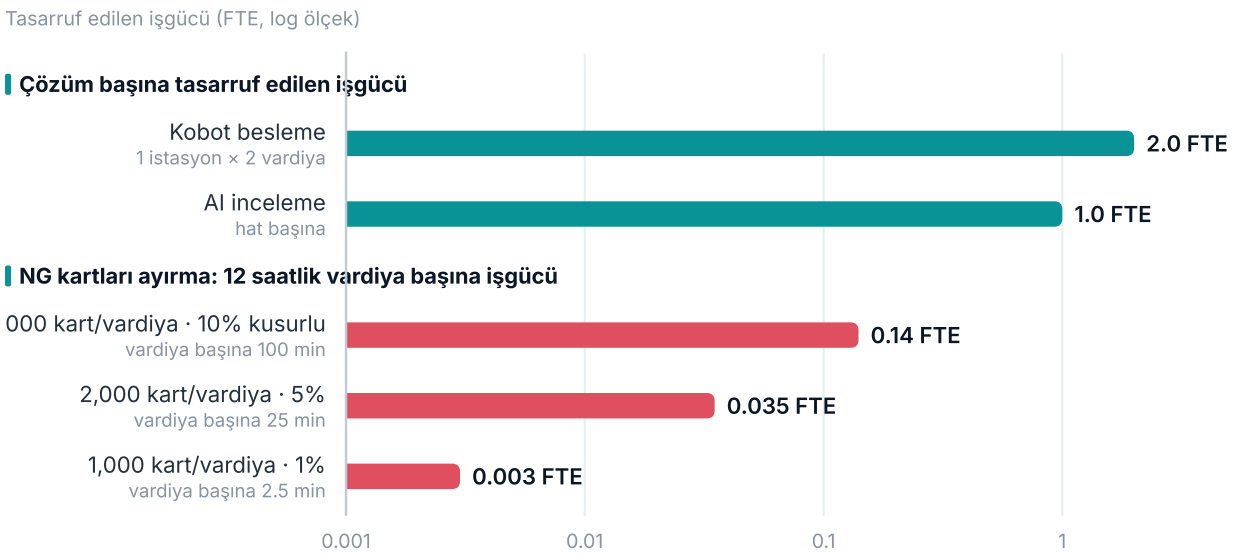
Kaynak: Yazarın modeli: hat başına RMB 50k AI inceleme kutusu; kobot besleme hücresi RMB 200k veya $140k, iki vardiya.

Tüm değerler yukarıdaki girdilerden tahminlerdir. Duyarlılıklar: kurtarılan kişileri yarıya indirin ve her geri ödeme kabaca ikiye katlanır; tek vardiya çalıştırın ve (b)–(d) ikiye katlanır; ABD'de %100 ilk yıl amortismanı geri ödemeyi yaklaşık %20 kısaltır, Çin, Japon veya Kore ekipmanındaki tarifeler yaklaşık %10–40 uzatır; Çin'de %15 yerel sübvansiyon yaklaşık %15 kısaltır. Alıcıların geri ödeme eşiklerine dair bağımsız bir anket bulamadım; satıcılar AOI'nin "tipik olarak 9–18 ayda" geri ödediğini söyler (Averroes) ve Siemens vakası sekiz ay iddia eder vendor claims. Eleme çizgisi olarak bir ve iki yılı kullanırım. Model kalite kazançlarını (garanti, iadeler) ve devir ile eğitim maliyetlerini dışarıda bırakır, bu nedenle muhafazakârdır.

"Tespit ve alma"nın sezgiye aykırı kısmı, iş gücünün hattan birkaç gerçek NG kartı almada değil, incelemede olmasıdır. NG kart başına 15 saniye taşıma ile estimate :

Vardiya başına kart	Kusur oranı	12 saatlik vardiya başına alma süresi	Kişiler
1.000	%1	2.5 dk	0.003
2.000	%5	25 dk	0.035
4.000	%10	100 dk	0.14

FIG 20 **Kötü kartları ayırmanın neden geri ödemediği*90%'ın üzerinde ilk geçiş veriminde, ayırma vardiya başına bir kişinin yalnızca 0.003–0.14'ünü alır.***



Kaynak: Yazarın tahminleri.

Taban vaka (vardiya başına 2.000 kart, %5 kusurlu, iki vardiya) 0.07 kişidir, Shenzhen'de yılda yaklaşık 6.000 RMB değerinde, kolun yaklaşık 12.000 RMB'lik yıllık işletme maliyetinden azdır, bu nedenle hiçbir yerde maliyetini çıkarmaz; en kötü vaka (vardiya başına 4.000 kart, %10 kusurlu) bile Shenzhen'de yaklaşık 13 yıl ve ABD'de 9 yıl alır estimate. Endişe almak için hattı durdurmaksa, standart bir NG yönlendirici veya tampon konveyör bunu kolsuz çözer. Sektördeki insanlar "ilk geçiş veriminin %90'ın üzerinde, hattı durdurun ve kartı elle çıkarın" der ve **bu alma için doğrudur, ama denetim için değil**. Bir SMT hattındaki ürün tasarımı bu nedenle "denetle artı işaretle veya yönlendir"dir; robot kolları her parçanın elle taşındığı yerler (test fikstürü yükleme, tepsi ve magazin taşıma, paketleme) için saklanır; buralarda denetim neredeyse ücretsiz bir eklenti olur ve senaryo (c) geçerlidir.

Sübvansiyonlar, vergi ve tarifeler geri ödemeyi %15–25 hareket ettirir, ama sıralamayı değil

Anakara Çin: destek çoğunlukla finansman maliyetini düşürür; tek makineler nadiren doğrudan hak kazanır. Ulusal bir kredi sübvansiyonu 14 öncelikli zincirde iki yıla kadar 1.5 puan faiz öder (Yicai) verified, 300 bin RMB'lik bir makinede yaklaşık 9.000 RMB; Guangdong'un %20'ye varan yükseltme ödülü, en az 7 milyon RMB yeni ekipmanlı kayıtlı bir proje gerektirir ve Shenzhen'i hariç tutar (Guangdong rules), ve Dongguan Temmuz 2026'da fiilen %4.42 ödedi (Dongguan allocation) single source, primary. Bir AI denetim cihazı yalnızca alıcının kayıtlı projesi içinde "destekleyici yazılımlı" ekipman olarak onaylanır, bu nedenle taban vaka sübvansiyon olmadığını varsayar.

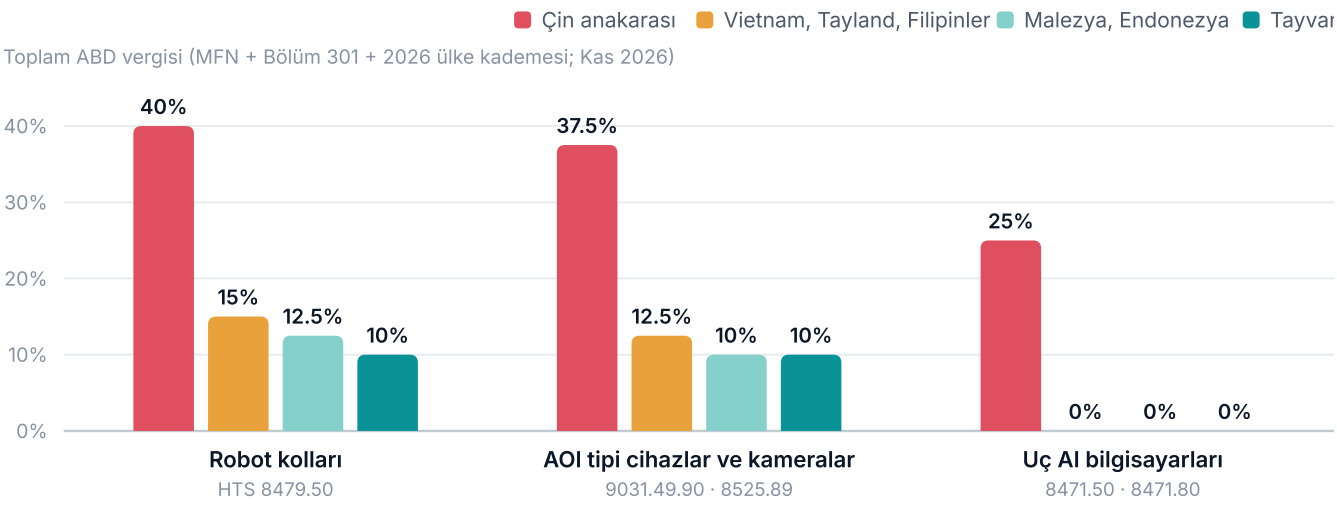
Tayvan: teşvikler alıcıya gider. Mayıs 2025'te AI'yı içerecek şekilde değiştirilen Endüstriyel İnovasyon Statüsü'nün 10-1. maddesi uyarınca bir alıcı, yeni akıllı makine veya AI (CNN/DNN tabanlı denetim dahil) için 2025–2029 harcamasının %5'ini o yılın gelir vergisine karşı mahsup edebilir veya üç yıl boyunca yılda %3 (Statute, credit rules) verified; tedarikçi tarafı hibeler anakara sermayesine kapalıdır (MOEA) single source.

Güneydoğu Asya: yalnızca Malezya ve Tayland otomasyon satın almayı ödüllendirir. Malezya'nın ilk 10 milyon RM üzerindeki %200 otomasyon sermaye indirimi, kârlı bir alıcı için capex'in yaklaşık %24'ü değerindedir (MIDA, PwC Malaysia) verified; Tayland'ın BOI'si, Taylandlı otomasyon tedarikçileri dahil olduğunda daha yüksek tavanla, bir yükseltme yatırımının %50–100'üne kadar üç yıllık vergi muafiyeti verir (BOI) single source, primary, bu nedenle Tayland'a girmek en iyi yerel bir entegratörle çalışır. Vietnam, Endonezya ve Filipinler otomasyon satın almak yerine tesis kurmayı ödüllendirir (Vietnam Law Magazine, PwC Philippines).

Amerika Birleşik Devletleri: amortisman geri ödemeyi kısaltır; tarifeler uzatır. 19 Ocak 2025'ten sonra satın alınan varlıklar kalıcı %100 ilk yıl amortismanı alır, kârlı bir alıcı için yaklaşık %21 federal vergi kalkanı (IRS Notice 2026-11) single source, primary ; robotlar ve endüstriyel makineler hakkındaki Section 232 soruşturması 28 Ekim 2026'da yeni tarifeler yerine müzakerelerle sona erdi, 180 gün içinde yeniden değerlendirilecek (White House, Mayer Brown) verified . Güneydoğu Asya'da son montaj, kollar ve AOI tipi cihazlardaki ek vergiyi yaklaşık %37.5–40'tan %10–15'e indirir (Bölüm 1).

Bölge	Ana araçlar	Alıcı geri ödemesine etkisi estimate
Anakara Çin	İki yıla kadar 1.5 puanlık kredi sübvansiyonu; il ve şehir yükseltme ödülleri (Guangdong ≥7 M RMB kayıtlı proje gerektirir; Dongguan fiilen %4.42 ödedi); Shenzhen 2026–2029 önlemleri (oranlar kamuya açık değil)	Tek makine için yaklaşık %0–5; büyük proje içinde %4–15
Tayvan	Statü §10-1 kredisi, %5 veya 3 yıl boyunca %3 ×	Alıcı yeterince vergi öderse yaklaşık %5 kısalır
Malezya	%200 otomasyon sermaye indirimi (ilk 10 M RM)	Kârlı alıcılar için yaklaşık %15–25 kısalır
Tayland	BOI üç yıllık vergi muafiyeti, yatırımın %50–100'üne kadar	Vergi tatili dışındaki kârlı alıcılar için yaklaşık %15–25 kısalır
Vietnam, Endonezya, Filipinler	Tesis kurma için gelir vergisi teşvikleri; Filipinler'de ekstra %20 ekipman amortismanı	Tek otomasyon alımları için neredeyse hiç
Amerika Birleşik Devletleri	%100 ilk yıl amortismanı; anakara yapımı ekipmanda ≈%37.5–40 birleşik vergi	Amortisman ≈%20 kısalır; tarifeler ≈%10–40 uzatır

FIG 21 **Robotlar, AOI ve uç bilgisayarlar üzerindeki ABD vergisi** ***Çin anakarasında yapılan kollar yaklaşık 40% öder; Güneydoğu Asya veya Tayvan'dan sevk edilenler 10–15%.***



Kaynak: USITC Uyumlaştırılmış Tarife Cetveli bölüm 99; Federal Register; USTR (Kasım 2026).

