

درک ضریب برش

نویسنده:

آری حاذقی

مترجم:

ابوالفضل فلاح زاده

ویراستار:

حامد کریمی

فرشاد شبستری

تابستان ۹۶



https://www.instagram.com/fallah_wildlifephoto/

یکی از بیشترین موضوعات مورد بحث در فروم‌های مختلف عکاسی، خصوصاً در میان عاشقان حیات وحش و پرندگان، ضریب برش^۱ دوربین می‌باشد. متأسفانه گاهی اوقات این موضوع حتی در میان عکاسان مطرح نیز به صورت نادرست درک شده است. حتی بدتر از آن برخی سازندگان دوربین، لنزهای کوتاهی را بر روی دوربین‌های سنسور کوچک تحت عنوان «معادل» با لنزهای گران‌تر و بلندتر تبلیغ می‌کنند. چنین آگهی و تبلیغ‌هایی در حالی که به طور قانونی و فنی قابل قبول می‌باشد، می‌تواند کاملاً گمراه‌کننده باشد. در این مقاله‌ی کوتاه، من مفاهیم پایه‌ای و ساده‌ی سنسورهای برش خورده را تشریح می‌نمایم.

ضریب برش فاصله کانونی را افزایش نمی‌دهد.

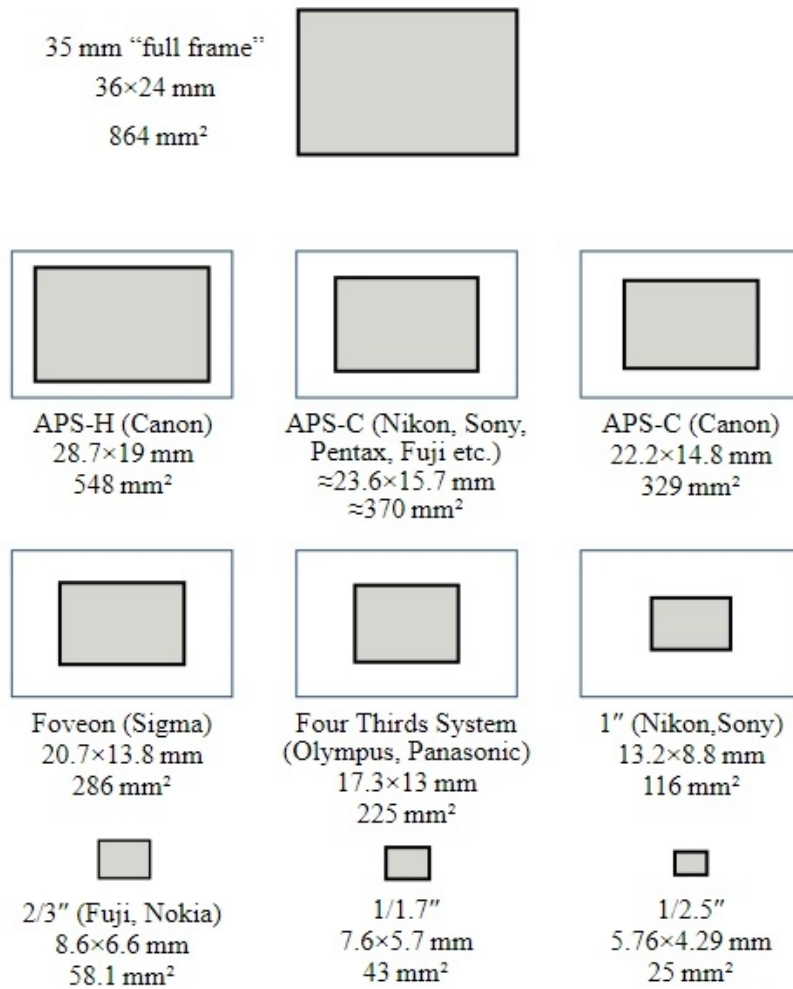
بر خلاف افسانه‌ی موجود در اینترنت، دوربین‌هایی با سنسور کوچکتر از استاندارد ۳۵ میلی‌متر فاصله کانونی لنزها را افزایش نمی‌دهند. هر لنز فاصله‌ی کانونی ثابتی دارد که به هیچ وجه به دوربین و اندازه سنسور وابسته نیست و این لنز هست که بر روی بدنه نصب می‌گردد.

