

كاميرا واحدة تطلّ على صالة كاملة. كل متر إضافي في المسافة ينزل بالوجه نفسه درجة في السلّم.

أكاديمية NLC · الحلقة 27

تم استبدال سُلّم كثافة البكسل القديم.

في 9 أكتوبر 2025 سُحب إصدار IEC 62676-4:2014 واستُبدل بالإصدار الثاني. ودرجاته السبع الجديدة تغيّر معنى 250 px/m في أي مواصفة جديدة مبنية على IEC.

ابدأ بالتاريخ

إصدار 2014 الذي ما زال القطاع يستشهد به تم سحبه

2014: التعرّف على الهوية، 250 px/m
40 px عبر وجه عرضه 0.16 m

2025: التوصيف، 250 px/m
40 px عبر وجه عرضه 0.16 m

2025: التمحيص، 1500 px/m
240 px عبر وجه عرضه 0.16 m

الهوية بيقين عالٍ: 6 أضعاف البكسل

سُحب إصدار IEC 62676-4:2014 في 9 أكتوبر 2025، وأعاد الإصدار الثاني Ed. 2.0:2025 هيكلة درجاته الست إلى سبع: 20 ثم 40 ثم 80 ثم 125 ثم 250 ثم 500 ثم 1500 px/m. ولا يغيّر ذلك متطلبات وزارة الداخلية ولا العقود الموقّعة. [1][2]

صارت 250 px/m درجة **التوصيف** (Characterize): نوع الشخص وطريقة مشيه وفعله، وماركة المركبة (البند 3.1.6). ويؤكّد **التحقّق** (Validate، عند 500) هوية معروفة. أما **التمحيص** (Scrutinize، عند 1500) للتعرّف على الهوية بيقين عالٍ فيعادل ستة أضعاف رقم 250 px/m القديم للتعرّف على الهوية. [2][3]

كيف تبدو كل درجة

الشخص نفسه، بعيّنات عند كل درجة

الشخص كاملاً، 1.6 m



نظرة عامة
20 px/m
32 px طولاً



الهيئة
40 px/m
64 px طولاً



التفريق
80 px/m
128 px طولاً

الوجه، عرضه 160 mm



الإدراك
125 px/m
20 px عرضاً



التوصيف
250 px/m
40 px عرضاً



التحقّق
500 px/m
80 px عرضاً



التمحيص
1500 px/m
240 px عرضاً

محاكاة عيّنات لشكل مرسوم، لا لقطات كاميرا

كل مربّع يوزّع شكلاً مرسوماً على البكسلات التي تسمح بها الدرجة: الجسم في الثلاث الدنيا، ووجه عرضه 16 cm في الأربع العليا، ولا يصمد إطار النظّارة (2.5 mm) إلا في العلويتين. والكاميرا الحقيقية تفقد أكثر بسبب التلطّخ والإنارة والضغط والضوضاء والتركيز. [3]

