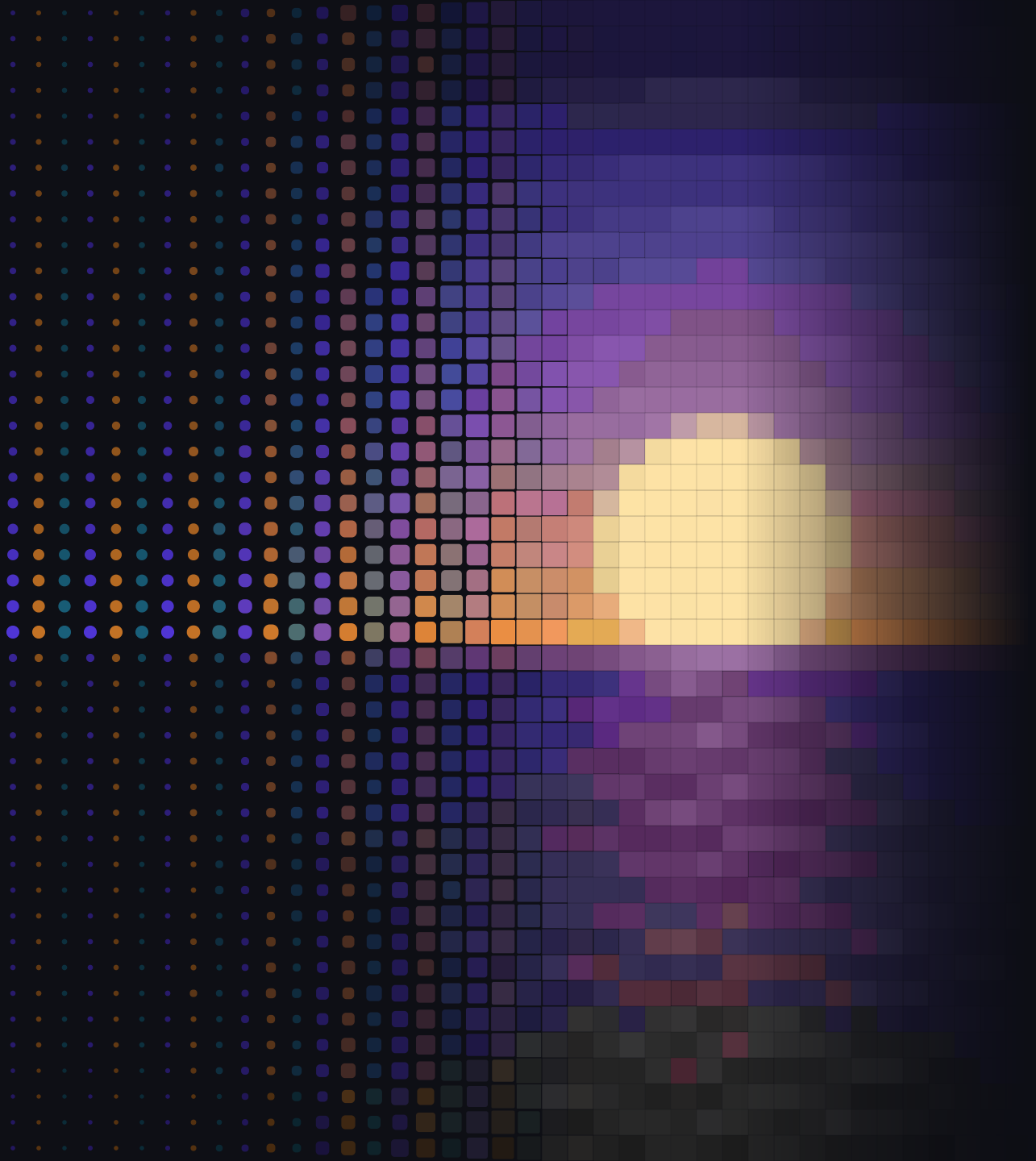


مذكرة بحثية · نوفمبر 2026

الترميز العصبي في 2026

حول المرماز، لا بدلاً منه

التشغيل · التصوير · المكالمات · الذكاء الاصطناعي التوليدي · الألعاب · الرقائق

تان شواي

tanshuai.com · i@tanshuai.com

سائد بالفعل، لكن حول المرماز

01 الشبكات العصبية سائدة على طرفي المراميز القياسية

معالجات ISP في الكاميرات، وخفض الدقة في جانب الترميز، والدقة الفائقة عند التشغيل. أما تدفق البتات بينهما فلا يزال AV1 أو HEVC أو AVC أو VVC، ويفك ترميزه عتاد ثابت الوظيفة.

02 المراميز العصبية من طرف إلى طرف لا تُطرح إلا في الحلقات المغلقة

المكالمات، ومجزِّئات الرموز في الذكاء الاصطناعي التوليدي، ولعبة AAA واحدة: شركة واحدة تتحكم في الطرفين ويمكنها الرجوع إلى مرماز قياسي.

03 تدفقات البتات العصبية على الشاشات واسعة الانتشار تنتظر H.267

الإصدار 1 مقرر في نهاية 2029؛ وأولى الرقائق نحو 2031، والاستخدام الواسع في منتصف ثلاثينيات القرن **تقدير** .

≈75%

من حركة البيانات المتنقلة فيديو (نهاية 2025)

1.26 مليار

هاتف ذكي شُحنت في 2025، وكلها تفك ترميز الفيديو بعتاد ثابت الوظيفة

≈12×

طاقة البكسل في مفكك ترميز HEVC عتادي، لدى التصميم الوحيد المنشور لرقاقة فك ترميز عصبي

ثلاث طرق تدخل بها الشبكة العصبية إلى المرماز



العمل حول المرماز لا يحتاج إذناً من أحد. والعمل داخل معيار يحتاج إلى معيار. والعمل بدلاً من المرماز يحتاج إلى التحكم في الطرفين.