یک لنز ۴۰۰ میلی‌متری همیشه ۴۰۰ میلی‌متر است؛ چه بر روی دوربین *EOS-7D Mark II* یا بر روی *EOS-1DX Mark II* و یا بر روی دوربینی با سنسور کوچکتر به وسیله‌ی آداپتور نصب گردد. فاصله کانونی جزء ویژگی اپتیکی لنزهاست. ضریب برش تنها به اندازه‌ی سنسور مربوط می‌شود.

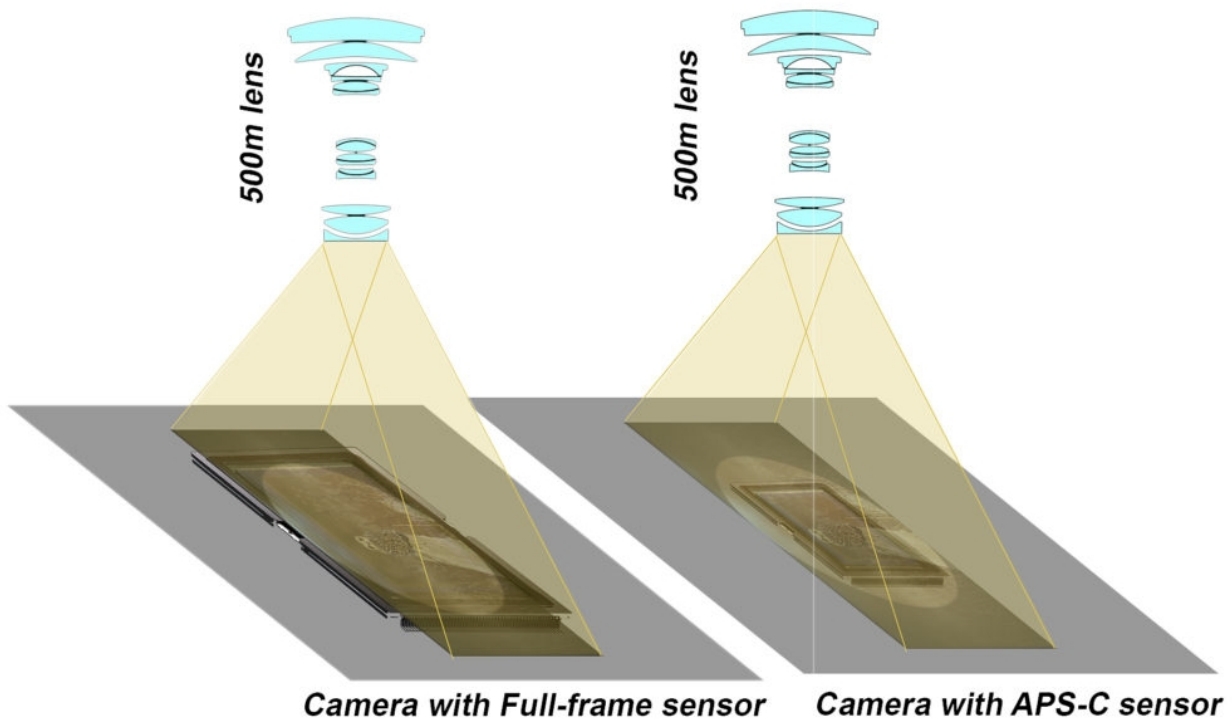
ضریب برش $1.6X$ (که به سنسور *APS-C* مربوط می‌باشد) یعنی سنسور تصویر در حدود $1.6X$ برابر کوچکتر از فیلم ۳۵ میلی‌متری استاندارد در هر بُعد از آن می‌باشد؛ یعنی ۲۲.۵×۱۵ میلی‌متر. سنسور فول فریم (*FF*) برشی برابر با $1X$ دارد، یعنی اندازه‌ی سنسور تقریباً برابر با ۳۶×۲۴ میلی‌متر می‌باشد. دوربین *Canon - EOS-7D Mark II* از سنسور *APS-C* که تقریباً $۲/۶$ برابر ($۲/۵۶ = ۱/۶ \times ۱/۶$) کوچکتر از سنسور فول فریم در سری *EOS-1D/5D* است، بهره می‌برد. اندازه‌ی سنسورهای رایج در شکل ۱ نشان داده شده است.