من أين جاءت 250 px/m

قاعدة 250 px/m تعود إلى معايير ارتفاع الشاشة في حقبة PAL ومعامل كيل

250	÷ 1.6	400	× 0.7	576
px/m	m للجسم	مفيد	كيل	سطر PAL

ونموذج الوجه لدى Axis يتّفق: 40 px على وجه عرضه 0.16 m تساوي 250 px/m

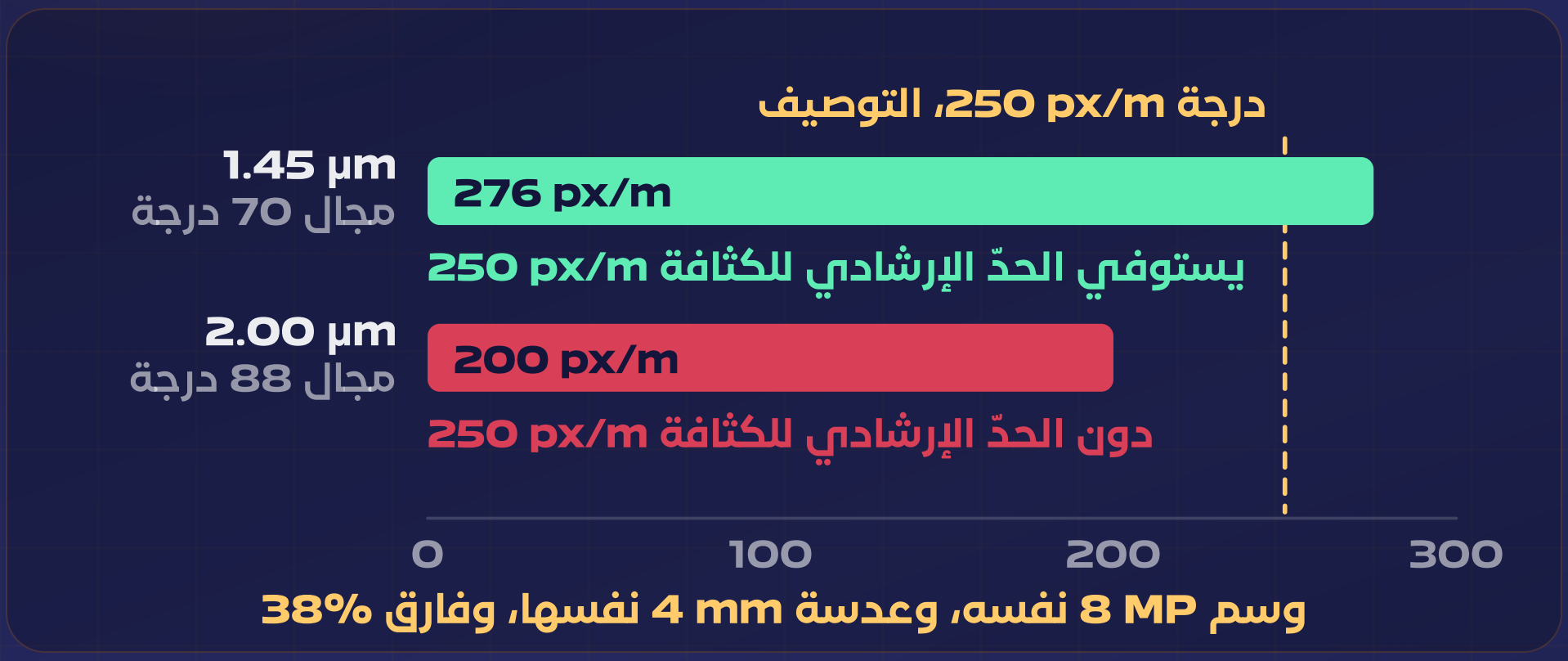
ليست بصريات: افتراض شاشات حقبة PAL

كان نظام PAL يضمّ 576 سطراً، وتعدّ مواصفة 2014 نحو 400 منها مفيدة (معامل كيل)، وتضع التعرّف على الهوية عند 100% من ارتفاع الشاشة، أو 4 mm لكل بكسل:
1 m ÷ 4 mm = 250 px/m. ولشخص طوله 1.6 m على 400 سطر: 4 mm × 400 = 1.6 m. وهذه المطابقة حسابنا نحن، لا نصّ IEC. [1]

ونصّ 2014 لا يحوي DORI ولا px/m، بل يذكر الدرجات نسبةً من ارتفاع الشاشة أو بالمليمتر لكل بكسل. وطريق Axis، أي 40 بكسل عبر وجه عرضه 16 cm، نموذج Axis لا نموذج IEC، وينحرف في الدرجات الدنيا: فالقيم 3 ثم 6 ثم 12 بكسل تعطي 18.75 ثم 37.5 ثم 75 px/m. [1][3]

المعادلة التي تنهي جدل الميغابكسل

عدد الميغابكسل وحده لا يحدد كثافة البكسل



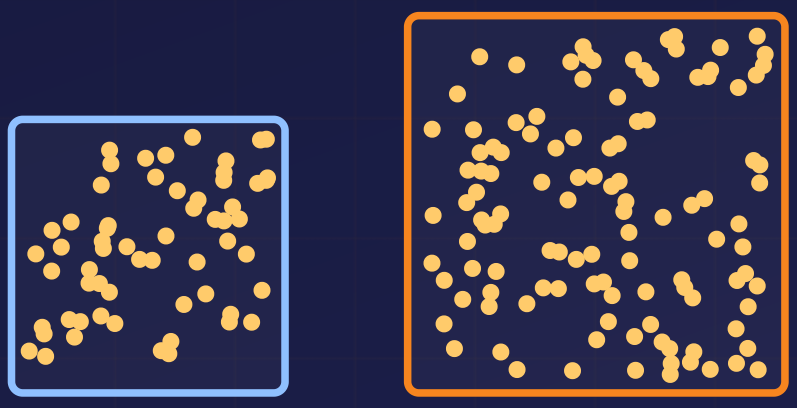
$px/m = N_h / \text{scene width} = N_h / (2d \cdot \tan(HFOV/2))$، ومع عدسة مستقيمة $px/m = f / (d \times pitch)$. **العدد نفسه من الميغابكسل قد يعطي كثافة مختلفة:** عند مسافة معيّنة يحدّد البُعد البؤري وخطوة البكسل px/m، ويحدّد عدد البكسلات مجال الرؤية.