أين يُطرح الترميز العصبي في 2026

	حول مرماز قياسي معالجة مسبقة، تحسين، رفع الدقة	مرماز عصبي من طرف إلى طرف مرمِّز ومفكك ترميز متعلَّمان	داخل معيار أدوات عصبية في تدفق بتات أو API قياسي
01 التشغيل والبث	**على نطاق واسع** أداة خفض الدقة في Netflix؛ الدقة الفائقة لدى YouTube وMeta؛ أدوات رفع الدقة بالذكاء الاصطناعي في التلفاز	**غير مطروح** لا تبث أي خدمة صيغة فيديو عصبية؛ وتعتمد أجهزة التلفاز والهواتف على مفككات ترميز عتادية للمرامير القياسية	**قيد التقييس** الإصدار 1 من H.267 مقرر في نهاية 2029؛ والأدوات العصبية من بين الخيارات المرشَّحة
02 التصوير ومعالجة الصور	**على نطاق واسع** معالجات ISP بالذكاء الاصطناعي في الهواتف الرائدة؛ وISP عصبي كامل عُرض بصفته نواة IP في CES 2026	**عروض وتجارب** JPEG AI معيار ISO: عروض على الهواتف، ولا منتج	**غير مطروح** الصيغة التي تكسب أرضاً تقليدية: JPEG XL مفعّل افتراضياً في Chrome 155
03 المكالمات والاجتماعات	**على نطاق واسع** الدقة الفائقة في جهة الاستقبال وكبت الضوضاء العصبي	**على نطاق واسع** صوت عصبي في مكالمات Teams الثنائية منذ 2021؛ وفيديو MLVC يُطرح تدريجياً في Teams	**طرح محدود** يضيف Opus 1.5 أدوات تعلم آلي اختيارية متوافقة مع الإصدارات السابقة
04 الذكاء الاصطناعي التوليدي	—	**على نطاق واسع** كل نموذج للفيديو والصوت يشغّل مجزِّئ رموز متعلَّماً، مثل VAE فيديو بنسبة 1:192	—
05 الألعاب والرسوميات	**على نطاق واسع** رفع الدقة وتوليد الإطارات عصبياً: DLSS 4 وحدها في أكثر من 250 لعبة وتطبيقاً	**طرح محدود** طُرحت الخامات العصبية في لعبة AAA واحدة؛ وحزمة SDK من NVIDIA في مرحلة تجريبية	**قيد التقييس** تضيف DirectX عمليات المصفوفات إلى المظلِّلات (معاينة)
06 الوصلات المتخصصة: الأقمار الصناعية والروبوتات	**عروض وتجارب** استعادة جودة التغذيات منخفضة معدل البت على الخوادم	**عروض وتجارب** مراميز عصبية مقاومة للفقد في البحث والتجارب	—

الصفوف مرتبة بحسب عدد الأشخاص الذين يصل إليهم كل مجال.

عصبي على الطرفين، قياسي في الوسط

عند المرمِّز

تعمل أداة خفض الدقة العصبية في Netflix منذ 2022 دون أي تغيير في أي جهاز؛ وفضّلها نحو 77% من المشاهدين في اختبارات Netflix . ادعاء المورّد

عند الشاشة

ميزة Super Resolution من YouTube على أجهزة التلفاز منذ أكتوبر 2025؛ وتشغّل Meta الدقة الفائقة على خوادمها وعلى الهواتف.

داخل التلفاز

يُعلن معالج NQ8 AI Gen3 من Samsung عن 768 شبكة عصبية لرفع الدقة.

تدفق البتات يبقى قياسياً

30%

من المشاهدة على Netflix بترميز AV1 (ديسمبر 2025)