به علت آنکه سنسور تصویر برش خورده کوچکتر است، بخش کوچکتری از تصویر تابانده شده توسط لنز را دریافت می‌کند. فرض کنید از جغدی با فاصله ۱۸ یارد (۱۶ متر) و با لنز ۵۰۰ میلی‌متری عکس می‌گیرید. لنز دقیقاً تصویر یکسانی را بر روی صفحه سنسور دوربین *APS-C* و دوربین دارای سنسور فول فریم (*FF*) می‌تاباند (شکل ۲). اما به علت آن که دوربین *APS-C* سنسور کوچکتری دارد تصویر ثبت شده بر روی آن نسبت به تصویر ثبت شده بر روی دوربین فول فریم برش زده می‌شود. سنسور *APS-C* میدان دید^۲ (*FOV*) باریک‌تر و محدودتری دارد.

1. Crop Factor
2. Field of View

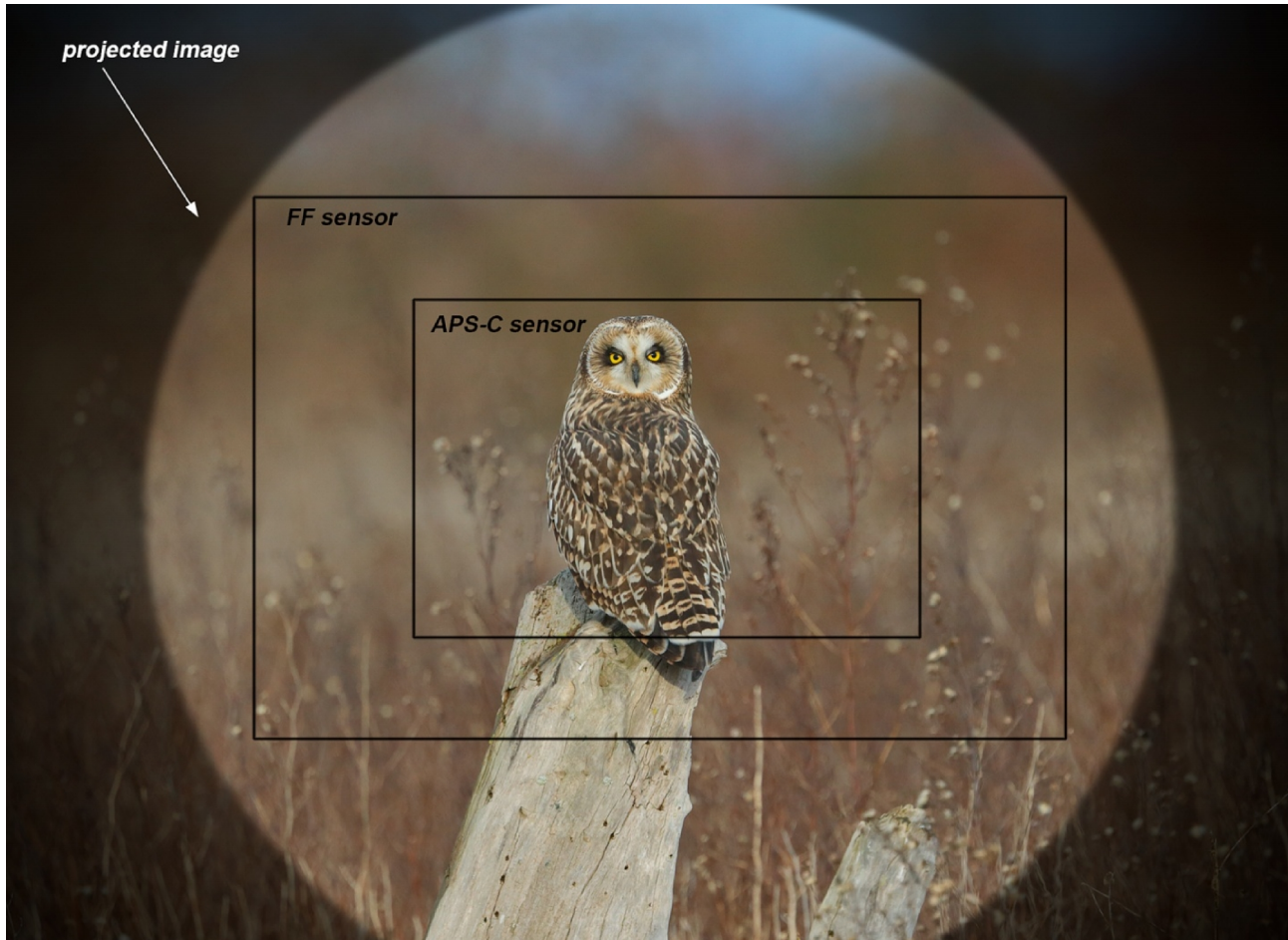


شکل ۱- فرمت‌های رایج سنسورهای تصویری.