العدسة نفسها 4 mm عند 10 m: يعطي IMX415 (عرض 3840 × 1.45 µm = 5.57 mm) كثافة 276 px/m على مجال 70°، ويعطي IMX678 (عرض 3840 × 2.0 µm = 7.68 mm) كثافة 200 px/m على 88°. والكثافة وحدها لا تضمن التعرّف على الهوية ولا القبول التشغيلي. [10]

البكسل الذي يربح الكثافة يخسر النور

بكسلات أصغر، نور أقل

العدسة نفسها، ورقم f نفسه



كثافة البكسل عند 10 m
276
200

النور لكل بكسل
1.0
1.9

SNR من ضوضاء الفوتونات
1.0
1.38

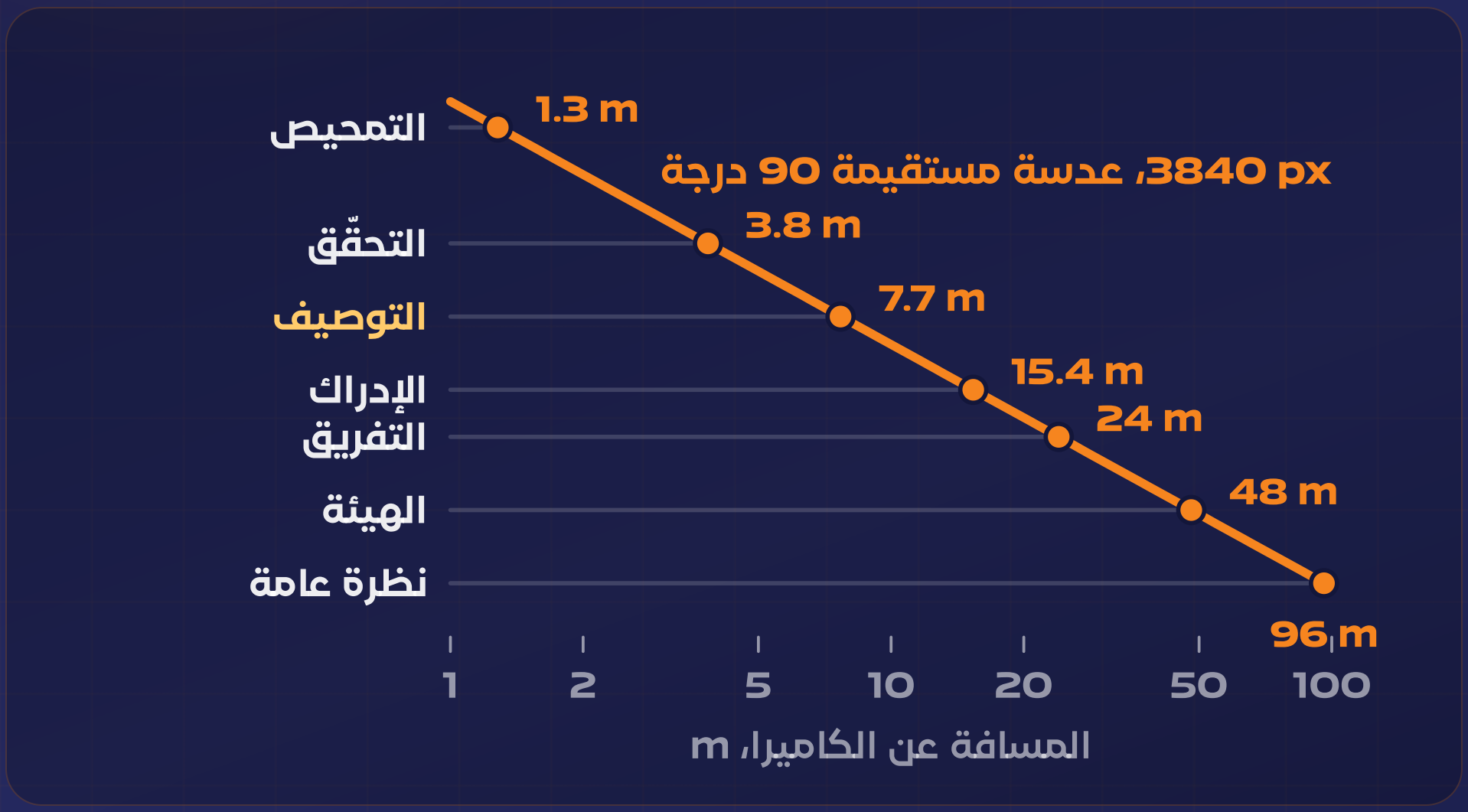
كثافة أعلى 38% للبكسل الأصغر، ثم SNR أعلى 38% للبكسل الأكبر

بالعدسة نفسها ورقم f نفسه وزمن التعريض نفسه، تبلغ مساحة بكسل 2.0 µm نحو 1.9 ضعف مساحة بكسل 1.45 µm، فيجمع 1.9 ضعف الفوتونات. ونسبة الإشارة إلى الضوضاء تنمو بالجذر التربيعي، فالبكسل بحجم 2.00 µm يوفّر نسبة إشارة إلى ضوضاء **أعلى بنحو 38%** في حالة محدودية ضوضاء الفوتونات، بينما يعطي مستشعر 1.45 µm **كثافة أعلى بنسبة 38%**. [10]

نموذج مثالي: كفاءة كمّية وضوضاء قراءة وزمن تعريض ومعالجة متساوية. أما الأداء الفعلي في النور المنخفض فيتأثّر أيضاً بتصميم BSI وكسب التحويل ونمط HDR ومعالج الصورة وتقليل الضوضاء.