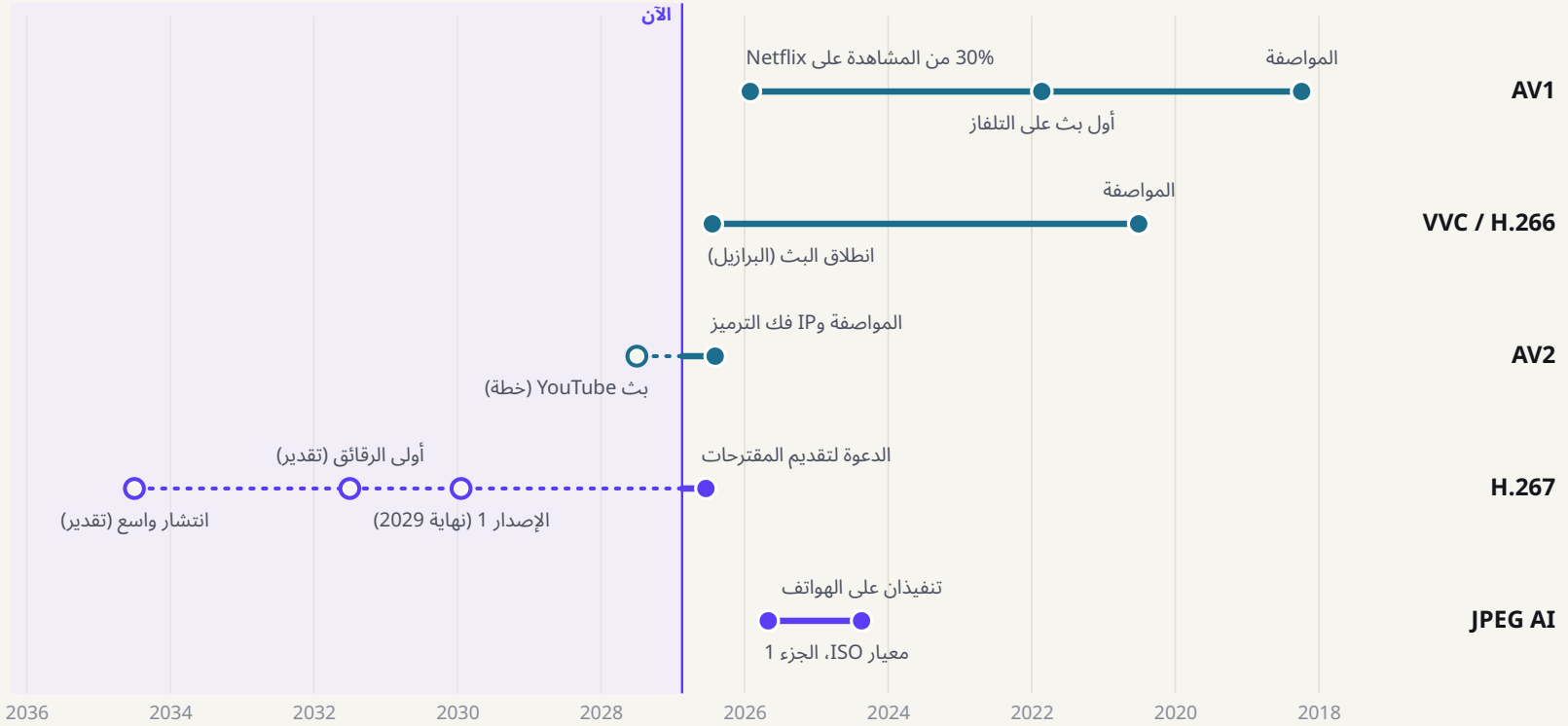
90%+

من مكتبة YouTube، بحسب وقت المشاهدة، متاحة بترميز AV1 (مارس 2026)

3 أسابيع

من الإصدار 1.0.0 من AV2 (28 مايو 2026) إلى عملاء IP فك الترميز لدى ثلاثة مورّدين

الانتقال من معيار مكتمل إلى الشاشات واسعة الانتشار يستغرق معظم عقد



استغرق AV1 قرابة ثماني سنوات من مواصفته (2018) إلى 30% من المشاهدة على Netflix (ديسمبر 2025). العلامات المفرغة أهداف أو تقديراتي.

معيار H.267 يحسم هل تصل الأدوات العصبية إلى كل شاشة

أكتوبر 2025
الدعوة لتقديم الأدلة: خمسة ردود من 16 شركة ومختبراً؛ والمكاسب العصبية أوضح على 8K HDR

يوليو 2026
إصدار الدعوة لتقديم المقترحات في جنيف

يناير 2027
تقييم الردود في بريزبن

النصف الثاني من 2027
أول نموذج اختبار

نهاية 2029
الإصدار 1 من المعيار

≈28%
توفير يحققه مسار ECM التقليدي مقارنةً بمعيار VVC

6–14%
توفير تحققه المرشِّحات العصبية داخل الحلقة بكلفة 10 إلى أكثر من 22 ألف عملية MAC لكل بكسل

SEI
يمكن لتدفقات VVC بالفعل الإشارة إلى مرشِّح لاحق عصبي تطبّقه مفككات الترميز

قراءتي: نواة تقليدية مع بضع أدوات عصبية حيث تبرر البتات الموفَّرة كلفة مفكك الترميز تحليل .

عصبي داخل الكاميرا، تقليدي على الويب

الكاميرا

يُجري Cognitive ISP من Qualcomm التجزئة الآنية في الهواتف منذ 2023؛ وعُرض في CES 2026 معالج ISP كامل بالذكاء الاصطناعي يعمل على NPU.

JPEG AI

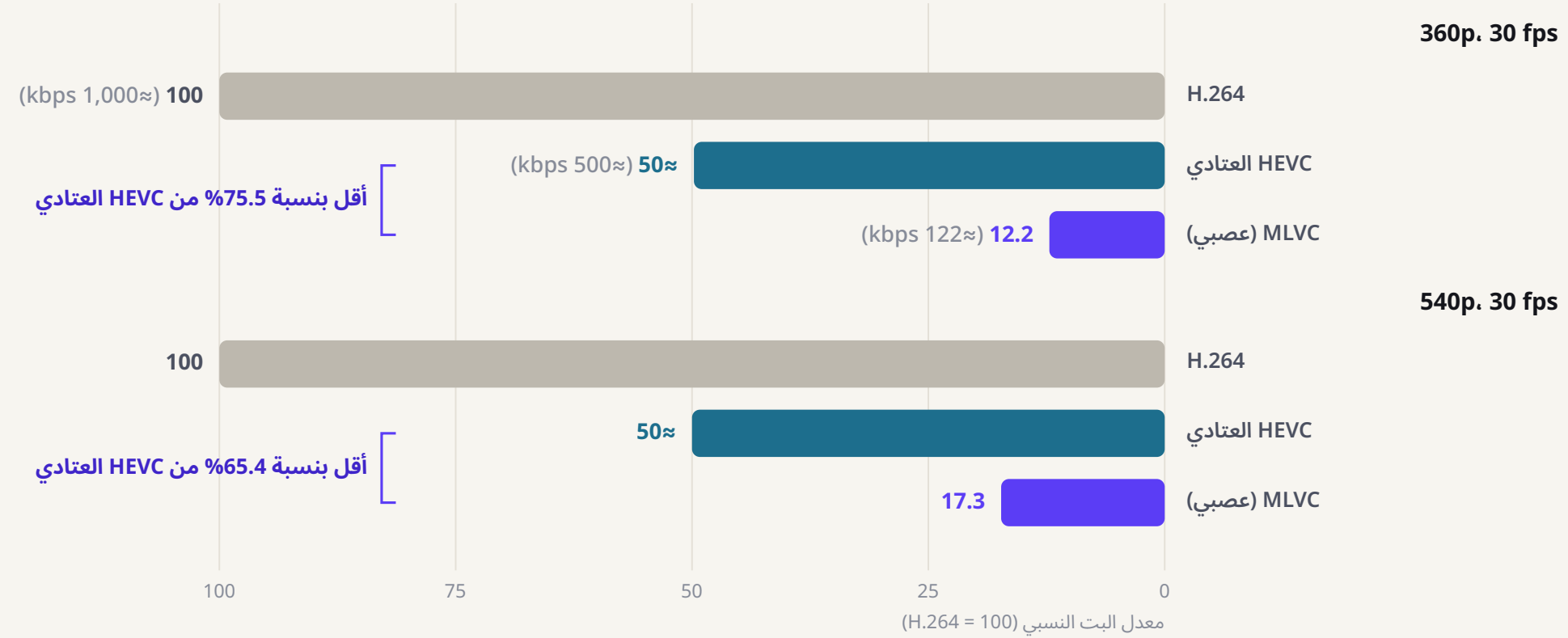
نُشر في 2025: أفضل من VVC داخل الإطار بنسبة 12.5–27.9% بكلفة 7 إلى 216 ألف عملية MAC لكل بكسل. لم أجد منتجاً يستخدمه افتراضياً.