Bölgeye göre: anakara Çin'de bir AI inceleme kutusu aylar içinde ve bir kobot hücresi 1.3–1.5 yılda maliyetini çıkarır; yalnızca iş gücünü kesmek için alınan yeni bir AOI 3–4 yıl ve entegre tespit-ve-alma 4.5–5.3 yıl alır, ikisi de iki yıllık elemenin ötesinde. Tayvan Shenzhen'den biraz daha iyidir (inceleme için 0.53 yıl, kobot hücresi için 1.1) ve orada işe alma daha zordur. Malezya ve Tayland'da bir AI kutusu 1–1.5 yıl ve bir kobot hücresi 2–3 yıl alır, kârlı alıcılar için yerel vergi teşvikleriyle yaklaşık %15–25 daha hızlı. Endonezya, Vietnam ve Filipinler'de yalnızca çok ucuz bir AI kutusu 2–

3 yıl içinde maliyetini çıkarır; oradaki talep daha çok müşterilerin kalite gerekliliklerinden ve iş gücü kıtlığından gelir. ABD'de saf ayıklama kolu dışındaki her seçenek 0.2–3.4 yılda maliyetini çıkarır; tarifeler, Section 232 yeniden değerlendirmesi ve NRTL sertifikası ana değişkenlerdir.

05 Pazar ve rekabet

Pazar, rekabet ve alıcıların nasıl ödediği

Pazar büyüklüğü: yayımlanan rakamlar katlarla ayrışır; yalnızca aşağıdan yukarı bir sayım işe yarar

Her pazar rakamı kapsamıyla birlikte okunmalıdır. Çin'in makine görüşü pazarı 2024'te 18.15 milyar RMB idi (Zhiyan) verified, en büyük alıcı 3C elektroniğidir; makine görüşü için küresel tahminler yaklaşık üç kat ve AOI için yaklaşık 6.5 kat ayrışır (MarketsandMarkets, Vision Systems Design/Interact Analysis, Zhiyan). Koh Young, TRI, Jutze, Sinic-Tek ve ViTrox'un gelirlerinden aşağıdan yukarı, küresel SMT denetim ekipmanı 1–2 milyar $ mertebesindedir estimate.

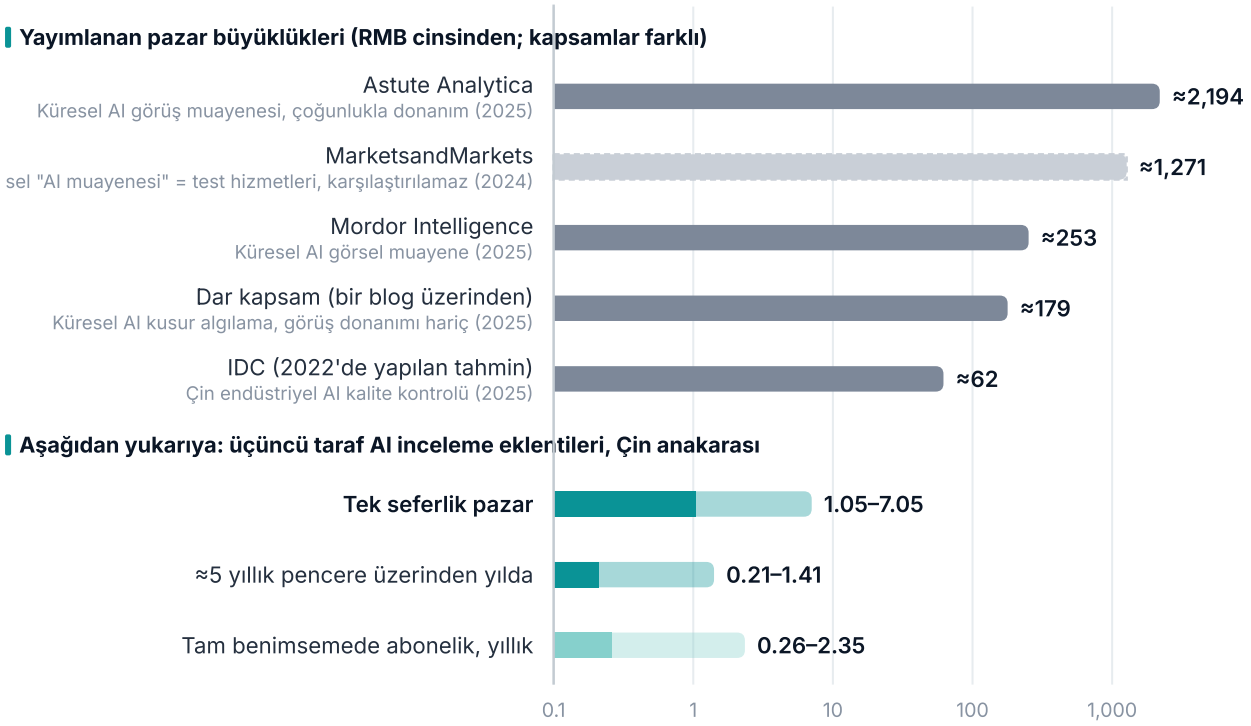
"AI görsel denetim yazılımı" için bağımsız bir pazar yoktur. Yayımlanan rakamlar on kattan fazla ayrışır ve tümü donanım veya hizmet içerir:

Kapsam	Yayıncı	Rakam
Küresel "AI endüstriyel kusur tespiti" (dar, görüş donanımı hariç)	İsimsiz firma, bir iFactory blogu üzerinden	2025'te $2.66 milyar, 2035'e %8.6 CAGR, elektronik %34
Küresel "AI görsel denetim"	Mordor Intelligence	2025'te $3.76 milyar, 2031'de $12.8 milyar, %22.67 CAGR
Küresel "AI görsel denetim" (çoğunlukla donanım)	Astute Analytica	2025'te ≈$32.66 milyar
Küresel "AI denetim" (test ve sertifikasyon hizmetleri; karşılaştırılamaz)	MarketsandMarkets	2024'te $18.92 milyar
Çin "endüstriyel AI kalite denetimi"	IDC, 2022'de yapılan tahmin	2025'te $958 milyon (≈6.2 milyar RMB), %91.5 iletişim, elektronik ve diğer iki sektörde

Kaynaklar: (iFactory, GII/Mordor, GII/Astute, MarketsandMarkets, IDC) each single source, mostly paid-report summaries.

FIG 22 **Pazar büyüklükleri on kattan fazla farklılık gösterir*Kararlar için yalnızca dar kapsam ve aşağıdan yukarıya sayım yararlıdır.***

RMB 100M (log ölçek; USD 6.7188'den)



Kaynak: Mordor Intelligence, Astute Analytica, MarketsandMarkets, IDC (2022), iFactory; yazarın aşağıdan yukarıya tahmini.

Aşağıdan yukarı, SMT hatlarının yalnızca bir kamu sayımı vardır: New Venture Research 2020'de dünya genelinde yaklaşık 73.231 hat tahmin etti, %47'si Çin'de (2000'de %19), yaklaşık %70 üst düzey ve %30 alt düzey (EMSNow, NVR SMT2020 summary) single source, 2020 ; NVR artık IPC'ye aittir ve daha yeni veriler ücretlidir (NVR). %3–5 yıllık büyüme ve %40–47 Çin payıyla, 2026'da dünya genelinde yaklaşık 87.000–98.000 hat ve anakara Çin'de 35.000–46.000 (taban 40.000) verir estimate .

Girdi	Düşük	Taban	Yüksek	Temel
Anakara Çin SMT hatları (2026)	35.000	40.000	46.000	NVR 2020 tabanı × büyüme × pay
AI incelemesi olmayan pay	%75	%80	%85	Yenileme penceresi, aşağıda
Üçüncü tarafın ulaşabildiği pay (kurum içi değil, OEM AI'sına bağlı değil, ödeyebilir)	%40	%50	%60	Varsayım: ≈%30 alt düzey hat artı bazı karışık markalı üst düzey hatlar, DBG tarzı kurum içi yapılar hariç
Hizmet edilebilir hatlar	**10.500**	**16.000**	**23.500**	Çarpım
Hat başına tek seferlik fiyat	10 bin RMB	20 bin RMB	30 bin RMB	Fiyat merdiveni ve tavan (Bölüm 4)
Tek seferlik hizmet edilebilir pazar (kurulu taban)	**105 M RMB**	**320 M RMB**	**705 M RMB**	Çarpım
≈5 yıllık pencere üzerinde yılda	21 M RMB	64 M RMB	141 M RMB	Pencere yılda %8–12 daralır
Abonelik (hat başına yılda 2.5 bin / 5 bin / 10 bin RMB, tam benimseme)	Yılda 26 M RMB	Yılda 80 M RMB	Yılda 235 M RMB	Baidu tarzı yıllık ücret çıpası

FIG 23 **Aşağıdan yukarıya: 40,000 hat → 16,000 hizmet verilebilir → ≈RMB 320M tek seferlik *Çin anakarasındaki üçüncü taraf AI inceleme nişi gerçek ama küçüktür.***



3 yılda hizmet verilebilir hatların 2–5%'ini kazanan yeni bir oyuncu: ≈320–800 hat, yılda ≈RMB 2–5M
Abonelik olarak (hat başına yılda RMB 5k): RMB 1.6–4M tekrarlayan, IDC'nin Çin endüstriyel AI kalite kontrol tahmininin yalnızca 0.3–2.3%'ü

Kaynak: NVR (2020 baz); yazarın tahminleri.

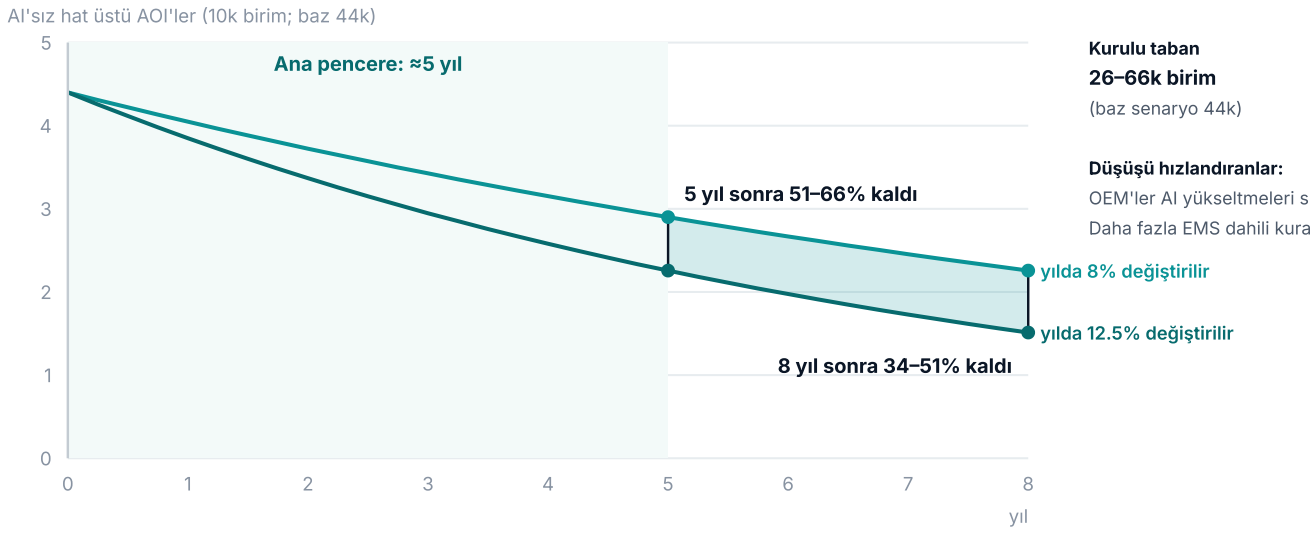
Bunların tümü tahmindir; ne pay ne de fiyat kamuya açık olarak ölçülmüştür. Niş, IDC'nin 2025'te Çin'in tüm endüstriyel AI kalite denetimi tahmininin (yaklaşık 6.2 milyar RMB) yıllık yalnızca %0.3–2.3'ü değerindedir. Üç yılda taban hizmet edilebilir hatların %2–5'ini kazanan bir yeni gelen yaklaşık 320–800 hatta sahip olur: hat başına 20.000 RMB'de toplam 6.4–16 milyon RMB, yılda yaklaşık 2–5 milyon RMB veya hat başına 5.000 RMB'de yılda 1.6–4 milyon RMB yinelenen gelir estimate. Bu, bir şirket içindeki bir iş birimi için yeterlidir, girişim ölçekli bağımsız bir şirket için değil. Tayvan, Güneydoğu Asya veya ABD'de her 1.000 kurulu hat, anakara fiyatlarında tek seferlik kabaca 3–15 milyon RMB değerindedir; Tayvan ve ABD'de fiyatlar daha yüksektir, ama oradaki alıcılar daha çok AI seçenekli OEM 3D AOI'leri kullanır estimate.