شکل ۲- تصویر تابانده شده‌ی لنز ۵۰۰ میلی‌متری بر روی سنسور فول فریم FF (چپ) و دوربین APS-C (راست).

در شکل ۲ تفاوتی در تصویر تابانده شده وجود ندارد. سنسور برش خورده بخش کوچکتری از تصویر تابانده شده به آن را به علت کوچکتر بودن می‌بیند. به همین علت سنسور «برش خورده» نامیده شده است. تصویر گرفته شده توسط هر یک از سنسورها در شکل ۳ نشان داده شده است.



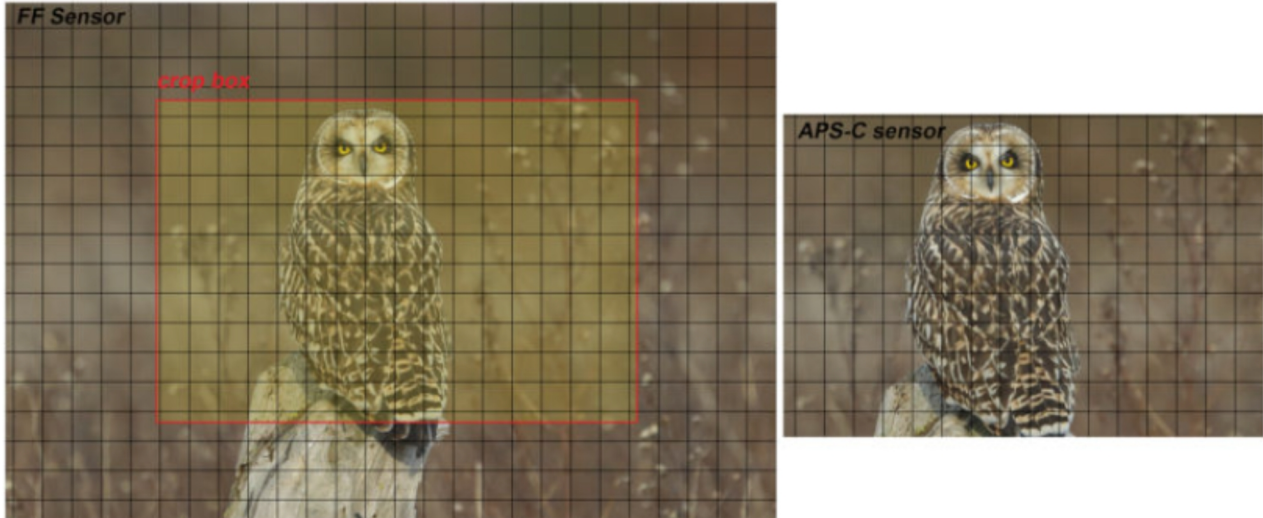
شکل ۳- تصویر حاصل از سنسور فول فریم FF در مقایسه با سنسور APS-C

جهت حصول میدان دید مشابه با دوربین فول فریم FF می‌توانید به سادگی تصویر FF را در فتوشاپ برش بزنید. اما کدام یک از تصاویر تعداد پیکسل بیشتری دارد؟