الويب

فعّل Chrome 155 صيغة JPEG XL افتراضياً في 6 أكتوبر 2026، بمفكك ترميز آمن للذاكرة مكتوب بلغة Rust.

الصيغ التي يجب أن تُفتح في كل مكان تبقى تقليدية؛ والترميز العصبي يفوز داخل سلسلة معالجة شركة واحدة.

المكالمات هي حيث تُطرح المراميز العصبية من طرف إلى طرف



يعمل Satin في كل مكالمات Teams وSkype الثنائية منذ 2021. أما MLVC، مفتوح المصدر بترخيص MIT منذ 24 يوليو 2026، فيُطرح تدريجياً في مكالمات Teams من نظير إلى نظير بدقة تصل إلى 540p30، مستخدماً نصف وحدة NPU على الأكثر. ادعاء المورّد

لم تتجه كل المنصات إلى الترميز العصبي، وفي الأسباب عبرة

داخل معيار، اختياري

Opus 1.5 و1.6

تحسين عصبي، وإخفاء فقد الحزم، وتكرار عميق، وتوسيع عرض النطاق، وكلها معطّلة افتراضياً ومتوافقة تماماً مع معيار 2012.

تقليدي، عن قصد

Meta MLow (2024)

أكثر من 20% من مكالمات Meta تجري على هواتف ARMv7، وعشرات الملايين من مكالمات WhatsApp يومياً على هواتف يزيد عمرها على عشر سنوات. يقدّم MLow نحو ضعف جودة Opus عند 6 kbps بحوسبة أقل بنسبة 10%.

ميزانية التعقيد لدى الأجهزة المستخدمة هي التي تحسم. تُطرح المراميز العصبية أولاً حيث الأجهزة حديثة ومورّد واحد يتحكم في الطرفين.

أكبر انتشار لا يسميه أحد مرمازاً

مراميز متعلَّمة في كل مكان

كل نموذج للصوت والفيديو يقرأ ويكتب رموز مرماز متعلَّم أو قيمه الكامنة.

ليست صيغ توزيع

لكل نموذج فضاؤه الكامن الخاص: لا تحكم في معدل البت، ولا اختبار مطابقة، ولا مفكك ترميز ثانٍ.

بند كلفة

لمن يقدّم فيديو توليدياً، يخفض تمثيل كامن أعلى ضغطاً كلفة التوليد بنسبة تفوق زيادة الضغط تحليل .

مثالان

12.5 Hz و1.1 kbps

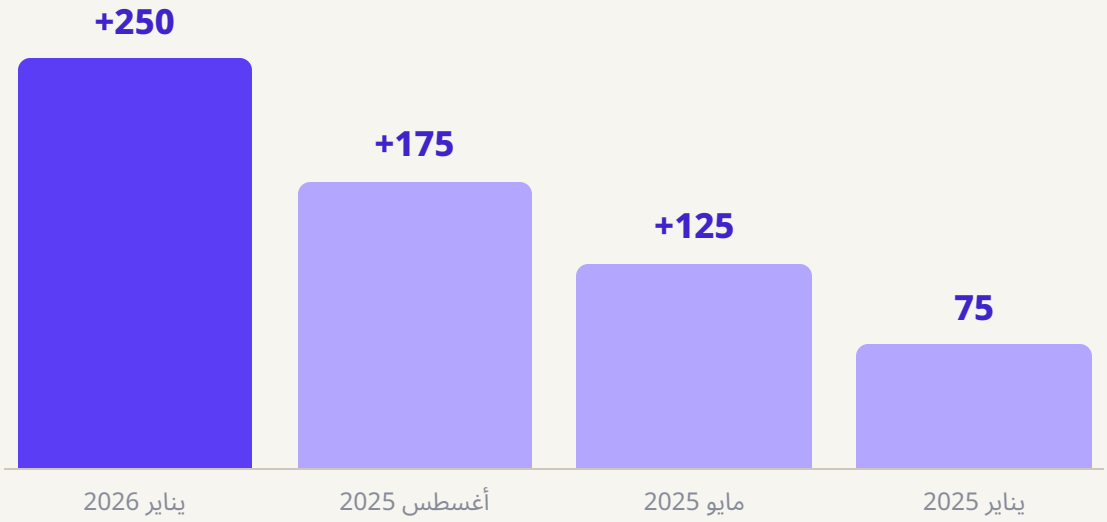
رموز الكلام في Mimi من Kyutai، أقل من أي مرماز هاتفي

1:192

VAE الفيديو في LTX-Video: رمز كامن واحد لكل 32×32 بكسل عبر 8 إطارات

إعادة البناء العصبية سائدة، والأصول العصبية في بدايتها

توليد الإطارات المتعددة في DLSS 4: الألعاب والتطبيقات



ضغط الخامات العصبي

مشهد العرض من NVIDIA، GTC 2026

ذاكرة الخامات من 6.5 GB إلى 0.97 GB

ذاكرة أقل بنسبة 85%

Assassin's Creed Mirage، لعبة مطروحة

أصول مختارة فقط؛ مقارنةً بصيغ الكتل

ضغط أفضل بنحو 30%

مقياسان مختلفان: لا تصح المقارنة المباشرة

دخلت DirectX Linear Algebra مرحلة المعاينة العامة في أبريل 2026: مسار برمجي واحد لفك الترميز العصبي داخل المظلِّلات على أي GPU مورّد.