Yenileme penceresi yaklaşık beş yıldır

Hiçbir AOI üreticisi makine ömrünü yayımlamaz; EMS şirketleri ekipmanı 3–10 yılda amorti eder (DBG 2025 annual report), ve eski AOI'ler kullanım ömrü sonunda yazılım güncellemelerini ve yedek parçaları kaybeder (I-Connect007) single source. 8–12 yıl (taban 10) kullanırım.

Hat başına 1.0–1.65 hat içi AOI ile anakarada hizmette yaklaşık 35.000–78.000 hat içi AOI vardır (taban yaklaşık 55.000), bilinen sevkiyatlarla tutarlı (Circuits Assembly, Sinic-Tek 2025 annual report). Hiçbir kaynak kaçının AI inceleme çalıştırdığını ölçmez; yerli makinelerin bunu yaklaşık 2023'ten beri sunduğunu ve son teslimatların %40–60'ının kullandığını varsayarsak, **anakara Çin'de yaklaşık 26.000–66.000 hat içi AOI (taban yaklaşık 44.000) AI çalıştırmaz** estimate. Her yeni makine artık AI ile sevk edilirse bu havuz yılda %8–12.5 daralır: beş yıl sonra %51–66 kalır ve sekiz yıl sonra %34–51, AOI üreticileri daha yeni makinelere AI yükseltmeleri iterse daha hızlı. **Fırsatın çoğu önümüzdeki yaklaşık beş yılda yatar**, çekirdeğinde daha eski yerli 2D AOI'ler, karışık markalar ve AI yükseltme yolu olmayan orta ölçekli EMS'lerle.

FIG 24 **Retrofit penceresi yaklaşık beş yıldır *AI'sız hat üstü AOI'ler değiştirildikçe veya yükseltildikçe yılda 8–12.5% küçülür.***

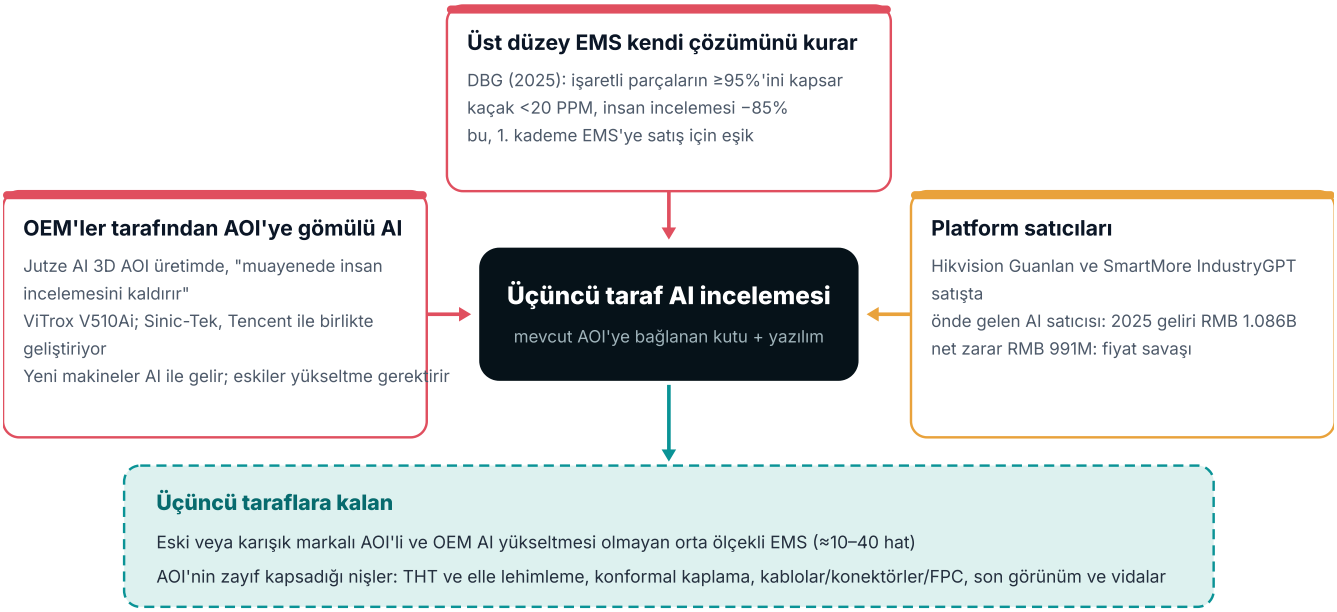


Kaynak: Yazarın tahminleri; kurulu taban ve paylar bağımsız olarak doğrulanmadı.

Rakipler zaten güçlü: inceleme kaması kuşatılmış durumda

AI inceleme kaması üç yönden daralıyor. AOI ve görüş liderleri AI'yı yeni platformlara yerleştiriyor: Jutze "AI algoritmalarını tamamen benimsedi" (Jutze investor relations, June 2026), OPT'nin endüstriyel AI geliri 2025'te %96.77 büyüdü (OPT 2025 annual report) single source, primary, ve ViTrox otonom inceleme için %95'e varan doğruluk iddia eder (ViTrox) vendor claim. Büyük üreticiler kendilerininkini kurar (iThome). Ve girişim destekli AI şirketleri ölçekte satar: SmartMore'un uç sensör müşterileri iki yılda 65'ten 251'e büyüdü (36Kr) single source, Hikvision Guanlan modelini denetim için satar (Xinhua), ve "göz, beyin ve el" entegrasyonu hâlihazırda SmartMore, Hikrobot ve Mech-Mind'den sunulmaktadır (36Kr, Securities Star).

FIG 25 **İnceleme kaması üç taraftan kuşatılmıştır** ***Üçüncü taraflara yer, orta ölçekli EMS'de ve AOI'nin zayıf kapsadığı muayene nişlerindedir.***



Kaynak: Jutze, Sinic-Tek ve DBG yıllık raporları; Hikvision ve SmartMore kamu materyalleri; yazar tarafından derlendi.

Yeni gelene kalan alan dardır: eski 2D/3D AOI'lere ve üreticiden AI yükseltmesi olmayan orta ölçekli EMS; birkaç AOI markasını karıştıran hatlar (bir yenileme satıcısı Omron, VI, Koh Young ve Mirtec'i zaten destekler (Sohu on Hengtianyi)); SMT AOI'lerinin zayıf kapsadığı nişler, örneğin delik içi ve elle lehimli bağlantılar, konformal kaplama, kablolar, konektörler ve FPC'ler, ve son görünüm ile vidalar; ve 230–280 bin RMB'lik bir AOI'yi karşılayamayan küçük tesisler.

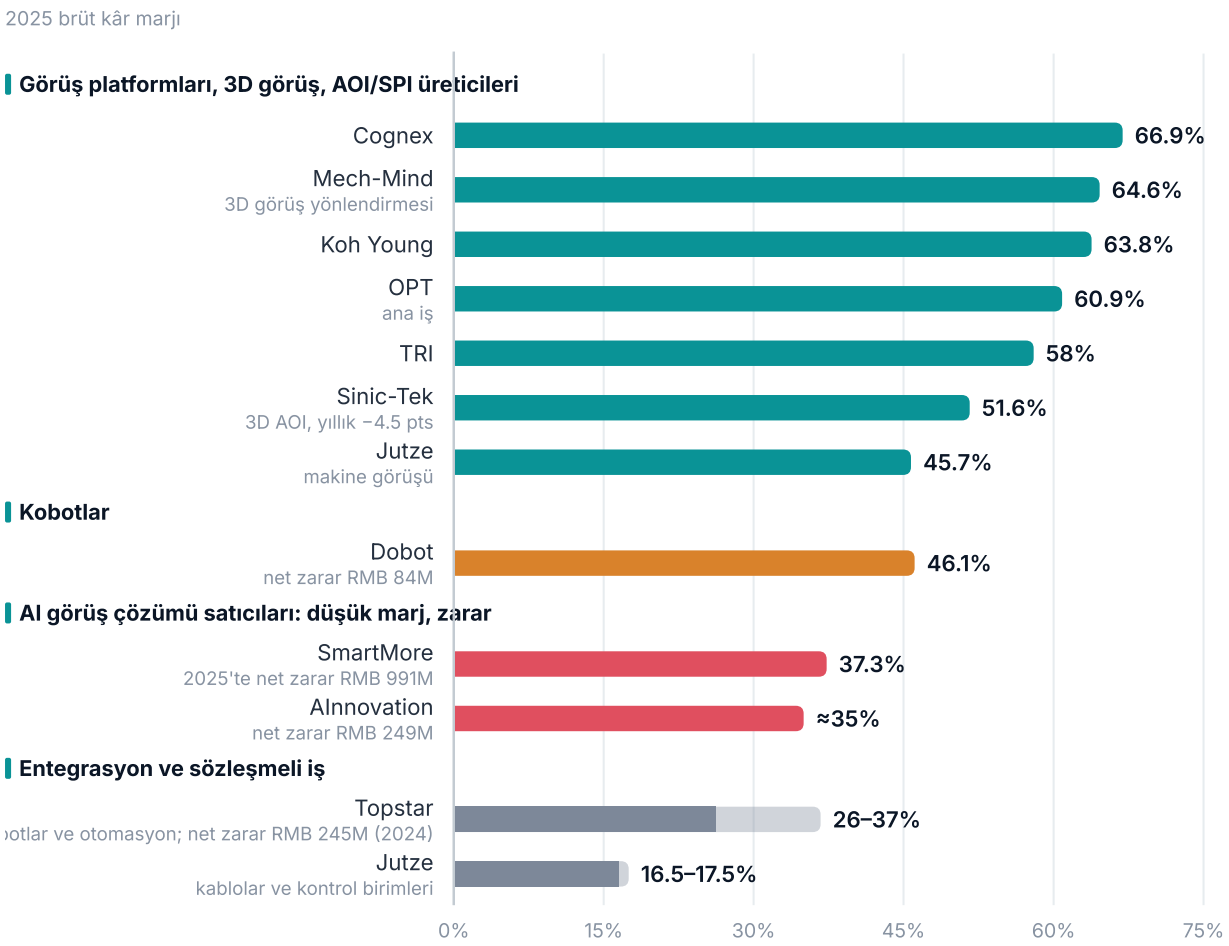
En yakın listelenmiş muadil bir uyarı verir. AI denetim ekipmanı ve robotları satan Weiyi Zhizao, Ocak–Mayıs 2026'da 3C gelirinin yıllık bazda %79.9 düştüğünü gördü, "yoğunlaşan rekabeti ve fiyat baskısını" kabul etti, 25 Ekim 2026'da Hong Kong listelemesini erteledi ve tamamlanmadan sonlandırılan 15 projeyi, bunların 12'si bedenlenmiş robot projesi, açıkladı (Weiyi Zhizao prospectus, postponement notice) single source, primary. AInnovation 2025'i alacaklarının %29.8'i karşılık ayrılmış olarak kapattı (AInnovation 2025 annual report). 3C denetim kaması kalabalıktır ve hat başına fiyat gücü zayıftır.

