

为什么 EMVA 标准优于 ISO 标准？

探索为何高速摄像机用户应该重新考虑将 EMVA 1288 代替 ISO 12232 作为图像质量和灵敏度判定的黄金标准。

Toni Lucatorto, 资深产品经理, Vision Research

尽管 ISO 标准在成像应用中普及了近 50 年之久，但它并非如大家所认为的那般完美。该标准提供了主观且不全面的相机图像性能。

最初，开发 ISO 12232 标准是为了让摄影师了解到数字传感器与胶片速度的对比。很快，在高速成像领域，它被用来表征相机灵敏度，ISO 等级越高，传感器对光越敏感。然而，当使用基于饱和度的 ISO_{sat} 12232 方法时，结果实际上仅能表明图像饱和的速度有多快，但无法定义传感器对光线的灵敏度。

这种误解必须在高速成像应用中得到阐明，因为高速成像通常要求 CMOS 传感器在低光照条件下运行，例如：由于应用的曝光时间过短，限制了到达传感器的光线量。还可能包括由于明亮、自发光事件（如：爆炸）或在黑暗、阴影环境中充满关键细节的观测对象所造成的极端光线波动。

考虑到这些有挑战的照明条件，改变我们对灵敏度的看法尤为重要。这意味着我们将放弃基于饱和度的 ISO 12232 规范，它在评估相机图像性能时存在明显缺陷。它无法表明像素水平上的灵敏度（即每个入射光子产生多少电子）。

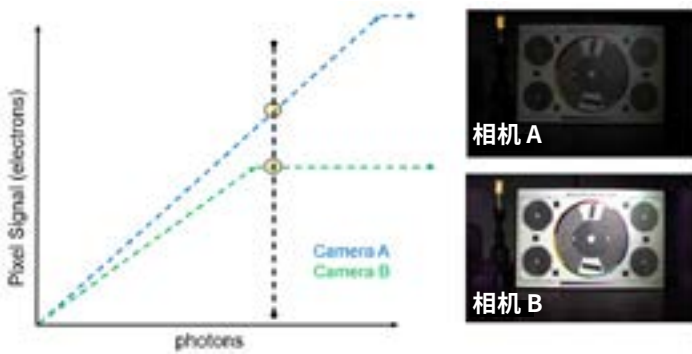
开发者：

VISION
RESEARCH 
AMETEK

作为另一种相机特征标准——EMVA 1288 则清晰、恒定和定量的诠释了相机传感器的能力。EMVA 1288 报告包括一系列受控条件下的测量参数，为用户呈现更加透明的相机性能。其可靠且精确的测量流程，以及其提供数据的指导方针，使用户能够更好地在低光照、高速成像应用中比较相机和传感器的性能。

关于 ISO 标准缺点的深入探讨

评估相机在黑暗环境下的性能时，往往会错误地使用 ISO 12232 标准来代替光谱响应和读出噪声。通常情况下，ISO 值低的相机在低光环境下比 ISO 值高的相机表现更为出色。究其根源，这种差异是由于用户仅依靠单个 ISO 值来判断相机传感器的灵敏度，而没有考虑到低光性能的关键技术指标，如：量子效率、像素面积、填充因数和读出噪声。



这张插图表明：在相同光线输入条件下，相机 B 在相机 A 之前达到饱和状态，从而产生更明亮的图像和更高的 ISO 值，而相机 A 在包含相同的像素数据时，可以在达到饱和状态前灵活地收集到更多的光线

ISO_{sat} 12232 是一种基于饱和度的测量技术。

方程定义如下：

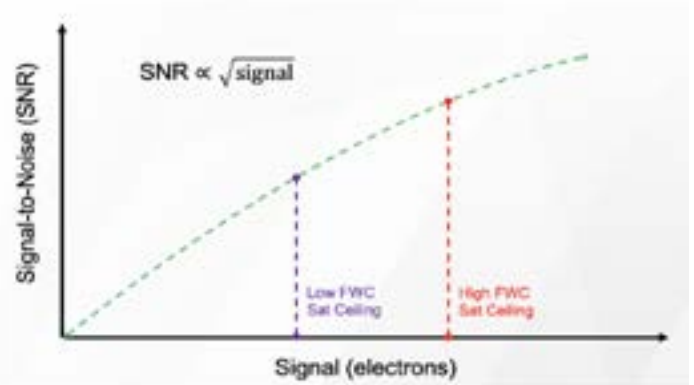
$$ISO_{sat} = \frac{78}{ET \times lux}$$