الأقمار الصناعية والمسيّرات والروبوتات: الأنسب تقنياً، والسوق صغيرة

سبب الملاءمة

مالك واحد يتحكم في الطرفين، وعرض النطاق شحيح، والمحتوى ضيق بما يكفي لتدريب نموذج عليه.

الصين

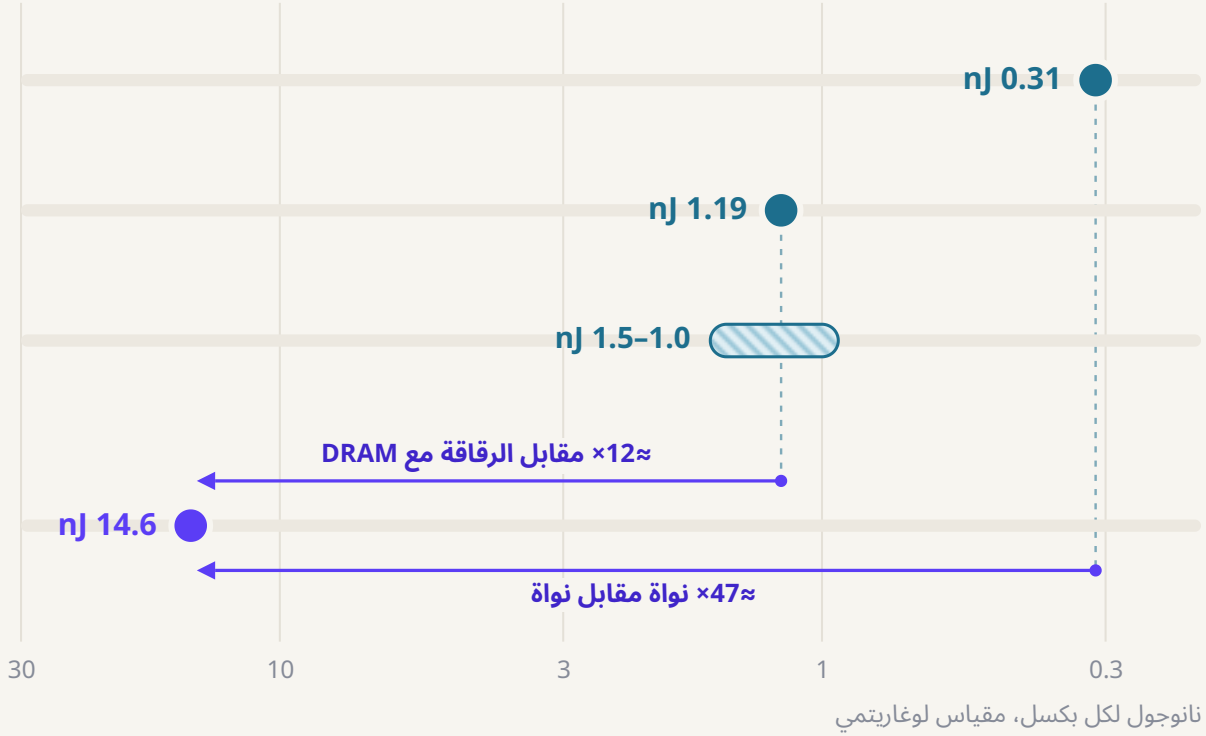
الإعلان رقم 49 لعام 2026، النافذ في 18 نوفمبر، يعدّل ضوابط تصدير المسيّرات؛ وأحد بنوده يستخدم الضغط الدلالي للصور عتبةً.

الولايات المتحدة

أضافت لجنة FCC المسيّرات الأجنبية الصنع ومكوناتها الحيوية إلى «القائمة المشمولة» لديها في 22 ديسمبر 2025.

شريحة سوقية متينة لشركة متخصصة قادرة على الامتثال لضوابط التصدير، لا سوق واسعة.