الكاميرا الواحدة ليست درجة واحدة

ارسم النطاقات لا مدى واحداً



تتناقص الكثافة عكسياً مع المسافة، فتصبح الكاميرا الواحدة خطاً مستقيماً على محورين لوغاريتميين يعبر كل درجة عند نسبة مسافة ثابتة. عرض 3840 بكسل، عدسة مستقيمة 90°، مركز الإطار: نظرة عامة 96 m، التفريق 24 m، التوصيف 7.7 m، التمحيص 1.3 m.

هندسة نظرية لا جودة صورة. والعدسة الواسعة المشوّهة برميلياً تكسر المعادلة: ناتج tan(V/2) ÷ tan(H/2) يساوي 1.78 على 16:9، لكنه 2.26 لقبّة 93°/50°. فاستخدم جدول المدى لدى المصنّع هنا.

التلطّخ يكبر مع الكثافة

الكثافة الأعلى تجعل الحركة نفسها تمتد عبر عدد أكبر من البكسلات



ثابت	1/350 s	1/120 s	1/30 s
بلا حركة	1.0 px تلطّخ	2.9 px تلطّخ	11.7 px تلطّخ

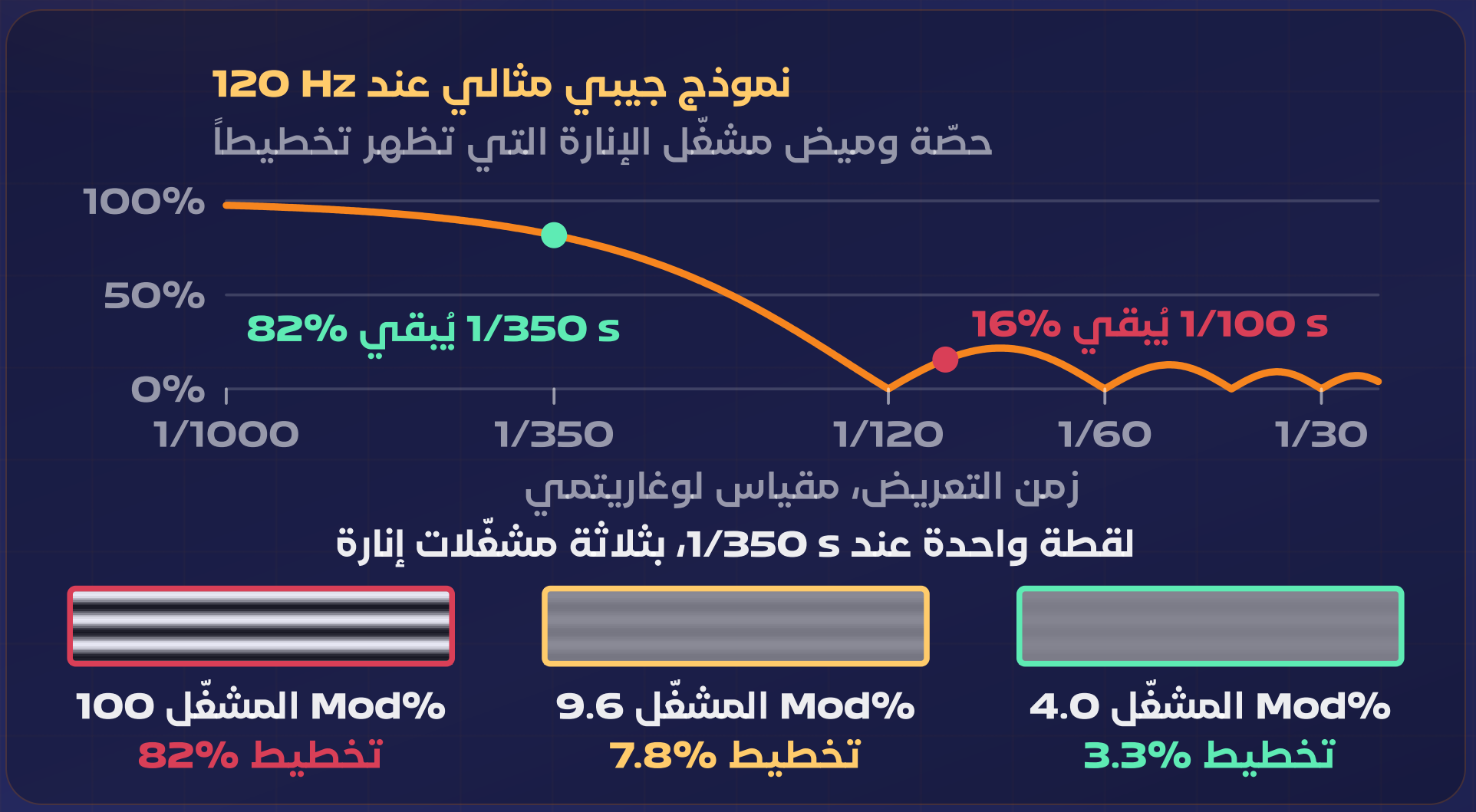
وجه عرضه 40 px عند 250 px/m، يمشي بسرعة 1.4 m/s

blur (px) = speed × exposure × density. فلهدف يعبر الإطار عند 250 px/m، يلطّخ المشي بسرعة 1.4 m/s عند 1/30 s مقدار **11.7 بكسل** عبر وجه عرضه 40 بكسل: 29% من عرضه.