其中：

ET = 曝光时间，即在一帧内收集光线的时间

lux = 入射 lux，它定义了使用钨丝灯或日光灯光源照射像素的光线量

ISO_{sat} 值定义了传感器到达饱和时的速度，展示了“表面上的”灵敏度，但这并非真实科学的灵敏度。例如：为了提高表面上的灵敏度，相机制造商可能会选择通过传感器设计来降低满阱容量 (FWC)，或者仅映射较低的位深度来进行展示。这些方式只能影响图像的外观，使图像看起来更明亮，但对传感器将光子转化为电子的能力却毫无助益。



如图所示：通过降低 FWC 来增加 ISO 值，这种方法会降低信噪比性能

如下是 ISO 12232 标准的局限，它与高速应用中的图像灵敏度和图像质量相关：

ISO 不反映噪声性能。 ISO 值未覆盖从噪声中识别图像细节的能力。用户应该转而关注更有意义的传感器质量，类似于暂态暗噪声和绝对灵敏度阈值 (AST) 等参数。在低光照条件下评估相机性能时，这些指标尤为重要。例如：AST 描述了相机从噪声中区分出有用的图像信息所需的最低光子数量。该值越低，相机灵敏度越高。

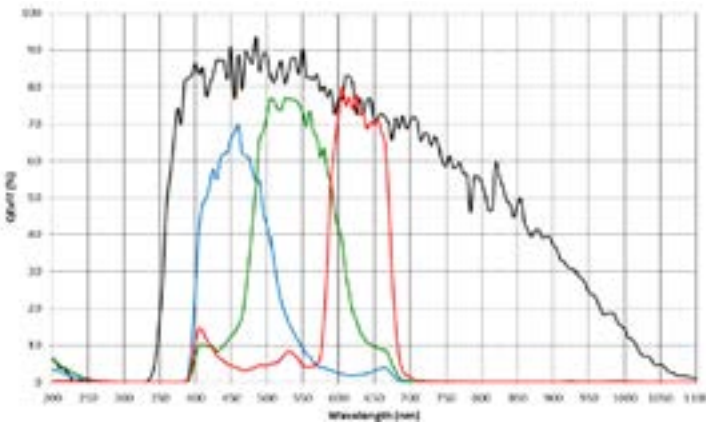
ISO 易被数字增益所影响。 它会降低相机的信噪比 (SNR) 和动态范围 (DR)。由于相机制造商并不总是报告与 ISO 相关的 SNR 和 DR 值，所以在比较相机时，很少会考虑到这点。

四舍五入因素使 ISO 值过高。 由于 ISO 标准基于胶片速度，要求制造商四舍五入到高于实际测量值的 ISO 值，这可能会导致该值比实际值高 1/3 F-stop。因此，这也是无法使用 ISO 作为光灵敏度基准获取精准光子测量的原因之一。

钨丝灯和日光灯下的 ISO 规范无法代表所有案例。用于测量 ISO 的光源可以是钨丝灯或者日光灯。如果不使用红外滤光片,使用钨丝灯光源的黑白相机将具有更高的规格。虽然报告值中应当阐明光源,但这一细节往往被排除在外。此外,在实际成像应用中,往往没有与钨丝灯或日光灯光谱相匹配的散射光或反射光。

这也正是我们要引入光谱响应图的原因。要了解传感器在可见光和近红外 (NIR) 光谱下的量子效率,可以参考图上的黑线 (黑白相机响应曲线) 以及蓝、绿、红线 (彩色相机响应曲线)。

了解更多关于为何 ISO 不适合用于测量 CMOS 传感器的灵敏度,请参阅应用说明,“**低光照成像: 高速 CMOS 传感器信号、灵敏度、响应率和噪声的说明。**”



Phantom T4040 光谱相应图, 使用背照式 CMOS 传感器

EMVA 1288 标准介绍

总而言之,如果我们单单依靠 ISO 12232 来衡量高速摄像机在低光照应用中的灵敏度,结果往往存在诸多未知和差异。参照 EMVA 1288 标准,将为用户提供更加全面的传感器参数以评估相机的成像性能。

EMVA 1288 是由欧洲机器视觉协会 (EMVA) 建立的一种电子标准,旨在通过科学方法表征工业相机传感器的性能。该标准通过考虑低光照性能的关键指标,如量子效率、填充因数和读出噪声,从而提供传感器性能的完整表征 (图1),并定义了相机制造商用于生成 EMVA 报告的测试参数和设备。总之,EMVA 1288 标准为用户提供了定义相机综合性能的方法,用户能够更有效地比较不同相机型号间的性能差异,以便为所需的高速应用做出最佳选择。

值得注意的是,虽然某些单独的相机规格 (图1) 可能在特定案例中很重要,但是这些参数综合表征了相机提供高质量图像的能力。为了符合要求,相机制造商必须提供这些规格的报告,该报告是用 EMVA 标准指定的设备和方法所生成。除了这些规格之外,该报告还显示了用于重复实验时的相机的基本信息。