طاقة أعلى برتبة مقدار لكل بكسل



رقاقة فك ترميز HEVC، النواة
40 nm، عند 4K30، مقيسة

رقاقة فك ترميز HEVC مع DRAM
40 nm، عند 4K30، نواة مقيسة مع DRAM بالمحاكاة

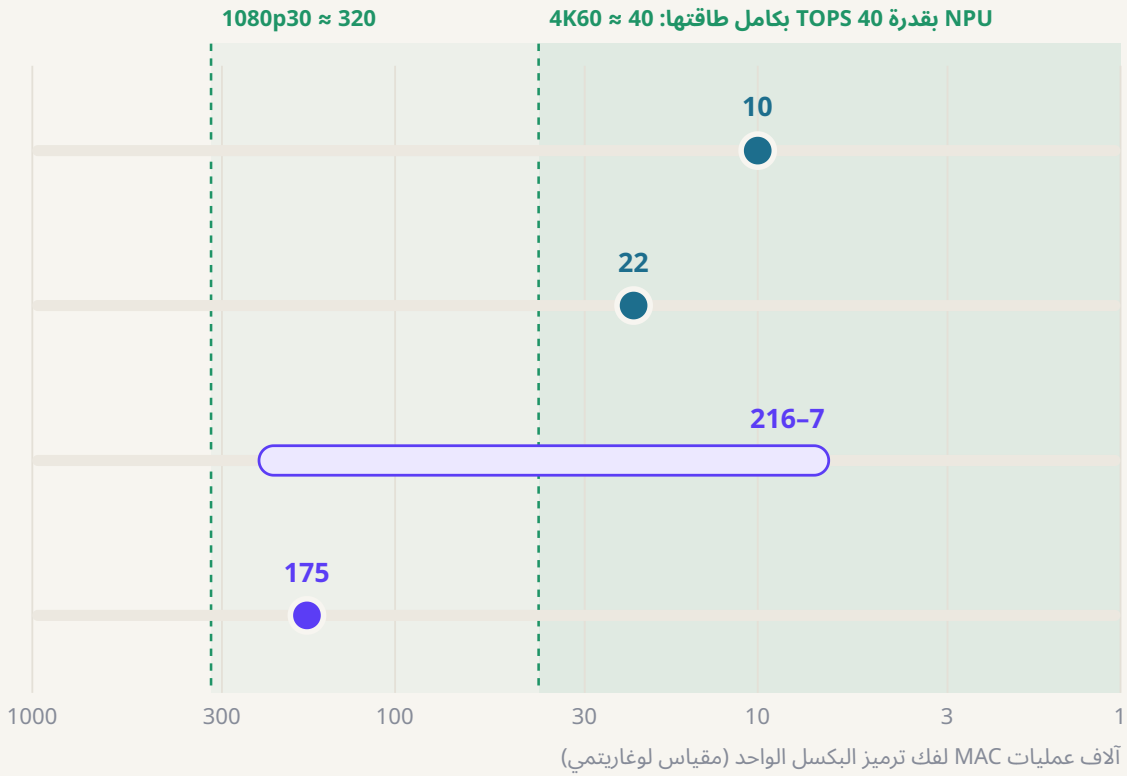
مفكك ترميز VVC
28 nm، عند 4K60، توقُّع

مفكك ترميز فيديو عصبي (NVCA)
28 nm، عند 1080p25، توليف فقط؛ دون احتساب الأوزان وDRAM

عند 1080p30 يعني ذلك نحو 74 mW مقابل 908 mW.

عند 1080p30: نحو 74 mW لرقاقة HEVC مع DRAM مقابل قرابة 900 mW لتصميم NVCA. عقدة تصنيع أقدم لرقاقة HEVC، ودون احتساب الأوزان وDRAM لدى NVCA: المقارنة تحابي التصميم العصبي.

ما يطلبه مفكك الترميز العصبي من وحدة NPU



مرشِّح عصبي داخل الحلقة، تعقيد منخفض جداً
استكشاف JVET · توفير ≈6% من البتات
1.2 TOPS عند 1080p30 و10 عند 4K60

مرشِّح عصبي داخل الحلقة، تعقيد منخفض
استكشاف JVET · ≈8%
2.7 TOPS عند 1080p30 و22 عند 4K60

مفككات ترميز JPEG AI، من الأساسي إلى العالي
12.5–27.9% مقابل VVC داخل الإطار

DCVC-RT، مفكك ترميز فيديو عصبي كامل
21% مقابل مرجع VVC، في إعداد الورقة
22 TOPS عند 1080p30 و174 عند 4K60

يحتاج DCVC-RT إلى نحو 175 ألف عملية MAC لكل بكسل: نحو 22 TOPS عند 1080p30 و174 عند 4K60، باستخدام كامل **تقدير** . ووحدة NPU بقدرة 40 TOPS مستخدمة بالكامل تتحمل نحو 40 ألفاً عند 4K60.

حركة بيانات الذاكرة والتطابق على مستوى البت هما الحدّان الصارمان

هيمنة DRAM

الذاكرة قبل عمليات MAC

في رقاقة HEVC من MIT، تستهلك DRAM نحو ثلاثة أرباع طاقة النظام: 0.88 من 1.19 nJ لكل بكسل. وتنقل مفككات الترميز العصبية خرائط سمات كبيرة بين الإطارات، ووجد مؤلفو DCVC-RT أن إدخال الذاكرة وإخراجها، لا الحساب، هو ما حدّ من السرعة.