Marj ürünleştirilmiş donanımda yatıyor

Zincirdeki konum	Temsilci şirketler ve 2025 brüt marjı	Kâr ve tahsilatlar
Görüş platformları	Cognex %66.9	Kârlı; ≈$22 M düşük marjlı geliri elden çıkarıyor
AOI/SPI ekipmanı	Koh Young %63.8; TRI %58; OPT çekirdek iş %60.85; Sinic-Tek 3D AOI %51.62 (yıllık −4.53 puan); Jutze makine görüşü %45.74	Kârlı; alacak günleri 139 (Jutze) ila 247–274 (OPT)
3D görüş kılavuzu	Mech-Mind %64.6	—
AI görüş çözüm satıcıları	SmartMore %37.3; AInnovation ≈%35	Zarar ediyor: SmartMore 2025'te 991 M RMB net zarar, AInnovation 249 M RMB
Kobotlar	Dobot %46.1	Dobot net zarar 84 M RMB; UR geliri $326 M (2022) → ≈$232 M (2025, tahmin)
Sistem entegrasyonu	Topstar robotik ve otomasyon %26.2–36.7	Net zarar 245 M RMB (2024); alacak günleri 180–240
Sözleşmeli donanım	Jutze kablolar ve kontrol birimleri %16.5–17.5	—

Kaynaklar: (Cognex, StockAnalysis on Koh Young, Fugle on TRI, OPT 2025 annual report, Sinic-Tek 2025 annual report, Jutze 2025 annual report, Jiemian on Mech-Mind, 36Kr on SmartMore, Yicai on SmartMore, TMTPost, DoNews on AInnovation, The Paper on Dobot, The Robot Report on UR, Jiemian on Topstar).

FIG 26 **Marj ürünleştirilmiş donanımda oturur** ***Görüş platformları ve ekipman üreticileri 46–67% brüt marj kazanır; AI çözümü satıcıları 35–37% ve para kaybeder.***



Kaynak: 2025 yıllık raporları veya izahnameler.

Yeni gelen marjını yalnızca denetimi bir ürüne, ekipmana veya yazılıma dönüştürerek korur; proje bazında ayarlama marjları yaklaşık %35'e iter ve kalıcı zararlarla. Mekanikler de küçük şirketlere karşı çalışır: gelir yalnızca yerinde kabulden sonra tanınır, ön ödemeler küçüktür (Jutze, OPT), pilotlar genellikle ücretsizdir (A3/Mindtrace), ve marka sahipleri genellikle sözleşmeli üreticilerinin hatlarındaki denetim ekipmanını belirler.

Alıcılar nasıl öder: imzada %30, kabulden sonra %60, bir yıl tutulan %10

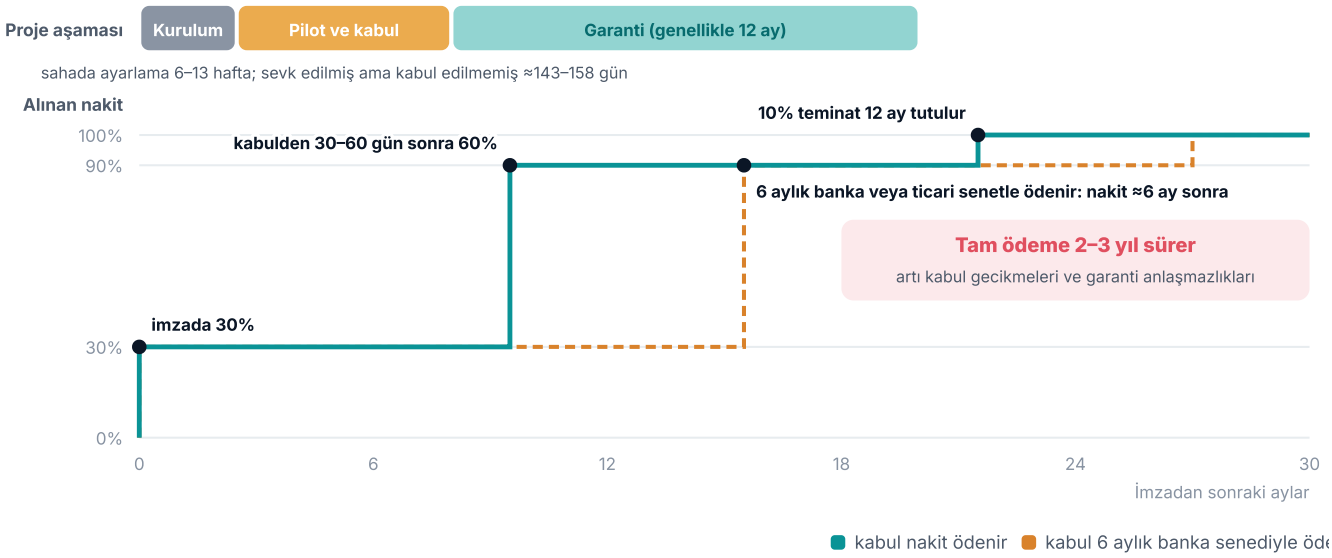
Anakara elektronik tesislerinin denetim ekipmanı için kullandığı ödeme koşulları, Sinic-Tek'in listeleme sorgu yanıtında açıklanan 13 adlandırılmış alıcı sözleşmesinde yazılıdır (Sinic-Tek inquiry reply 8-1-1) single source: one primary filing, several independent buyers, 2020–2022 :

Alıcı (yıl)	İmza	Teslim	Kabul	Tutma veya bakiye
Bir Hikvision birimi (2021)	15 gün içinde %30	—	Nihai kabulden 30 gün içinde %65	Kabulden 12 ay sonra ödenen %5 garanti tutması; kısmı 6 aylık+ banka kabul senetlerinde
Nanchang Huaqin (2020–2021)	10 iş günü içinde %30	—	Kabulden 60 gün sonra %60	Bir yıllık garanti sonrası %10
Guangdong Yinuo (2021, 3D AOI)	10 iş günü içinde %30	—	30 gün içinde %60	Üç ay arızasız çalışma sonrası %10

Alıcı (yıl)	İmza	Teslim	Kabul	Tutma veya bakiye
Xiamen Hongxin, Jingmen Hongyi (2022)	10 iş günü içinde %30	—	Nihai kabulden 30 iş günü içinde %60, 6 aylık banka senetleri	Bir yıllık garanti sonrası %10
AKM Panyu, Suzhou (2021–2022)	7–10 iş günü içinde %30	—	Kabul ve faturalamadan bir ay sonra %60, 180 günlük banka senetleri	360 gün sonra %10
BYD Precision, Shenzhen, Huizhou (2020)	—	Varışta %30	Kabul ve faturalama sonrası %70	Tümü 6 aylık ticari senetlerde
Shenzhen H&T (2020)	—	—	Kabul ve faturalama sonrası %90	Altı ay arızasız kullanım sonrası %10

Diğer birincil başvurular aynı yapıyı gösterir: Mech-Mind'in büyük projeleri imzada %30, teslimden önce %30, kabulden sonra %30 ve 12–15 ayda %10 garanti tutması öder (Mech-Mind prospectus); GKG ekipman sektöründe tutmanın genellikle sözleşmenin %5–10'u olduğunu ve kabulden bir yıl sonra ödendiğini söyler (GKG inquiry reply) single sources, primary. O halde norm imzada yaklaşık %30 (bazı tesislerde %20–30, BYD gibi bazılarında sıfır), kabulden sonra %60–65 (30–60 gün sonra ödenir, genellikle altı aylık banka veya ticari senetlerde, bu da kullanılabilir nakdi yarım yıl daha geciktirir) ve 3–12 ay (en yaygını 12) için %5–10 tutmadır verified across several contracts.

FIG 27 **Alıcılar nasıl öder** ***İmzada 30%, kabulden sonra 60%, bir yıl tutulan 10%: tam ödeme 2–3 yıl sürer.***



Kaynak: Sinic-Tek soruşturma yanıtı, Mech-Mind, GKG, JT ve diğer dosyalar; olağan koşullar için şema, zamanlama tahmini.

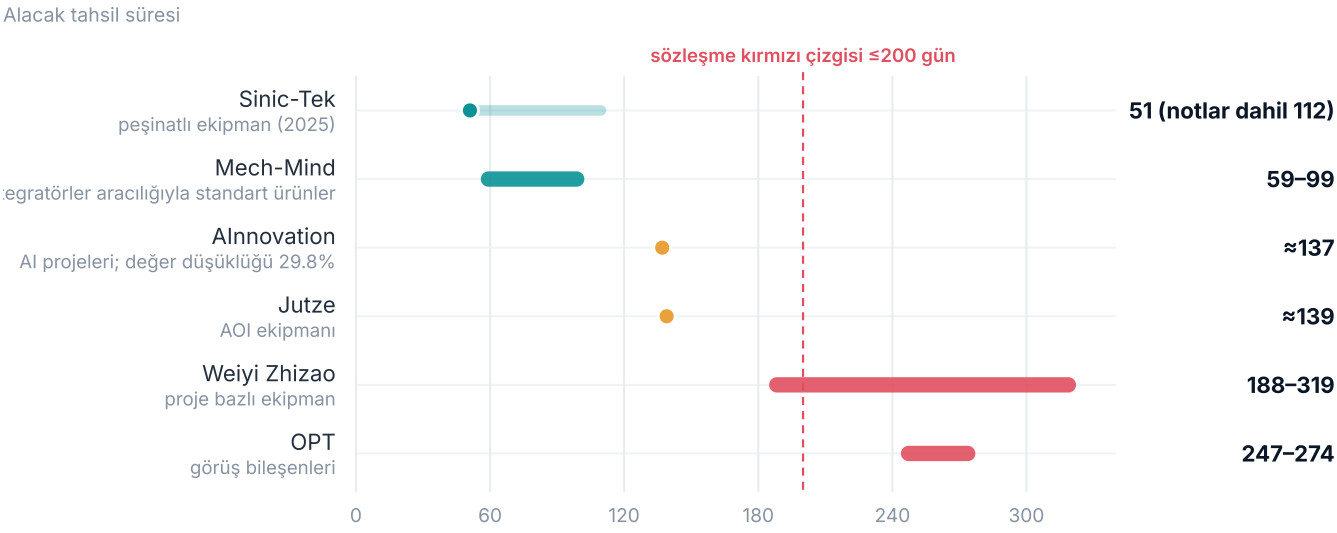
Kabul ve denemeler yavaştır ve satıcı tarafından ödenir. Sinic-Tek'in sevk edilen ama kabul edilmeyen mallarının devri yaklaşık 143–158 gün sürdü, çünkü büyük EMS ve marka müşterileri tüm hat entegrasyon testi ve uzatılmış bir deneme çalıştırması ister (Sinic-Tek inquiry reply 8-1-2); Weiyi'nin AI projeleri değerlendirmeden dağıtıma 4–8 ay sürer (Weiyi Zhizao prospectus) single sources, primary. AI inceleme pilotları için dönüşüm verisi yoktur; Sinic-Tek demo makinelerinin yalnızca yaklaşık %18–19'unu doğrudan satışa dönüştürdü. Ücretsiz pilotlar için üçte bir ila beşte bir ve kısa listeleme sonrası ücretli pilotlar için yaklaşık %80 planlıyorum estimate.