ونحو بكسل واحد من التلطّخ يحتاج 1/350 s عند 250 px/m، ثم 1/2100 s عند 1500، وما دون البكسل يحتاج أسرع من ذلك. فزيادة الكثافة لا تعوّض غالقاً بطيئاً، والحركة العرضية أسوأ الحالات.

مشغّل الإنارة يقرّر الغالق

الغالق السريع يحتاج مشغّل إنارة منخفض الوميض



تعمل الشبكة السعودية عند **60 Hz**. وفي **نموذج جيبي مثالي** لإنارة ذات تموّج مرتبط بالشبكة عند 120 Hz، تُلغي أزمنة التعريض ذات الدورات الكاملة في الغالق المتدحرج (1/120 s ثم 1/60 s) التخطيط، بينما يُبقي 1/100 s نسبة 16%، ويُبقي 1/350 s الذي يجمّد المشي **82%**. [8]

وتختلف مشغّلات الإنارة (LED drivers) الفعلية: فتعتيم PWM، وانحراف التردد (من 59.9 إلى 60.1 Hz)، وتوقيت الكاميرا، قد تُبقي تخطيطاً. ويقيّم IEEE 1789 الخطر على الإنسان لا الكاميرا، فحدّه (Mod% 4.0) يعطي هنا 3.3%، وليس عتبة للمراقبة. [8]

السعودية تنظّم الهندسة

كاميرا التعرّف على الهوية عند انحراف 40° لا تحقق متطلب زاوية التصوير



المسألة هندسة توجيه لا دقّة. التعرّف على الهوية لدى الوزارة: ضمن **30° يميناً أو يساراً** من المواجهة، مع **15° أعلى خط الأفق أو أسفله**. التفتيش (Strong Identification): 10° في الاتجاهين مع توسيط الصورة بين العينين. قراءة اللوحات: 30°. [4، ص 20 إلى 22]

لنقطة هدف على ارتفاع 1.6 m وكاميرا على 3.5 m، يتطلّب البقاء ضمن 15° مسافة أفقية لا تقلّ عن (3.5 - 1.6) ÷ tan 15° = 7.1 m. وتغرّم المادة 12 من النظام عن كل كاميرا: 500 ريال للجهاز المخالف للمواصفات الفنية (أ)، ثم 1000 ريال لما لم يُركّب وفق وثيقة الشروط (ب). [5]