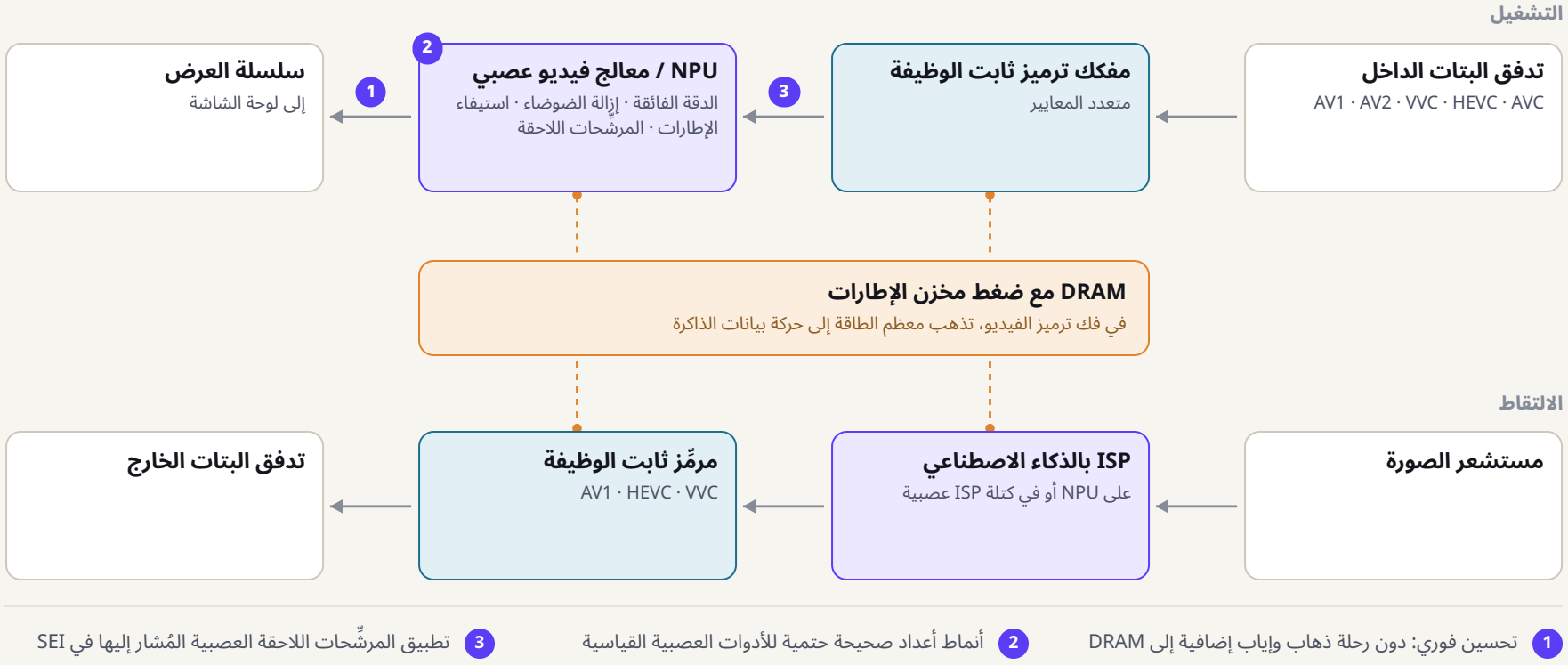
التطابق

على كل مفكك ترميز أن يحسب البتات نفسها

يفشل فك ترميز الإنتروبيا إذا حسب جهازان احتمالاً ما بطريقتين مختلفتين. والحلول: نماذج بأعداد صحيحة (DCVC-RT)، وتوزيع مسبق فائق مشترك المقياس (MLVC)، واستدلال بأعداد صحيحة 16 بت (SADL في JVET)، ونقاط مطابقة (JPEG AI).

بالنسبة إلى فريق الرقائق، إنه انضباط التحويلات الصحيحة في HEVC من جديد: يجب أن يحدد المعيار العمليات الحسابية بدقة تامة.

التقسيم الذي يُطرح: مرماز ثابت الوظيفة مع NPU



Canghai من Tencent: أكثر من 100,000 رقاقة من الجيل الأول في الخدمة؛ والجيل الثاني يضيف H.266 والدقة الفائقة على الرقاقة. وتبيع Chips&Media وAllegro DVT نوى IP للمراميز ونوى IP للفيديو العصبي جنباً إلى جنب.

ما كنت سأبنيه، بحسب الدور

فرق SoC ورقائق التلفاز

- مفككات ترميز ثابتة الوظيفة لكل معيار يلزمك تشغيله، وAV2 الآن
- وحدة NPU بحجم يكفي للتحسين بدقة العرض، دون رحلة إضافية ذهاباً وإياباً إلى DRAM
- دعم SEI للمرشِّح اللاحق العصبي، وأنماط أعداد صحيحة حتمية
- H.267 بدايةً للتصميم في 2029 أو بعدها

مورّدو IP

- مفككات ترميز AV2 وVVC الآن
- مسرّعات المرشِّحات اللاحقة وضغط مخزن الإطارات
- أدوات المطابقة للمعالجة العصبية

منصات الفيديو

- المعالجة المسبقة العصبية عند المرمِّز تسترد كلفتها أولاً
- الدقة الفائقة في جهة العميل حيث تسمح الأجهزة
- المراميز العصبية من طرف إلى طرف فقط في الحلقات المغلقة التي تتحكم فيها

أين تصبح الأدوات العصبية قابلة للترخيص

المعيار	المحتوى العصبي	الحالة، نوفمبر 2026
H.267 (اسم مؤقت)	مفتوح: الأدوات التقليدية (ECM) والعصبية مرشَّحة كلتاهما	تقييم الردود في يناير 2027؛ والإصدار 1 في نهاية 2029
VVC وHEVC، مع VSEI	مرشِّح لاحق عصبي موصوف في SEI؛ اختياري لمفككات الترميز	سارٍ؛ ووُسِّع في أكتوبر 2025
AV2	تقليدي، معفى من الإتاوات	الإصدار 1.0.0 في 28 مايو 2026؛ وبث YouTube على الويب مخطط لأوائل 2027
JPEG AI	مرماز صور متعلَّم من طرف إلى طرف	نُشر الجزء 1 في 2025؛ ولم يُعثر على دعم افتراضي في المنتجات
IEEE 1857.11	ترميز صور عصبي مصمم لوحدات NPU	نُشر في ديسمبر 2024
ترميز الفيديو للآلات	ترميز لتحليل الآلات بدلاً من المشاهدة	مسودة معيار دولي في أوائل 2026
امتدادات التعلم الآلي في Opus	اختيارية ومتوافقة مع الإصدارات السابقة	في libopus 1.5 و1.6

645

عائلة براءات في أعمال ما بعد VVC تملكها ByteDance (GreyB، 2025)

0.50 دولار · 1.00–1.50 دولار

تعرفة مجمع VVC لكل هاتف ولكل تلفاز 4K، في المنطقة 1

0 دولار

إتاوات AV1 وAV2 من أعضاء AOMedia

من يجني المال

المال يتبع المعايير والمنصات

تجني الآن

المنصات

تحتفظ بالوفورات

أداة خفض الدقة العصبية في Netflix؛ الدقة الفائقة لدى YouTube وMeta؛ أصدرت Microsoft مرماز MLVC مفتوح المصدر بترخيص MIT