Şirket	İş modeli	Tahsil edilmemiş satış günleri
Sinic-Tek (2025)	Depozitolu ekipman	≈51 (senetler dahil ≈112)
Mech-Mind	Entegratörler üzerinden standart ürünler	59–99

Şirket	İş modeli	Tahsil edilmemiş satış günleri
Jutze	AOI ekipmanı	≈139
AInnovation (2025)	AI projeleri	Yıl sonunda ≈137, %29.8 değer düşüklüğü ile
Weiyi Zhizao	Proje tabanlı ekipman	188–319
OPT	Görüş bileşenleri	247–274

Kaynaklar: yukarıdaki yıllık raporlar ve izahnameler; alacaklar (sözleşme varlıkları dahil) ÷ gelir × 365 primary + estimate .

FIG 28 **Alacak tahsil süresi** ***Standart ürünler 51–99 gün; proje bazlı ekipman 188–319 gün.***



Kaynak: Şirket dosyaları; alacaklar (sözleşme varlıkları dahil) ÷ gelir × 365.

AOI üreticileri veya entegratörler üzerinden satılan AI inceleme lisansları Mech-Mind'in 60–100 günü gibi tahsil etmelidir; doğrudan proje satışları Weiyi'nin 190–320 günü gibi. Bir nakit zaman çizelgesi olarak bir araya getirildiğinde: ücretsiz pilot bir ila üç ay, büyük bir ODM'de nitelik yaklaşık on iki aya kadar, kurulum, teslim ve kabul üç ila yedi ay; %30 siparişte gelir, %60 ondan yaklaşık dört ila dokuz ay sonra ve son %10 ondan yaklaşık 16–21 ay sonra. **Büyük bir EMS'de ilk pilottan tam ödemeye kadar iki ila üç yıl sürebilir**; resmî ihaleleri olmayan orta ölçekli EMS niteliği haftalara kısaltabilir estimate . Açıklanan sözleşmelerdeki kabul ölçütleri yalnızca tüm hat entegrasyonunu, verimi (bir Tayvan projesi saatte 100 birim gerektiriyordu) ve aylarca arızasız çalışmayı kapsar; hiçbiri kaçak veya yanlış çağrı oranları belirtmez (Anda inquiry reply) single source, primary . AI inceleme için yazılı kabul ölçütleri pilot öncesinde kararlaştırılmalıdır.

Dört başarısızlık deseni

Belgelenen başarısızlıklar dört desene girer: ürün güvenilir olmadan sevkiyat (Rethink (The Robot Report)); bir liderin donanımı üzerinde, liderin ekosisteminin daha sonra değiştirdiği bir yazılım katmanı (READY Robotics (The Robot Report)); bir döngünün dibinde para tükenmesi (Dextrous Robotics (Robots & Startups)); ve satın alma-devralmalarla biten model şirketleri (Covariant (GeekWire)). Dersler: proje bazında ayarlamak yerine dar kapsamda ürünleştirin; kabul tabanlı gelir ve uzun tahsilatlar için işletme sermayesi tutun; 24 saat çalışan tesisler için yerel hizmet sağlayın; ve ürün kanıtlanmadan ölçeklendirmeyin.

Zamanlama: denetim beklemekten hiçbir şey kazanmaz; kol donanımı ucuzluyor

Bekleme argümanları zayıftır. Donanım 2026'da ucuzlamadı: robot üreticileri fiyatları %5–15, bazı ürünleri %25–50 artırdı (Sina Finance) single source , ve NVIDIA kitleri üçüncü kez yükseldi (36Kr). Üretim düzeyinde VLA'lar pencere

içinde gelmeyecek (IFR, Instrumental). Bu arada her AOI değişimi bir yenileme hedefini kaldırır ve her OEM AI dağıtımı bir hattın verisini ve sürecini kilitler; model yeteneği metalaşıyor ve kıt olan tesislere erişim ve etiketli fabrika verisidir. Yerel desteğin de pencereleri vardır: Shenzhen'in 2026 "AI öncü şehri" kuralları, AI uygulama gösterim projeleri için 2 milyon RMB'ye kadar ve satın almaların %30'unu karşılayan model kuponlarıyla **30 Haziran 2027**'ye kadar yürürlüktedir (Yicai, May 2026) terms single source .

Hâlâ hızla ucuzlayan şey insansılar ve hünerli ellerdir (eller iki yılda yaklaşık 50.000 RMB'den 10.000'in altına düştü (Sina Finance)) ve ürün karması aşağı taşındıkça giriş kobotlarıdır; bu, bedenlenmiş kısmı ertelemeyi savunur, denetim kısmını değil. **Genel olarak: denetim şimdi, dar bir ürün olarak; robot hücreleri şimdi, ortaklar ve entegrasyon üzerinden; bedenlenmiş AI daha sonra, bugün yalnızca bir Ar-Ge istasyonuyla.**

Bedenlenmiş AI

06 Bedenlenmiş AI: önce robotların nasıl öğretildiğini değiştirir, sonra nasıl hareket ettiklerini

Değişen şey algı ve programlamadır; hareket deterministik kalır

Her robot kolu lideri artık "fiziksel AI" pazarlar, ama sevk edilen şey üç katmana düşer: öğretmeden öğrenilmiş algı (FANUC'un Ocak 2027'de sevk edilen AI Masterless Vision'ı (FANUC); KUKA'nın sinirsel kavrama seçimi (KUKA)); program yazan ve görev planlayan büyük modeller (AI üretilen kodun bir dijital ikizde doğrulanması gerektiği uyarısını yapan KUKA'nın iiQWorks.Copilot'u (KUKA); "üretken AI'nın ne yapılacağına karar verdiği" ve robotun "nasıl hareket edileceğine karar verdiği" Gemini Robotics-ER'li Yaskawa (Yaskawa)); ve hesaplama ile veri platformları (Jetson Orin'li UR AI Accelerator (Universal Robots)) vendor claims. Hiçbir lider AI özellikleri için üretim başarı oranları yayımlamaz ve Japon liderler frontier VLA'lar kurmak yerine Google, SoftBank, Microsoft ve diğerleriyle ortaklık kurar (FANUC news index): öğrenilmiş politika katmanı model şirketlerinden, sertifikalı kollar ve denetleyiciler kol üreticilerinden gelecektir.

FIG 29 **Somutlaştırılmış-AI yığını** ***Büyük modeller çevrimdışı planlar, küçük politikalar hücrede çalışır, hareket ve güvenlik deterministik kalır.***

Katman	Ne yaptığı ve kanıtın ne kadar ileri gittiği	Zaman ölçeği · kim sahibi
Planlama L4	**Öncü modeller (çevrimdışı)** robot programlarını çevrimdışı yaz veya değiştir, geçişler, arızaları açıkla ABB RAPID programlarını 77–99.7% oranında yeniden yazar, simülasyondan sonra devreye alınır Kontrol döngüsü yalnızca 0.2–0.4 Hz: gerçek zamanın dışında kalır	**saniyeden dakikaya** Model devleri
Beceriler / politika L3	**ACT, difüzyon politikaları, küçük VLA'lar** Fikstürlü, yapılandırılmış istasyonlar 90–99.4% Uç çipleri: Jetson Thor, D-Robotics RDK, Ascend, Rockchip	**eylem parçaları 100–300 ms** Çip satıcıları · robot üreticileri
Hareket kontrolü L2	**Robot kontrolörü** yörüngeler, servo, kuvvet kontrolü, çarpışma kontrolleri deterministik kod; öğrenilmiş politikalar yalnızca hedef belirler	**milisaniye (gerçek zaman >83 Hz gerektirir)** Robot üreticileri
Güvenlik L1	**Güvenlik PLC'si, tarayıcılar, kuvvet ve hız sınırları** ISO 10218-1/-2:2025 ve yerel kurallara göre sertifikalı Güvenlik fonksiyonlarında ML yok: AB onaylı kuruluş incelemesi 20 Oca 2027'den itibaren	**sert gerçek zaman** Sertifikalı robot + entegratör

Küçük firmalar entegrasyon ve algılama donanımında kazanır: öğrenilmiş algıyı ve küçük politikaları sertifikalı robot hücrelerine, her seferinde bi

Kaynak: Yazarın sentezi (Bölüm 3 ve 6); ISO 10218:2025; AB Makine Yönetmeliği.

Yapılandırılmamış, esnek, küçük partili işten ne kadar uzakta: yapılandırılmış istasyonlar 1–3 yılda, esnek montaj 5+

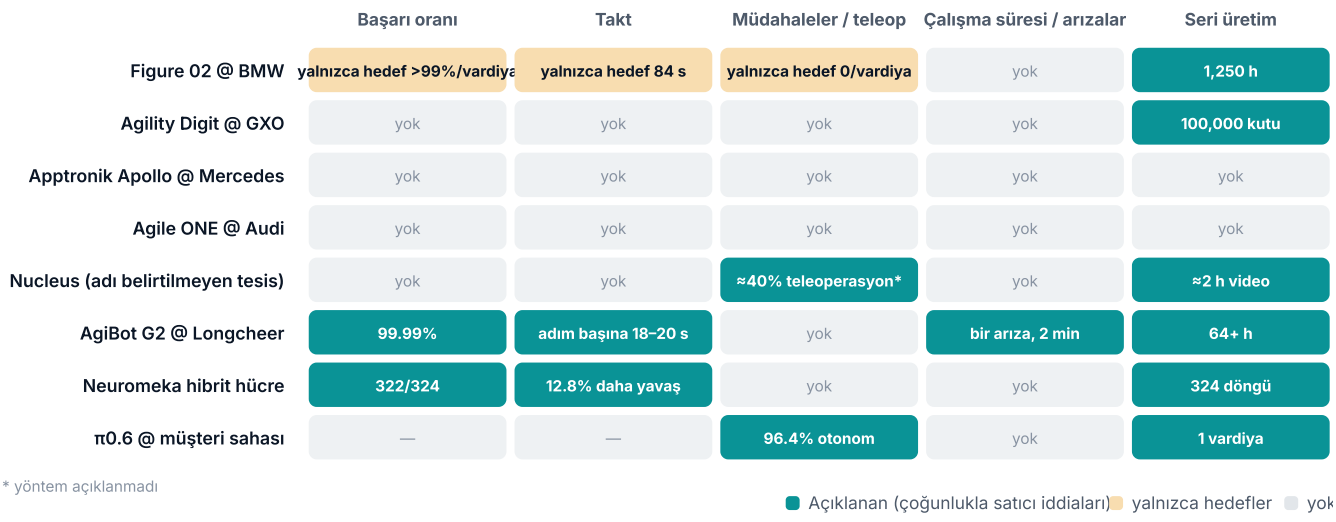
Gerçek fabrika rakamları görünmeye başladı, ama satıcı bildirimli, dar ve yapılandırılmış istasyonlardan. AgiBot'un Longcheer tablet son test hattındaki sekiz insansısı 64 saatten fazla sürede %99.99 ile 64.828 görev kaydetti (AgiBot, Yicai Global) vendor and customer, ama bu görüşlü geleneksel bir kolun yapabileceği bir besleme işidir. UBTech, Walker S2'nin insan verimliliğinin %30–50'sinde çalıştığını söyler (Irish Times/FT) single source. Figure

02'nin BMW Spartanburg'daki 11 ayı hacim rakamları üretti (1.250+ saat, 90.000+ parça), döngü, başarı ve müdahale sayıları ise sonuç değil hedeftir (Figure, BMW Group) verified, numerators only. Nucleus fabrika videosunun yaklaşık %40'ının teleoperasyonlu olduğunu söyler (Interesting Engineering) vendor claim, ve bir Reuters soruşturması bazı Çin insansıları için bir işçinin çıktısının yaklaşık %20'sini aktardı (Notebookcheck) single source. Hiçbir dağıtım başarı oranı, döngü süresi ve müdahale oranını birlikte yayımlamaz ve hiçbiri denetlenmemiştir, oysa bu üçü tam olarak bir geri ödeme hesabının ihtiyaç duyduğu şeydir.