شاید تصور کنید تصویر حاصل از سنسور APS-C پیکسل بیشتری دارد. اما این جواب غلط است! جواب درست به اندازه‌ی پیکسل بستگی دارد. اگر سنسورهای APS-C و فول فریم FF اندازه‌ی پیکسل یکسانی داشته باشند، تصویر برش خورده از سنسور FF و تصویر حاصل از سنسور APS-C دقیقاً تعداد پیکسل یکسانی خواهند داشت. اگر سنسور FF پیکسل‌های کوچکتری از سنسور APS-C داشته باشد، پیکسل‌های بیشتری از پرده پس از برش خوردن تصویر وجود خواهد داشت. به طور گرافیکی این مورد در زیر نشان داده شده است. پیکسل‌ها به صورت خیلی بزرگی برای مشاهده بهتر رسم شده‌اند. دقت کنید که هر دو «تصویر FF بعد از برش خوردن در نرم افزار» و «تصویر سنسور

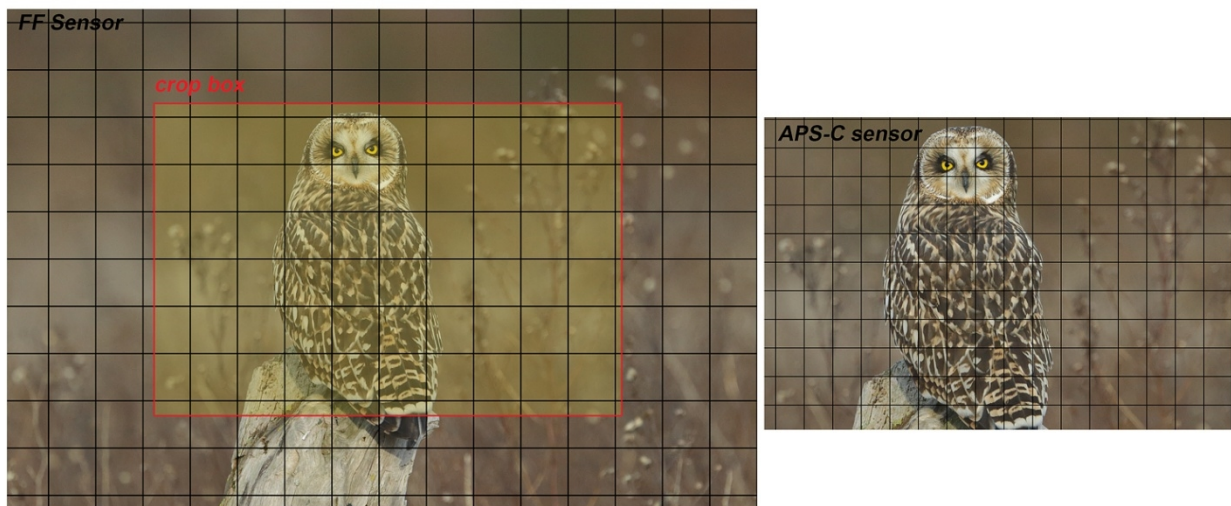
APS-C « دارای عمق میدان (DOF) یکسانی می باشند.

الف) سنسور FF و APS-C با اندازه پیکسل‌های یکسان (مانند EOS-7D Mark II و EOS-5DSR) که تقریباً پیکسل‌های هم اندازه‌ای دارند). هر دو تصویر تعداد یکسانی از پیکسل‌ها بر روی جغد دارا می‌باشند.