البند الذي يعيد ترتيب كل مواصفة سعودية

كثافة البكسل معيار بديل، وليست الطريقة الأساسية

حجم صورة الهدف، نسبةً من حجم الرؤية



المعاينة
25%

الرصد
10%

المراقبة
5%



التعرّف على الهوية
120%، يظهر 1.33 m من 1.6 m



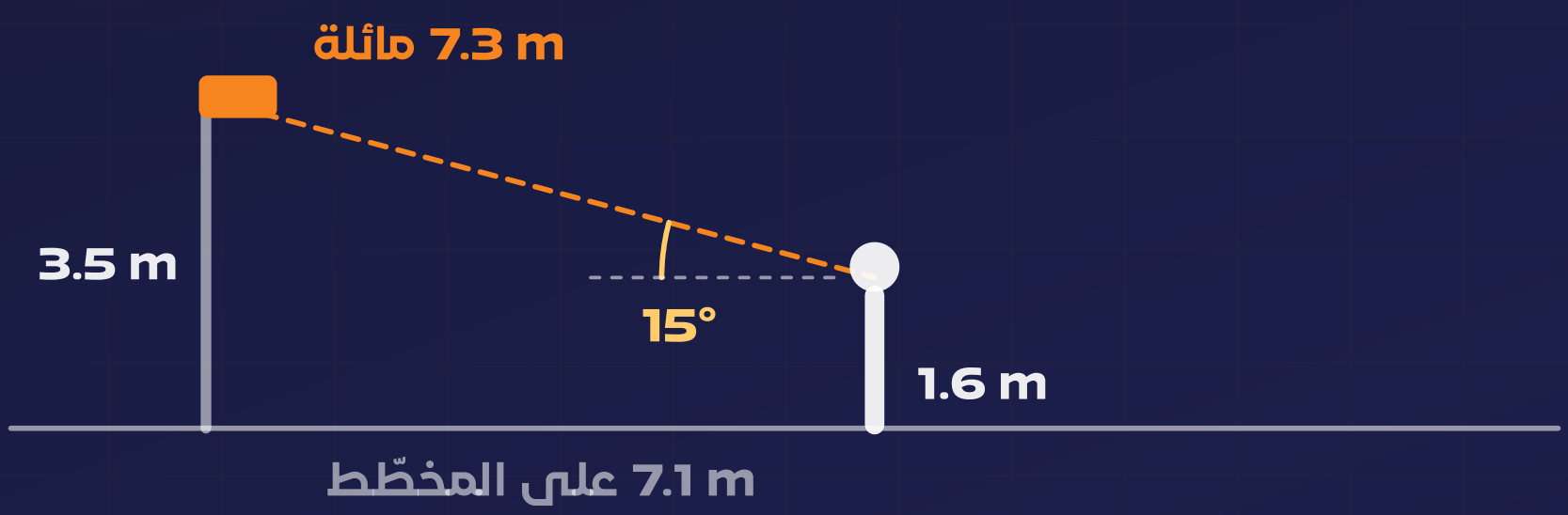
التمييز
50%

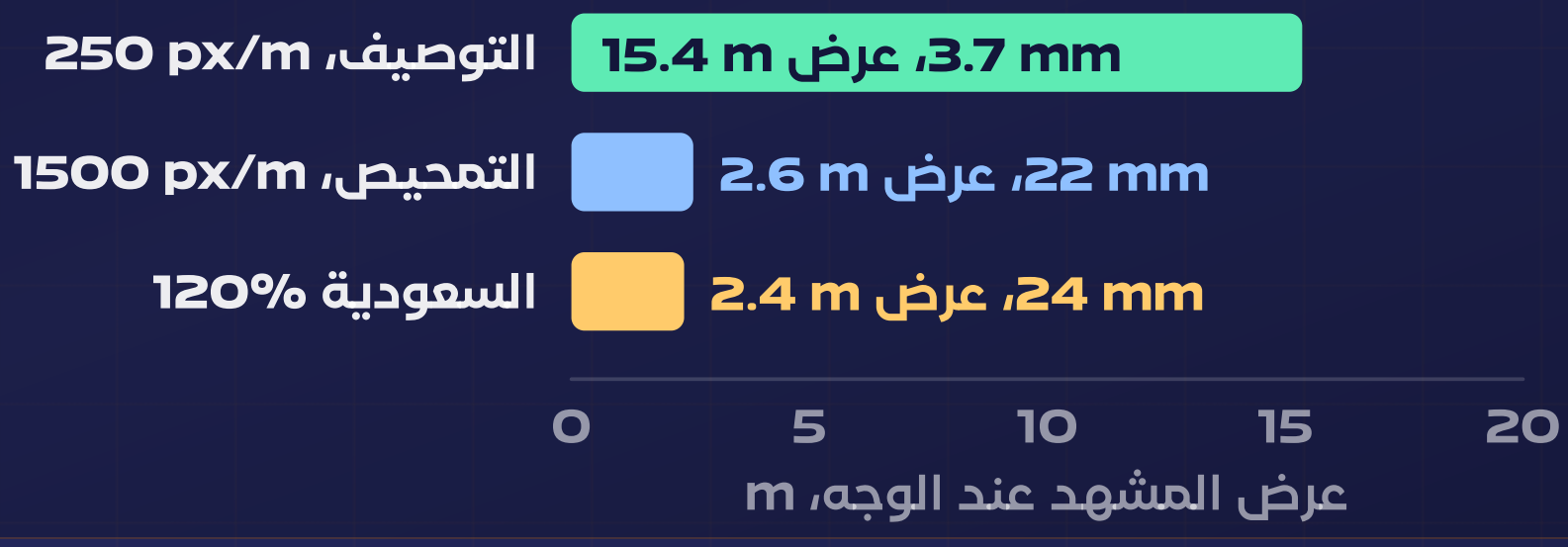
بتفسير ارتفاع الشاشة، يقابل هدفٌ طوله 1.6 m
عند 120% مشهداً ارتفاعه نحو 1.33 m.