参考 EMVA 1288 报告,高速摄像机使用者可以了解到:

- 传感器规格,包括: 像素大小, 满像素分辨率, 快门类型 (全局快门或滚动快门)。
- 测试参数,包括: 相机帧速率, 曝光时间, 环境信息和光源波长。
- 官方 EMVA 1288 测量结果包含各项指标,包括: 光子转移曲线, 量子效率, 整体系统增益, 暂态暗噪声, 绝对灵敏度阈值, 饱和容量和动态范围。

使用 EMVA 1288 标准评估低光照环境下相机性能

与描述高速摄像机传感器“表面上的”灵敏度的 ISO 12232 不同,EMVA 1288 描述了传感器对特定波长的实际灵敏度和响应度。当查看 EMVA 1288 报告并比较相机型号时,最佳的低光传感器将具有最高的响应度和最低的噪声。虽然资深用户可以使用入射光子通量、光谱响应和读出噪声等数据来自行计算,但是 EMVA 拥有更加便捷的方式——绝对灵敏度阈值 (AST),它定义了产生与噪声相当的信号所需的光子数量。最佳的低光应用的相机传感器将具有非常低的 AST 值。

由于 AST 结合了量子效率、暗噪声和散粒噪声,这取决于光子的量子性质。因此,建议用户在选择低光应用的相机时参考 AST 值,这比仅考虑量子效率更为有益。

EMVA 1288 报告现已发布

由于 ISO 12232 规范的局限,评估高速摄像机的灵敏度一直是主观且不一致的过程。ISO 无法阐明低光应用下的相机性能,且该值易被修饰,从而让用户对高速摄像机性能产生误解。

Vision Research 现已在 Phantom 摄像机数据表中添加 EMVA 1288 规范,这将作为一套完整的信息供用户参考,使用户能够科学地评估相机性能。相关的两页 EMVA 摘要可供下载,用户能够根据对特定应用所需的重要参数选择最合适的高速摄像机。

图 1: EMVA 主要参数

量子效率 (%)	在指定波长 (λ) 下转换为电子的光子数量百分比。量子效率 (QE) 越高, 光灵敏度越高。参考传感器的光谱响应曲线以找到特定波长下的精确量子效率 (QE) 非常有用。EMVA 量子效率 (QE) 与填充因数 (FF) 相匹配。
暂态暗噪声 (e^-)	又名: 读出噪声, 这是当传感器上没有入射光 (即镜头盖盖上) 时图像中存在的噪声。较低暂态暗噪声与更好的动态范围、卓越的低光性能以及整体更佳图像质量相关, 从而实现更准确的图像分析。
信噪比 (dB)	信号功率和噪声功率之比。信噪比越高, 信号质量越好, 且能够分辨光线的微小变化。
绝对灵敏度阈值 (p)	一个像素产生与噪声相当的信号所需的光子数量。绝对灵敏度阈值越低, 传感器在低光应用中识别细节的能力越好。
饱和容量 (Ke-)	又名: 满阱容量 (FWC), 这是像素能够存储的电荷量。较高的饱和容量与传感器较高的最大信噪比有关。由于光子散粒噪声造成信噪比与 FWC 的平方根呈现趋势。
动态范围 (dB)	最大像素信号 (或 FWC) 与读出噪声之间的比率。由于能够解析图像中的精细灰度特征, 包括暗电平中的细节, 较高动态范围可以产生更佳图像质量。12 位图像的动态范围可达 72 dB。

图 1: 与 ISO 不同, EMVA 参数反映了光子和电子水平上真实发生的情况, 这使得 EMVA 标准成为传感器图像性能的真正衡量标准



Phantom VEO 专用传感器

关于 VISION RESEARCH

Vision Research 是 AMETEK 公司材料分析部的一个业务部门, 设计并制造高速摄像机。Phantom 摄像机以高感光度、高图像分辨率、采集速度和图像质量著称, 这些特质对分析高速现象必不可少。

Vision Research 提供标准和机器视觉高速摄像机, 可以满足不同行业的需求。从 VEO 系列到 TMX 系列, 带有板载内存的标准摄像机是研究和开发应用的完美选择。Phantom 机器视觉摄像机为需要实时处理或长时间拍摄的应用提供了同样高质量的成像性能。它们为具有挑战性的应用 (如变形细胞计数和全面的电子器件检测) 提供了令人满意的性能。

了解更多 EMVA 相关信息, 请访问:
phantomcameras.cn/emva



某些 Phantom 摄像机需要出口许可证。有关更多信息, 请访问 www.phantomcameras.cn/export