Dağıtım	Başarı oranı	Takt	Müdahaleler veya teleoperasyon	Çalışma süresi veya arıza aralığı	Hacim çalıştırması
Figure 02 @ BMW Spartanburg	Yalnızca hedef (vardiya başına >%99)	Yalnızca hedef (84 sn)	Yalnızca hedef (vardiya başına 0)	Açıklanmadı (ön kol üst arıza noktası)	1.250 sa
Agility Digit @ GXO	Açıklanmadı	Açıklanmadı	Açıklanmadı	Açıklanmadı	100.000 kutu
Apptronik Apollo @ Mercedes-Benz	Açıklanmadı	Açıklanmadı	Açıklanmadı	Açıklanmadı	Açıklanmadı
Agile ONE @ Audi	Açıklanmadı	Açıklanmadı	Açıklanmadı	Açıklanmadı	Açıklanmadı
Nucleus (isimsiz tesis)	Açıklanmadı	Açıklanmadı	≈%40 teleoperasyonlu (yöntem açıklanmadı)	Açıklanmadı	≈2 sa video
AgiBot G2 @ Longcheer	64.828 görevin %99.99'u	Adım başına 18–20 sn	Açıklanmadı	Bir iletişim arızası, ≈2 dk kurtarma	64+ sa
Neuromeka hibrit hücre	322/324	Bir kişiden %12.8 daha yavaş	Açıklanmadı	Açıklanmadı	324 döngü
Physical Intelligence π0.6 bir müşteri sahasında	—	—	Bir vardiyada %96.4 otonom	Açıklanmadı	Bir vardiya

Kaynaklar: bu bölüm ve Bölüm 3 mostly vendor claims.

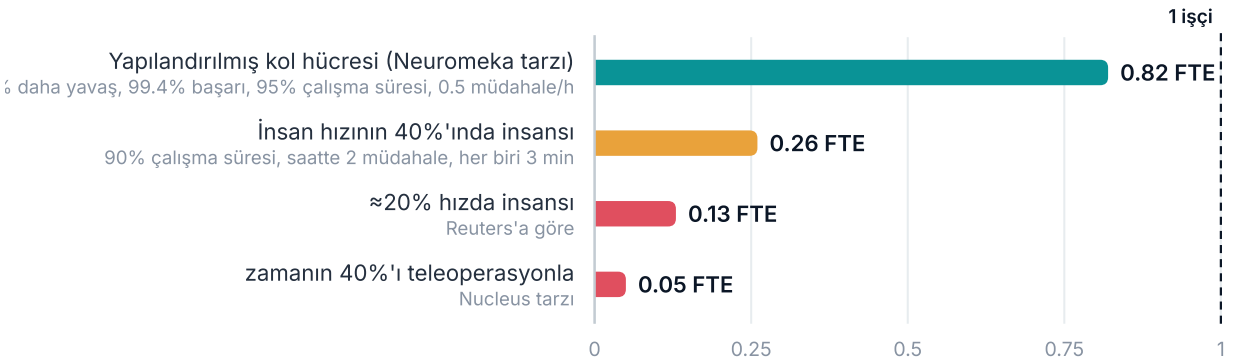
FIG 30 **Tesis içi robot dağıtımları aslında neyi açıklar** ***Çoğu yalnızca hacmi açıklar; hiçbiri başarı oranını, takti ve müdahale oranını birlikte açıklamaz.***



Kaynak: BMW, Figure, Agility, Mercedes-Benz, Audi, AgiBot, Neuromeka, Physical Intelligence ve diğerlerinin kamu materyalleri.

Teleoperasyon, ekonomide başarı oranından daha önemlidir. Robot başına vardiya başına net değiştirilen kişi ≈ (insan döngüsü ÷ robot döngüsü) × çalışma süresi × başarı, eksi müdahale süresi ve teleoperasyon estimate, my formula . Neurometa tarzı yapılandırılmış bir istasyon (%12.8 daha yavaş, %99.4 başarı, %95 çalışma süresi, saatte 2 dakikalık 0.5 müdahale) yaklaşık 0.82 kişi değiştirir; insan hızının %40'ında, %90 çalışma süresi ve saatte iki 3 dakikalık müdahale ile bir insansı yaklaşık 0.26; Reuters'in %20'sinde yaklaşık 0.13; ve Nucleus gibi bir operatör zamanın %40'ında onu teleoperasyonla sürerse yaklaşık 0.05, neredeyse hiç. Anakarada insansı başına yaklaşık 600 bin RMB ve kişi başına yılda 85 bin RMB ile son üçü onyıllar boyunca geri öder; yalnızca yapılandırılmış kol istasyonu gerçekçi bir geri ödemeye sahiptir (Bölüm 4) estimate .

FIG 31 **Robot başına net ikame edilen işgücü** ***Yapılandırılmış bir kol hücresi yaklaşık 0.82 işçiyi ikame eder; zamanın 40%'ında teleoperasyonlu bir insansı yaklaşık 0.05.***



Kaynak: Yazarın formüle dayalı tahminleri.

Yapılandırılmış istasyonların dışında genel modeller yeni görevlerde hâlâ %40–90 puan alır: Gemini Robotics 2 laboratuvar al-ve-yerleştirde %74.2, alet kit toplamada %78.9 ve çanta bağlamada %44'e ulaşır (eesel/DeepMind); 30 gerçek robot görevli RoboChallenge Table30'da π0.5 %43.7 ve en iyi açık model %50.3 puan alır (RoboChallenge, QbitAI).

Dış tahminler ayrışır, ama hiçbiri iki yıl içinde yaygın kullanımı desteklemez. IFR genel fiziksel AI'nın "henüz endüstriyel düzeyde olmadığını" ve çoğu insansının "hâlâ prototip veya pilot" olduğunu söyler (IFR); Interact Analysis 2025'te üretilen insansıların yalnızca yaklaşık %10'unun gerçek kullanıma girdiğini, ticari dönüm noktasının "2032'den sonra" olduğunu tahmin eder (automation.com); UBS insansı bir "EV anı"nı 2030'dan önce olası görmez (Yicai Global); Çinli içeriden kişiler fabrika ölçeğinde kullanıma iki ila üç yıl daha olduğunu tahmin eder (Gasgoo) single sources . Benim hükmüm estimate : satıcının yerinde olduğu iyi kaynaklı elektronik ve otomotiv tesislerinde **yapılandırılmış istasyon görevleri** (besleme, OK/NG sıralama, sabitlenmiş yerleştirme) yaklaşık 1–3 yılda insan hızına yakın ≥%99'a ulaşacaktır; genel VLA'larla **karışık parça kit toplama** yaklaşık 3–5 yılda; **serbest güzergahlı kablo demetleri ve çok adımlı esnek montaj** 5 yıldan fazla. İnsansı geri ödemesi bugün çalışmaz: yaklaşık 600 bin RMB'lik bir Walker S2 (10jqka) single source , iki vardiyada insan verimliliğinin %30–50'sinde, yaklaşık 0.6–1.0 işçiye eşittir; entegrasyon, bakım ve kesinti öncesi anakara iş gücü maliyetlerinde 7–12 yıllık basit bir geri ödeme estimate .

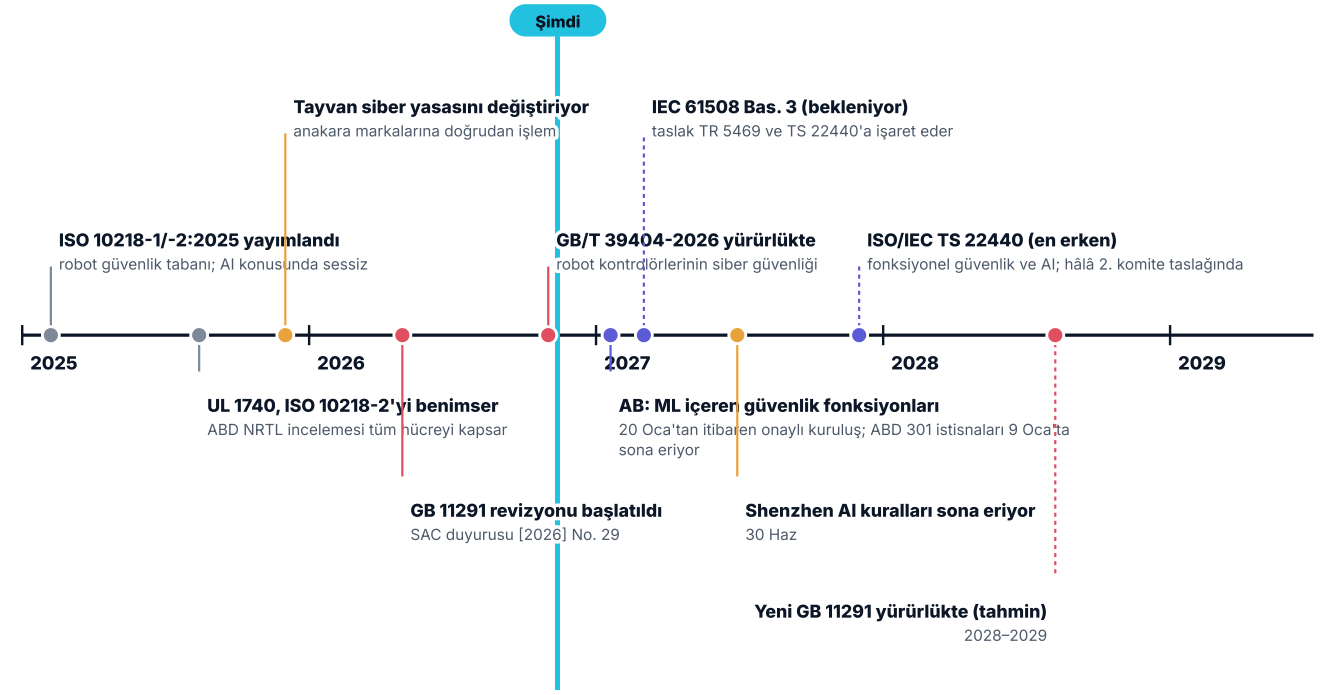
Nerede takılıyor

Halka	2026'daki kanıt
Veri	Sektör en az 10 milyon saat yüksek kaliteli gerçek veri gerektiğini ve 2026 başında yalnızca yaklaşık 500.000 saat toplandığını tahmin eder (Gasgoo); Reuters yaklaşık 100 milyon gerekene karşı yaklaşık 500.000 saat bildirir (Notebookcheck); acemi bir teleoperatör kullanılabilir hareket başına yaklaşık 300 deneme gerektirir; tesisler süreç verisini paylaşmaz; simülasyonda eğitilen politikalar gerçek robotlarda keskin düşer
Güvenilirlik	Yapılandırılmış istasyonlar %98–99.99 (satıcı iddiaları, başarısızlık tanımsız); genel modeller yeni görevlerde %40–90; görülmemiş konektörler %29–67

Halka	2026'daki kanıt
Hız	İnsansılar insan hızının %30–50'sinde (UBTech), bazıları yaklaşık %20 (Reuters); frontier ajanlar yarı-statik gerçek robot görevi başına yaklaşık 280 sn; gereken yaklaşık 83 Hz'e karşı 0.2–0.4 Hz'de LLM kontrol döngüleri (Anthropic)
Maliyet	Walker S2 ortalama yaklaşık 600 bin RMB; 7–12 yıllık geri ödeme estimate
Güvenlik sertifikası	ISO 10218-1/-2:2025 fonksiyonel güvenliği daha açık kılar ve iş birlikçi gereklilikleri emer, ama AI hakkında hiçbir şey söylemez (The Robot Report); ISO/IEC TS 22440 (fonksiyonel güvenlik ve AI) Kasım 2026'da hâlâ ikinci komite taslağıydı (ISS, ISO Open Data); IEC 61508-3 kılavuzu SIL 1 üzerinde AI'ya karşı tavsiye verir (Analog Devices); AB Makine Yönetmeliği uyarınca makine öğrenimli güvenlik işlevleri 20 Ocak 2027'den itibaren onaylanmış kuruluş değerlendirmesi gerektirir (EUR-Lex)
Eller ve aletler	Hünerli eller parmak başına yaklaşık 30 N (≈3 kg) yönetir, insan elinin yaklaşık 10 kg'ına karşı (Gasgoo); alet değişimleri hâlâ elle
Entegrasyon	Sahada sensör yanlış okumaları, protokol uyuşmazlıkları ve MES bağlantıları; müdahale oranları neredeyse hiç açıklanmaz