نصّ الوزارة: ألا يقلّ حجم صورة الهدف عن نسبة من حجم الرؤية على شاشة العرض، على **هدف قياسي طوله 1.6 m**: التعرّف على الهوية (Identification) 120%، ثم التمييز 50%، ثم المعاينة 25%، ثم الرصد 10%، ثم المراقبة 5%. وفي الحالات الاستثنائية وبموافقة الوزارة المسبقة يجوز استخدام كثافة البكسل بدلاً منها: 250 px/m للتعرّف على الهوية. [4، ص 20 إلى 22]

احسبها بالعكس

من ارتفاع التركيب إلى البُعد البؤري





تركيب على 3.5 m، ونقطة هدف على 1.6 m، وحدّ 15°: المسافة 7.1 m على المخطّط، ثم 7.3 m مائلة. ومع مستشعر 8 MP ببكسل 2.0 µm (مساحة فعّالة 4.32 mm × 7.68) تعطي f = px/m × d × pitch نحو **3.7 mm** للتوصيف، ثم نحو **22 mm** للتمحيص. وبتفسير ارتفاع الشاشة، وهو تفسيرنا لا نصّ الوزارة، يقابل هدفٌ طوله 1.6 m عند 120% مشهداً ارتفاعه نحو 1.33 m: نحو **24 mm**. [4، ص 21][10]

التعرّف على الهوية: رقم تصميم واختبار بشري

رقم التصميم موجود. والاختبار إنسان.

	2014، البند 6.7: التصميم	2014، البند 13.3.2: الاختبار
المراقبة	80 mm لكل بكسل	80 mm لكل بكسل
الرصد	40 mm لكل بكسل	40 mm لكل بكسل
المعاينة	16 mm لكل بكسل	16 mm لكل بكسل
التمييز	8 mm لكل بكسل	8 mm لكل بكسل
التعرّف على الهوية	4 mm لكل بكسل	لوحة وجوه، 4 من 6
التفتيش	1 mm لكل بكسل	1 mm لكل بكسل

الملحق B لعام 2014: تسعة وجوه مطبوعة ومشغّل
للتعرّف على الهوية رقم، واختباره حكم بشري

في **إصدار 2014** الملغى يعطي البند 6.7 التعرّف على الهوية (Identify) **100%** من ارتفاع الشاشة أو **4 mm لكل بكسل**، واختبار القبول فيه (البند 13.3.2.5، الملحق B) تسعة وجوه مطبوعة وعصا قياس بطول 1.7 m ومراقب بشري، ويُعدّ ناجحاً عند 4 من 6 نقاط. [1]

ويذكر فهرس إصدار 2025 ملحقاً B معيارياً لبروتوكول الاختبار، لكننا لم نطّلع على إجراءاته ولا طريقة احتسابه، فاكتب طريقة القبول ومعايير النجاح في العقد. والكثافة مُدخل تصميمي لا ضمان، أما التحليلات الآلية فتتبع أرقام المورّد. [2][3]

اقرأ جدول القطاع

واحد وثلاثون يوماً، وواحد وتسعون، والتخزين الذي تحتاجه



تقديرات عند 4 Mbps مع إبقاء 20% من الكلّ احتياطياً، بوحدة TB عشرية

الحدّ الأساسي **31 يوماً**، مع تسجيل مرتبط بالحركة لا يقلّ عن 70% من اليوم بمعدّل 10 إطارات على الأقل (ص 13). ثم **91 يوماً مع 15 إطاراً**: النفط والبتروكيماويات (ص 38)، ثم الكهرباء والتحلية (ص 40)، ثم فنادق الفئتين الرابعة والخامسة ومراكز المؤتمرات (ص 45)، ثم محطات النقل العام (ص 75). والصرّاف الآلي: 91 يوماً في جدول المجمّعات التجارية (ص 48)، بينما يطبع جدول البنوك 19 يوماً ثم 51 إطاراً (ص 50)، فتأكّد من الوزارة. [4]

تقديرات توضيحية لكل كاميرا: 4 Mbps، وتسجيل 70% من اليوم بالضبط، وإبقاء 20% من السعة الكلية احتياطياً (البند 10، ص 13: الحاجة مقسومة على 0.8). ونسبة 70% حدّ أدنى لا قيمة تصميم. والتيرابايت هنا عشري (10^{12} بايت)، قبل هوامش نظام الملفات ومصفوفات RAID وجهاز التسجيل.

بند الإنارة في الوثيقة السعودية

منظومة مراقبة سعودية قد لا تحقق المتطلبات بسبب إنارتها



نموذج توضيحي: وحدات إنارة مثالية على أعمدة 6 m

قسم الإنارة الأمنية الإلزامي لدى الوزارة: مدى الرؤية مضاء كاملاً بلا مناطق مظلمة، ويجوز خارجياً استخدام الأشعة تحت الحمراء في المناطق الثانوية أو حيث لا يكفي النور المرئي، بلا انعكاس على الكاميرا، ودون ضرر بالآخرين كرؤية السائقين. **ولا رقم للوكس ولا للنسبة ولا للون.** [4، ص 25]

فالمصمّم يأتي بالأرقام: توصي IEC 62676-4 بنسبة أعلى استضاءة إلى أدناها 10:1 أو أفضل، ويوصي دليل مكتب الداخلية البريطاني بنسبة 3:1. [1] [7]

الكاميرات تقرأ المستوى الرأسي

قد يبلغ مخطّط اللوكس الأفقي ذروته حيث تقلّ الاستضاءة الرأسية على الوجه



مخطط الاستضاءة الأفقية على الأرض لا يثبت كفاية الاستضاءة الرأسية على الوجه. ونسبةً من **أعلى استضاءة على الأرض**، ينال الوجه الناظر على امتداد صفّ الأعمدة هذا **14%** تحت العمود، ثم **78%** قبله بنحو **3 m**.