تجني الآن

صانعو الأجهزة والرقائق

يبيعون التميّز

معالجات ISP في الكاميرات؛ معالجات رفع الدقة في التلفاز؛ رقائق الترميز Canghai التي طورتها Tencent داخلياً

تجني الآن

مورّدو IP

يرخّصون كل معيار جديد

عملاء لمفككات ترميز AV2 لدى Chips&Media وAllegro DVT وVeriSilicon في غضون ثلاثة أسابيع من المواصفة

تجني الآن

مورّدو GPU

يبنون الارتهان لمنصاتهم

DLSS 4 في أكثر من 250 لعبة وتطبيقاً؛ وحزمة SDK للخامات العصبية في مرحلة تجريبية

عن كل جهاز

حاملو البراءات ومجمعاتها

يحصّلون عن كل جهاز

VVC: 0.50 دولار لكل هاتف، و1.00–1.50 دولار لكل تلفاز 4K؛ وأدوات H.267 بعد 2029

خروج بالاستحواذ

الشركات الناشئة في المراميز العصبية

استُحوذ عليها

WaveOne → Apple (2023)؛ iSIZE → Sony (2023)؛ Deep Render → InterDigital (2025)

أشهر ثلاث شركات ناشئة في المراميز العصبية، WaveOne وiSIZE وDeep Render، اشترتها Apple وSony وInterDigital.

ست فرص، والخطر في كل منها

الفرصة	من يشتري	لماذا الآن	الخطر الرئيسي
المعالجة المسبقة العصبية عند المرمِّز	منصات البث وفيديو المستخدمين، وهيئات البث	دون تغيير في الأجهزة؛ مُثبتة لدى Netflix	المنصات الكبرى تبنيها بنفسها
IP للتحسين في جهة العرض وضبطه	صانعو رقائق التلفاز وأجهزة الاستقبال والهواتف	وحدات NPU موجودة أصلاً في الأجهزة	التسليع؛ والفرق الداخلية
مراميز عصبية في حلقات مغلقة	مورّدو اتصالات المؤسسات والحلول الصناعية والحضور عن بُعد	MLVC يثبت أنها تعمل، وشيفرته مفتوحة	يجب أن تتحكم في الطرفين؛ وتشتت وحدات NPU
رقائق أو IP تجمع المرماز وNPU	صانعو SoC	دورة AV2 تبدأ	لاعبون راسخون أقوياء
التقييم والمطابقة والاستدلال الحتمي	كل من يطرح أدوات عصبية	التطابق على مستوى البت شرط صارم	سوق صغيرة ما لم تُجمَع مع غيرها
المساهمة في معيار H.267	الجهات المرخِّصة، والمنصات الكبرى	تقييم الردود في يناير 2027	طويل ومكلف وغير مضمون

لا تعطِ أي ادعاء وزناً حتى يذكر أربعة أمور

الادعاء	ما تقوله الأدلة
«المراميز العصبية تتفوق بالفعل على VVC.»	في المختبر. يوفر DCVC-RT نسبة 21% مقارنةً بمرمِّز VVC المرجعي؛ ويكلّف مفكك ترميزه نحو 175 ألف عملية MAC لكل بكسل.
«ستحل مراميز الذكاء الاصطناعي محل H.26x وAV1 في غضون سنوات قليلة.»	ليس في التشغيل: الإصدار 1 من H.267 في نهاية 2029، والرقائق نحو 2031 **تقدير**. والمرماز الذي يصل الآن، AV2، تقليدي.
«MLVC يخفض عرض النطاق بنسبة 88%.»	مقارنةً بـH.264 عند 360p. ومقارنةً بـHEVC العتادي: 75.5% عند 360p و65.4% عند 540p، على مجموعة اختبار Microsoft نفسها.
«الخامات العصبية تخفض ذاكرة الفيديو بنسبة 85–96%.»	في مشاهد العرض التوضيحي. أما اللعبة المطروحة فكسبت نحو 30%، في أصول مختارة فقط.
«JPEG AI معيار ISO، لذا ستعتمده الكاميرات والمتصفحات.»	لم يُعثر على دعم افتراضي في المنتجات. واعتمد الويب JPEG XL، وهي صيغة تقليدية.

اسأل عن مرجع المقارنة، والمقياس، والدقة، وكلفة فك الترميز. والادعاء الذي لا يستطيع ذكر الأربعة كلها نتيجة بحثية، لا منتج.

ما يجب متابعته، وأسئلة مفتوحة

مؤشرات للمتابعة

يناير 2027	تقييم ردود H.267: كم منها يعتمد على أدوات عصبية، وبأي كلفة لكل بكسل
أوائل 2027	أول بث AV2 من YouTube على الويب؛ ومفككات ترميز AV2 في رقائق SoC معلنة
النصف الثاني من 2027	أول نموذج اختبار لمعيار H.267
2027	MLVC خارج مكالمات Teams من نظير إلى نظير
2028–2027	أول منتج يستخدم JPEG AI افتراضياً
نهاية 2029	الإصدار 1 من H.267 يطلق دورة الرقائق

أسئلة مفتوحة

01 التطابق على نطاق واسع: فك ترميز بأعداد صحيحة متطابق على مستوى البت عبر وحدات NPU من مورّدين مختلفين، بأي خسارة في الضغط؟

02 الذاكرة قبل عمليات MAC: حركة بيانات DRAM لكل بكسل في المعالجة اللاحقة العصبية

03 الكلفة لكل بكسل التي تتوقف عندها الأداة العصبية عن تبرير نفسها في H.267

04 أي الحلقات المغلقة غير المكالمات ستعتمد المراميز العصبية من طرف إلى طرف أولاً

05 كيف تُقاس الأمانة للأصل حين يولّد مفكك الترميز التفاصيل

هذه مجالات يمكننا استكشافها معاً، عبر التبادل التقني والتعاون التقني.

i@tanshuai.com · tanshuai.com