Güvenlik sonucu doğrudandır: standartlar öğrenilmiş politikaları ne yasaklar ne de tanır. ISO 10218-1/-2:2025 AI hakkında hiçbir şey söylemez; ISO/IEC TS 22440 (fonksiyonel güvenlik ve AI) hâlâ komite taslağında ve 2027 sonu veya 2028'den önce olası değildir estimate; ISO/IEC TR 5469:2024 yalnızca kılavuzdur, AI dışı geri dönüşleri, denetleyici kısıtları ve yedekli oylamayı önerir; IEC 61508 baskı 3'ün 2027 başında gelmesi beklenir (ISO Open Data, BSI, 61508 Association) verified. Henüz hiçbir yayımlanmış standart, makine öğrenimi algısını bir güvenlik işlevi olarak sertifikalamak için kabul edilmiş bir yol sunmaz. Bölgesel kurallar da hareket ediyor: Çin GB 11291'i revize ediyor (yaklaşık 2028–2029'da yürürlükte) (revision plan 20262543); UL 1740, Ağustos 2025'ten beri ISO 10218-2'yi ABD NRTL incelemesine getirdi; AB 20 Ocak 2027'den itibaren makine öğrenimli güvenlik işlevlerinin onaylanmış kuruluş değerlendirmesini gerektiriyor; ve ISO 25785-1 hâlâ taslakken hiçbir insansı çitsiz fabrika kullanımı için sertifikalı değildir (i-SCOOP). Savunulabilir mimari: makine öğrenimi yalnızca süreç kararları verir ("hangi parça", "bu kart iyi mi"), sertifikalı deterministik bir güvenlik katmanı (tipik olarak PL d / Kategori 3) ve bir güvenlik PLC'si hız, kuvvet ve duruşlara karar verir. Herhangi bir "çitsiz güvenlik için kamera AI" iddiasını, bir PL d veya SIL 2 sertifikası makine öğrenimi bileşenini adlandırana kadar kanıtlanmamış kabul edin.

FIG 32 **Standartlar ve düzenleme zaman çizelgesi** ***Güvenlik fonksiyonları içindeki AI için bir sertifikasyon yolu 2027–2029'dan önce netleşmez.***



Kaynak: ISO, IEC, UL, EUR-Lex, SAC ve ulusal düzenleme veritabanları.

Hangi katman fırsattır: modeller devlere, uç kutuları çip üreticilerine, küçük firmalar entegrasyon ve algı donanımına aittir

Model katmanı sermaye ve veri gerektirir ve devlere aittir (AgiBot GO-2'yi "on binlerce saat" ile eğitti (iFeng Tech); en güçlü modeller kapalı veya yalnızca buluttadır). Uç kutu katmanı çip üreticilerine aittir: Jetson Thor fiili standarttır ve anakarada D-Robotics'in RDK kartları (D-Robotics) ve Rockchip yardımcı işlemcileri (CSDN) rekabet eder, çoğunlukla yayımlanmış VLA sonuçları olmadan.

Küçük firmaların iki açılımı vardır. Biri doğrudan güvenilirlik satın alan algı donanımıdır: dokunma ContactDP'nin yerleştirme başarısını %58.7'den %97.8'e çıkarır ve kuvvet/tork sensörleri ile bilek kameraları benzer iş yapar; veri toplama kitleri de satar (10jqka), oysa eller, sensörler ve kolların tümü fiyatta düşüyor. Diğeri kol üreticileri ile model şirketleri arasındaki entegrasyon katmanıdır; her istasyonun görev verisini, güvenlik zarfını ve MES bağlantısını sahiplenir, bunu kol üreticileri bugün bir ürün olarak satmaz. Rakipler dört gruba düşer: kol liderleri (FANUC, Yaskawa, KUKA, ABB, UR, JAKA, Dobot ve diğerleri), görüş-artı-kol firmaları (Mech-Mind, Hikrobot, SmartMore), bedenlenmiş AI şirketleri (AgiBot, UBTech, Unitree, Galbot, Figure, Physical Intelligence, Google DeepMind, NVIDIA) ve otomotiv çipi girişleri.

Alıcı kabulü: paydasız rakam olmaz

Hiçbir satıcı müdahale oranları, arıza aralıkları veya uzun vadeli başarı sayıları yayımlamadığından, bunlar sözleşmenin kabul koşullarına girer. İstatistiksel olarak, sıfır arızalı 3.000 ardışık üretim döngüsü %95 güvenle en fazla %0.1 arıza oranını kanıtlar; 3.000'de 10 arıza yalnızca ≤%0.57 kanıtlar; sıfır arızayla ≤%1, ≤%0.5, ≤%0.1 ve ≤%0.01 kanıtlamak 299, 598, 2.995 ve 29.956 döngü alır estimate, exact binomial. Bu standarda göre Neuromeka'nın 322/324'ü %97.8–99.9'luk iki taraflı %95 aralığına sahiptir ve ≥%99'u kanıtlamaz; AgiBot'un 64.828 görevde kabaca 6 arızası %99.98–100 ima eder, ama yalnızca "arıza" alıcının tanımladığı gibi tanımlanırsa estimate. Bunlar, herhangi

bir robot kolu veya bedenlenmiş hücreye koyacağım kabul gereklilikleridir; eşikler Figure'ın BMW'deki kendi hedeflerinden ve Neuromeka ile AgiBot vakalarından çekilmiştir ve bunlar bir standart değil, yargıdır estimate :

Öğe	Gerektir	Önerilen geçme eşiği
Tanımlar	Döngü, başarı, arıza (kısmi başarı, yeniden kavrama, düşme, kalite kaçağı), müdahale (dokunma, uzaktan teleoperasyon, sıfırlama, acil duruş) ve otonominin nasıl hesaplandığının imzalı tanımları	Tanımlar herhangi bir ölçütten önce gelir; formülsüz yüzde olmaz
Müdahaleler ve teleoperasyon	Robot saati başına, tür ve süreye göre; müdahaleler arası ortalama süre; teleoperasyon dakikalarının çalışma süresine oranı; robot başına operatör	Yapılandırılmış istasyonlar robot saati başına ≤0.5 müdahale (≥2 sa arayla); kabul sırasında sıfır teleoperasyon
Uzun vadeli başarı	≥3 vardiyada, ≥2 parça numarası ve normal aydınlatma ile besleme değişiminde ≥3.000 ardışık üretim döngüsü; arızalar sınıflandırılmış; tam alt sınır	Hattı durduran hat içi istasyonlar için alt sınır ≥%99.5, çevrimdışı ≥%99.0; kalite kaçakları ayrı bildirilir
Döngü süresi	Aynı istasyonda ≥30 zamanlanmış insan döngüsüne karşı, kurtarma dahil parça başına P50/P90/P99	≤1.15 × insan P50 veya hat taktı içinde
Çalışma süresi ve arızalar	Çalışma saatleri, kesinti günlüğü, bileşen bazında arızalar, parça değiştirme süresi	≥2 haftada ≥%95 çalışma süresi; sahada yedek parçayla MTTR ≤20 dk
Kurtarma	Betikli arıza enjeksiyonu: düşmeler, kapanmalar, aydınlatma değişimi, konveyör duruşu, MES veya ağ kaybı, güç kaybı, acil duruş	≥%90 otonom kurtarma, 2 dk içinde üretime geri dönüş
Geçiş	Yeni parça numarası veya fikstür başına saatler, gösterimler, operatör becerisi ve veri toplama maliyeti	Yapılandırılmış istasyonlar: yeni parça numarası başına ≤1 vardiya ve ≤100 demo
Güvenlik	Kol ve hücre ISO 10218-1/-2:2025'e, hücre risk değerlendirmesi, yerel kurallar (anakarada GB 11291; Tayvan'da CNS 14490 artı yazılı değerlendirme; ABD'de ANSI/A3 R15.06-2025 ve UL 1740)	Makine öğrenimiyle uygulanan güvenlik işlevi yok; sertifikalı bir güvenlik katmanı (tipik olarak PL d / Kat 3) hızı ve kuvveti sınırlar; ISO 25785-1 yayımlanıp değerlendirilene kadar çitsiz bacaklı robot yok
Hesaplama ve çevrimdışı davranış	Çıkarım donanımı, P99 gecikme, ağsız davranış, model sürümleme, her güncellemeden sonra yeniden doğrulama	Takt açısından kritik çıkarım buluta bağlı değildir; herhangi bir model, niceleme veya motor değişiminden sonra tam yeniden kabul
Kanıt	Tüm kabul penceresi için düzenlenmemiş video ve ham günlükler; müşterinin kalite ekibi veya üçüncü tarafça tanık olunmuş	Öne çıkan kurgu veya yalnızca satıcı özetleri yok
Ticari koşullar	Kabul ölçütlerine bağlı ödeme kilometre taşları; robot saati başına faturalanırken kullanılabilirlik cezaları; veri sahipliği ve uzaktan erişim kuralları	Nihai ödeme ve tutma yalnızca 3.000 döngülük kabul ve ≥4 haftalık istikrarlı çalışma sonrası serbest bırakılır
Ekonomi	Net değiştirilen kişi = hız oranı × çalışma süresi × başarı − müdahale süresi − teleoperasyon payı	Net değişimi iddia edilen geri ödemeyi destekleyemeyen herhangi bir teklifi reddedin

Kaynaklar: (Figure, Neuromeka, Yicai Global, i-SCOOP); eşikler benim önerilerimdir.

Açık sorular

07 Kamu kayıtlarının yanıtlayamadıkları ve bir pilotun bunları nasıl netleştirdiği

Kamu kaynaklarının yanıtlayamadığı sorular beş gruba düşer: AI incelemenin fiilen ne kadara satıldığı ve alıcıların ne ödeyeceği; AOI üreticilerinin AI'yı nasıl paketlediği ve eski makineleri nasıl yükselttiği; kurulu AOI'lerin ne kadar eski olduğu ve kaçının zaten AI çalıştırdığı; incelemenin hat başına gerçekten kaç kişi ve saat gerektirdiği; ve pilotların nasıl dönüştüğü ve alıcıların nasıl ödediği. Bunların üzerine en yeni modellerin, nicelemiş derlemelerin ve robot kollarının belirli bir tesisin koşullarında fiilen nasıl performans gösterdiği gelir. Her biri net bir eşikle bir teste dönüştürülebilir. Aşağıdaki eşikler, bu rapordaki kanıtlardan türettiğim karar kurallarıdır estimate ; ilk tesis verisi gelir gelmez yeniden hesaplayın.