نموذج واحد: مصادر نقطية متساوية الشدّة، وأعمدة 6 m بتباعد 18.3 m، والوجه على 1.6 m، مثال لا قاعدة. وفي EN 13201-2 فئات نصف أسطوانية للوجوه، فاقرأ قيمها في النصّ الكامل قبل الاستشهاد بها. [9]

اكتب هذا بدلاً من ذلك

البند الذي يصمد عند التسليم

ستة بنود لمواصفة المشروع

1. المرجع: IEC 62676-4 الإصدار الثاني (2025)، ومعه في المشاريع السعودية وثيقة الشروط لدى الوزارة (الإصدار الأول 1.1)، مع بيان الحاكمة منهما.
2. لكل كاميرا: الدرجة التشغيلية والهدف، وفي المشاريع السعودية حجم صورة الهدف لدى الوزارة، ولا px/m إلا بمرجع موافقة الوزارة.
3. الهندسة في المشاريع السعودية: للتعرّف على الهوية لا يتجاوز 30° أفقياً ولا 15° رأسياً، مع WDR ≥ 110 dB، وللتفتيش 10°، والبُعد البؤري عند المسافة المائلة الفعلية.
4. الحركة والوميض: سرعة الهدف وأقصى زمن تعريض، ثم Mod% لمشغّل الإنارة (LED driver) عند 120 Hz، والتحقّق من التخطيط في الموقع.
5. الإنارة والتخزين: استضاءة رأسية على الهدف يحدّدها المشروع، والاحتفاظ وفق جدول القطاع لدى الوزارة بسعة تساوي الحاجة مقسومة على 0.8.
6. القبول: طريقة القبول ومعايير النجاح في العقد مع ذكر إصدار IEC، ويضاف في المشاريع السعودية قبول الصورة لدى الوزارة (ص 27)، وملف ONVIF مفحوص في قائمة المنتجات المطابقة.

المصادر، 1 من 2

من أين جاء كل رقم

[1] IEC 62676-4:2014، الإصدار 1.0، سُحب 9 أكتوبر 2025: البنود 6.7 ثم 13.3.2، الملحق B، الجدول 3
متجر IEC، المنشور 7353

[2] IEC 62676-4:2025، الإصدار 2.0: المقدّمة c)، البند 3.1.6
متجر IEC، المنشور 83425
صفحات العيّنة لدى الناشر فقط، ولم نراجع النصّ الكامل

[3] Axis، ورقة بيضاء عن كثافة البكسل وفق IEC 62676-4:2025 (سبتمبر 2026)
الورقة البيضاء (PDF)

[4] وزارة الداخلية، وثيقة الشروط والمتطلبات الأمنية، الإصدار الأول 1.1: ص 12 إلى 13، ثم 20 إلى 22، ثم 25، ثم 27، ثم 38 إلى 75
النسخة المؤرشفة، 10 ديسمبر 2025
رابط moi.gov.sa يُعاد توجيهه إلى الصفحة الرئيسية

[5] نظام استخدام كاميرات المراقبة الأمنية، المرسوم الملكي م/34: المادتان 11 ثم 12
هيئة الخبراء، النصّ الرسمي

المصادر، 2 من 2

مصادر المصنّعين والمراجع التقنية

[6] قاعدة المنتجات المطابقة لدى ONVIF، ثم Profile T
المنتجات المطابقة لدى ONVIF · ONVIF Profile T

[7] مكتب الداخلية البريطاني، دليل المتطلبات التشغيلية 28/09 (2009، مسحوب): القسم 4.2.2
لا رابط رسمي حالي، وراجعناه من نسخة مؤرشفة

[8] هيئة تنظيم الكهرباء، كود الشبكة السعودي (مايو 2024): البند 2.4.2.1، ثم IEEE 1789-2015، غير نشطة منذ مارس 2026
كود الشبكة (PDF) · IEEE SA، المواصفة 1789-2015

[9] EN 13201-2:2015 إنارة الطرق، الجزء 2: فئات SC ثم EV
BSI، سلسلة BS EN 13201
لم نراجع النصّ الكامل، ولا نذكر قيم الفئات

[10] نشرتا Sony للمستشعرين IMX415-AAQR ثم IMX678-AAQR
نشرة IMX415 (PDF) · نشرة IMX678 (PDF)

كل الحسابات من عملنا، لا اقتباس من هذه المصادر.

معرفة عملية في هندسة الإنارة

احفظ المنشور وأرسله إلى زميل.

اقرأ المقال الكامل للحلقة

https://nlc.com.sa/ar/academy/cctv-pixel-density.html

الحلقة القادمة

التحكم بالدخول: Wiegand مقابل OSDP