Açık soru	Nasıl netleştirilir	İyi bir sonuç nasıl görünür
AI inceleme için fiyat ve ödeme isteği	Birkaç üçüncü taraf satıcıya gönderilen standart bir fiyat teklifi talebi (örneğin eski 2D ve yeni 3D AOI'lerin karışık olduğu dört hat, iki vardiya, vardiya başına yaklaşık 2.000 kart, 12 kusur sınıfı, yalnızca yerinde, MES veya IPC-CFX entegrasyonu); 20–30 EMS tesisinde dört soruluk bir fiyat duyarlılığı anketi	Çoğu teklif dört hat için 40–120 bin RMB tek seferlik veya yılda 20–40 bin RMB; tesislerin en az yarısı 12 ay içinde geri ödemeyle hat başına 10–30 bin RMB'yi kabul eder
Eski makineler için AOI üreticilerinin AI paketleme ve yükseltmeleri	Yaklaşık bir düzine AOI üreticisi ve dağıtıcısıyla kısa yapılandırılmış görüşmeler	AI incelemenin 2025–26 modellerde standart mı, isteğe bağlı mı yoksa yok mu olduğu; 2020 öncesi makinelerin hangi fiyata yükseltilebileceği
Kurulu AOI'lerin yaşı ve AI çalıştıran payı	Boyut ve bölgeye göre tabakalandırılmış yaklaşık 30 EMS tesisinde, ekipman listeleri NDA altında incelenerek yerinde anket	Medyan AOI yaşı ≥5 yıl ve ≥%60 AI'sız ise yenileme havuzu gerçektir
İnceleme iş gücü ve saatleri	İki veya daha fazla tesiste görüşmeler ve 2–4 haftalık AOI alarm, inceleme, onarım ve vardiya günlükleri, iş örneklemesiyle	Vardiya başına hat başına ≥1 adanmış inceleyici ve vardiya başına hat başına ≥3 inceleme saati, tesisin yeniden görevlendirmeye istekli olduğu hat başına en az 0.5 FTE
AI incelemenin kendi performansı	Gerçek bir hatta altın set artı gölge modu (Bölüm 3): 0. haftada veri anlaşması, 1–2. haftalarda taban çizgisi ve etiketleme, 2–4. haftalarda gölge çalıştırma, 4–8. haftalarda isteğe bağlı yardımlı çalıştırma	Yanlış çağrılar veya inceleme saatleri ≥%50–60 kesilir; sınıf başına kaçak sınırları insan taban çizgisinden kötü değil; kritik sınıflarda sıfır atlama; p95 gecikme ≤½ takt; insanlara otomatik açık hata
Frontier modellerin öğretmen etiketi kalitesi	Aynı altın sette iki veya üç aday çalıştırın, her biri üç istem ifadesi, bir iyi referans görüntü, ≥42–48 px tek bileşenli kırpıntılar	Otomatik kabul yalnızca ≥299 kusurda sıfır atlama ve insan düzeyinde uyum olan sınıflar için; aksi takdirde yalnızca ön etiketleme ve önceliklendirme
Nicelemiş derlemeler	Yalnızca hassasiyeti değiştirin; ağırlık karmalarını, şablonu, ön işlemeyi, çözümlemeyi, motoru ve toplu boyutunu sabitleyin; önek önbelleğini devre dışı bırakın veya sıfırlayın; referans derlemenin satıcı sonuçlarını yeniden ürettiğini kontrol edin; altın set ve sürüklenme diliminde çiftleri puanlayın	Kritik sınıflarda yeni atlama yok; 1.000 kusurda ≤1 yeni atlama; temizleme ≤2 puan düşer; üç çalıştırmada ≥%99.5 özdeş karar; aksi takdirde FP8/INT8'e geri dönün

Açık soru	Nasıl netleştirilir	İyi bir sonuç nasıl görünür
Hat tarafı donanım, temizlik ve ESD	Her aday kutunun ≥2 birimi beklenen alarm oranının iki katında stres testi; gerçek kabin hava akışında 72 saatlik bekletme; müşterinin koordinatörü tarafından ESD kontrolü; ISO 7 ve daha temiz müşteriler için ISO 14644-14 testi	p95 ≤½ takt; 72 saatte çökme veya kısma yok; ESD onayı; doğru sınıfta parçacık raporu
Ödeme koşulları, pilot kuralları ve dönüşüm	Anket yapılan tesislerdeki son denetim ekipmanı sözleşmelerinden ödeme maddeleri; pilot kuralları, kabul ölçütleri ve nitelik süresi üzerine görüşmeler	Kabulden 60 gün içinde nakitle yaklaşık 30/60/10; pilotlar adlandırılmış bir onay sahibiyle ≤8–12 hafta; ≥3 denemeden 1'i dönüşür; birinci yılda ≥5–10 hattı kapsayan bir çerçeve
Veri, BT ve sorumluluk	Hukuk müşaviriyle görüşmeler ve sözleşme incelemesi	Yerel bir kutu bağlanabilir ve veriye erişebilir; sorumluluk yazılım kusurlarıyla sınırlı
Yurt dışına çıkmadan önce bölgesel uyum	Tayvan: müşterinin Siber Güvenlik Yönetimi Yasası kapsamındaki yazılı durumu, E187 öz değerlendirmesi; ABD: bir hücrenin nasıl sınıflandırıldığına dair gümrük kararı, NRTL teklifleri, ITAR kontrolü; Güneydoğu Asya: BOI yerel-bağlantı ve Malezya indirimi uygunluğu, müşterinin ana şirketi; anakara: paketlenmiş PC'ler ve güç kaynakları için CCC kapsamı	Müşteri kontrollü bir kurum değildir ve geri ödeme, vergi ve sertifika dahil ≤2 yıl kalır
Bir robot veya bedenlenmiş hücrenin kabulü	Bölüm 6'daki 12 maddelik kabul tablosu: imzalı tanımlar, ≥3 vardiya ve ≥2 parça numarasında ≥3.000 ardışık üretim döngüsü, betikli arıza enjeksiyonu, ≥30 zamanlanmış insan döngüsü, tanıklı	Alt sınır hat içi ≥%99.5 (çevrimdışı ≥%99.0); döngü ≤1.15 × insan; saatte ≤0.5 müdahale ve sıfır teleoperasyon; ≥%95 çalışma süresi; MTTR ≤20 dk; ≥%90 kurtarma
Çin uç çiplerinde ACT ve VLA politikaları	Dört hafta: port ve mikro-kıyaslama (≥1.000 çıkarım, gecikme dağılımı, güç, 60 dakikalık bekletme); ölçülen gecikme enjekte edilerek kapalı döngü simülasyon; GPU'ya karşı gerçek robot A/B; 8–24 saatlik dayanıklılık (≥3.000 döngü)	ACT parçaları p95 ≤100 ms, VLA ≤300 ms; gerçek robot başarısı GPU'nun 3 puanı içinde ve döngü ≤1.2 × insan; aksi takdirde politikayı Jetson veya GPU'da tutun
Kobot, AMR ve entegrasyon fiyatları	Birkaç kobot dağıtıcısından model bazında teklifler ve test fikstürü yükleme (bir istasyon, iki vardiya) için iki veya üç entegratörden tam hücre teklifleri	Tam hücre ≤200 bin RMB ve Shenzhen'de iki vardiyada geri ödeme ≤1.5 yıl
Tayvan, Güneydoğu Asya ve ABD'deki SMT hat sayıları	IPC (eski New Venture Research) verisi veya yerel ekipman dağıtıcılarının kurulu tabanı	Yerel uygulama mühendisliğini gerekçelendirmek için bölge başına yeterli hizmet edilebilir hat

Tüm bunlardan dördü bu rapordaki en hassas rakamları belirler: alıcıların ödeyeceği fiyat, AI incelemenin fiilen serbest bıraktığı iş gücü, AI incelemenin insanlardan gerçekten daha fazla atlayıp atlamadığı ve nakdin ne kadar hızlı geri geldiği. Bunlar, bir satın alma düşünen tesis veya bir ürün düşünen tedarikçi tarafından, önemli bir taahhütten önce netleştirilmeye değerdir.

Her iki taraf için de işe yarayan bir pilot dizisi

Bir tesis için ve güvenilir bir referans isteyen bir satıcı için sıra aynıdır:

1. **Hafta 0–2: veri ve tanımlar üzerinde anlaşın.** Veri anlaşmasını imzalayın, kusur sınıflarını ve neyin kaçak sayılacağını tanımlayın ve bir taban çizgisi kaydedin: kart başına yanlış çağrı, çağrı başına inceleme saniyesi, aşağı akışta bulunan kaçaklar.
2. **Hafta 1–4: altın seti** AOI arşivinden ve saklanan NG kartlarından, kör etiketlenmiş ve hükme bağlanmış olarak kurun (Bölüm 3).

3. **Hafta 2–4 (veya daha uzun): gölge modu.** İnsanlar eskisi gibi karar verirken model kararlarını günlüğe kaydeder; sınıf bazında karşılaştırın.
4. **Hafta 4–8: rastgele vardiyalarda yardımlı çalıştırma,** model yalnızca kapıyı geçen sınıfları temizler ve geri kalan her şey insanlara gider.
5. **Ölçeklemeden önce yazılı kabul:** sınıf başına sonuçlar, gecikme, açık hata davranışı ve modeller ile etiketlerin kime ait olduğu. Hat hat ölçekleyin ve her yeni ürün, model sürümü, niceleme veya motor değişiminde yeniden doğrulayın.

Bu raporun sınırlamaları

Bu bir masa başı araştırmasıdır. Bu sürüm için tesislerle birincil görüşme yapmadım; hat verisinin çoğu satıcılardan gelir ve bağımsız olarak denetlenmemiştir. Birkaç hükümet web sitesine, ihale veri tabanına ve işe alım platformuna erişilemedi, bu nedenle Shenzhen'in 2026 yükseltme sübvansiyon oranları, Yangtze Nehri Deltası ücret rehberliği, AI inceleme işlem fiyatları, hat başına inceleyici ve pilot dönüşüm oranları tahmin veya benzetmedir; her biri yukarıda bir açık soru olarak görünür. Döviz kurları 9 Kasım 2026 tarihli Çin Halk Bankası merkez paritesi ($1 = 6.7188 RMB) ve Tayvan için aynı günkü SMBC sabitlemesi ($1 = 32.12 NT$); Vietnam dongu Mayıs 2026 verisini kullanır. Tüm eşikler, alıntılanan kanıtlardan türetilen karar kurallarıdır, standart değildir.

Yazar hakkında

Tan Shuai

Tan Shuai, çipler, donanım ve sistem yazılımı alanlarında yirmi yılı aşkın çalışma ve 20 tescil edilmiş patent sahibi bir teknolog ve kurucudur. Çalışmaları onu Silikon Vadisi, New York, Chicago, Tayvan, Büyük Körfez Bölgesi (Shenzhen ve Hong Kong), Vietnam ve Malezya'dan geçirdi; ileri üretim ve tedarik zincirlerine uzun süreli bir odakla. Bugün bir AI araştırmacısı ve geliştiricisi olarak çalışıyor ve AI'nın fabrika zemininde fiilen nasıl kullanıldığına yoğunlaşıyor.

Üretimde AI üzerinde çalışan kişilerle, ister bir ekip kuruyor, ister ortak arıyor, ister notları karşılaştırıyor olsunlar, görüşmelerden memnuniyet duyar: i@tanshuai.com · tanshuai.com

Notlar ve yasal uyarı

Bu rapor, 11 Kasım 2026'ya kadar mevcut kamuya açık belgelere dayanan bağımsız masa başı araştırmasıdır. Yalnızca bilgi amaçlıdır; yatırım, hukuki, vergi veya mühendislik tavsiyesi değildir. Ürün adları, fiyatlar, model sürümleri, ihracat sınıflandırmaları, tarifeler ve düzenlemeler hızla değişir; güvendiğiniz her şeyi birincil kaynağa karşı doğrulayın. vendor claim veya estimate olarak işaretlenen rakamlar böyle okunmalıdır. Şirket ve ürün adları sahiplerine aittir ve yalnızca tanımlama için kullanılmıştır; hiçbir şirket bu raporu incelememiş veya desteklememiştir.

© 2026 Tan Shuai. Bu raporu atıf vererek değiştirmeden paylaşabilirsiniz.

ELEKTRONİK ÜRETİMİ · AI DENETİM × ROBOTİK

Elektronik Fabrikalarında AI Görsel Denetim ve Robot Kolları: 2026 Değerlendirmesi

Her önemli rakam kaynağını ve bir güven etiketini taşır: verified, single source, vendor claim veya estimate. Kamu kayıtlarının yanıtlayamadıkları, her soruyu bir pilotun nasıl netleştirdiğiyle birlikte Bölüm 7'de toplanmıştır.

Tan Shuai
tanshuai.comi@tanshuai.com

GENEL SÜRÜM · VERİLER 11 KASIM 2026 İTİBARIYLA