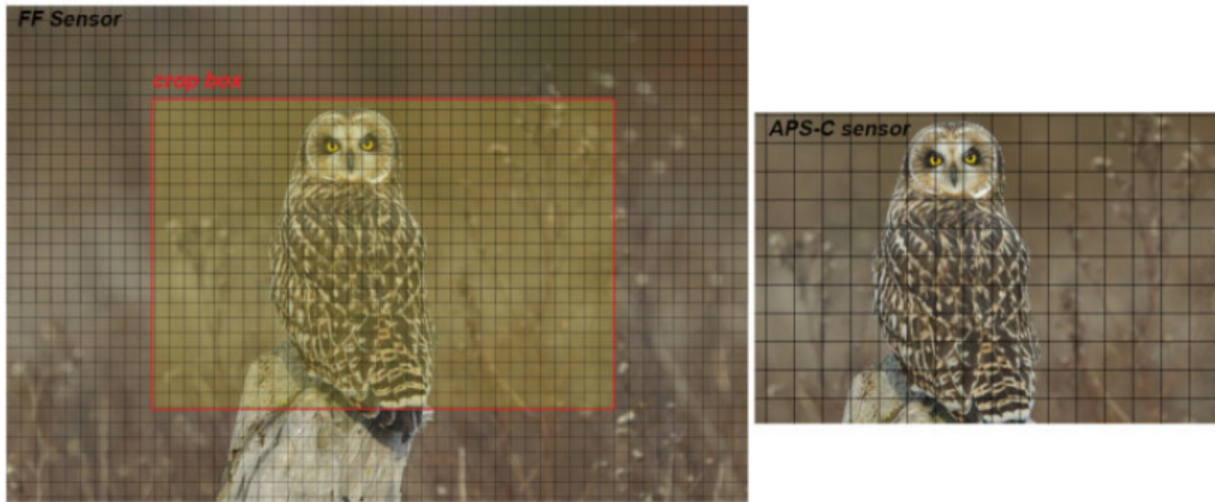
شکل ۴- سنسور FF (چپ) و سنسور APS-C (راست) اندازه پیکسل یکسانی دارند. پس از برش تصویر چپ با کادر قرمز رنگ نشان داده است که دقیقاً تعداد یکسانی از پیکسل‌ها را در مقایسه با تصویر سمت راست (سنسور APS-C) دارا می‌باشد.

ب) سنسور FF با اندازه پیکسل بزرگ‌تر از سنسور APS-C (مانند EOS-1DX Mark II و EOS-7D Mark II). تصویر حاصل از سنسور FF پیکسل‌های کمتری بر روی جغد دارد.



شکل ۵- سنسور FF (چپ) پیکسل‌های بزرگ‌تری از سنسور APS-C (راست) دارد. بنابراین پیکسل‌های بیشتری بر روی جغد در تصویر سمت راست یعنی سنسور APS-C وجود دارد.

ج) سنسور FF با پیکسل‌های کوچک‌تر (مانند EOS-50D، EOS-5DSR) تصویر حاصل از سنسور FF، پیکسل‌های بیشتری بر روی جغد دارد.



شکل ۶- سنسور FF (چپ) پیکسل‌های کوچک‌تری از سنسور APS-C (راست) دارد. لذا پیکسل‌های بیشتری بر روی جغد از تصویر سمت چپ (سنسور FF) حتی بعد از برش زنی در مقایسه با تصویر سمت راست (APS-C) دریافت خواهید نمود.

موارد گفته شده در بالا، همه‌ی آن چیز است که درباره‌ی اندازه پیکسل وجود دارد. برای مثال هنگامی که با EOS-7D (APS-C ۱۸ مگاپیکسلی) و EOS-5DSR (فول فریم ۵۱ مگاپیکسلی) در کنار یکدیگر عکس می‌گیرید، جهت حصول میدان دید یکسان با سنسور APS-C، تصویر FF حتی پس از برش زنی، پیکسل‌های بیشتری بر روی پرده خواهد داشت. سازندگان دوربین معمولاً اندازه‌ی پیکسل دوربین را در برگه‌ی مشخصات دوربین بیان نمی‌کنند، اما می‌توان به راحتی تعداد پیکسل‌های باقیمانده پس از برش زنی تصویر در یک میدان دید معین را می‌توان با استفاده از رابطه زیر محاسبه نمود.

$$\frac{\text{تعداد کل پیکسل‌های روی سنسور}}{FOV \times FOV} = \text{تعداد پیکسل‌های باقیمانده پس از برش زنی میدان دید معین}$$

مثال:

تعداد پیکسل باقیمانده‌ی EOS-5D-Mark IV پس از برش زنی جهت رسیدن به میدان دید (FOV) دوربین EOS-7D Mark II را محاسبه نمایید؟

جواب:

$$\frac{۳۰ \text{ مگاپیکسل}}{۱,۶ \times ۱,۶} = ۱۲ \text{ مگاپیکسل}$$

این یعنی در بزرگنمایی ۱۰۰٪ صفحه‌ی نمایش هر وجه از تصویر EOS-7D Mark II تقریباً ۱/۳ برابر بلندتر از تصویر 5D-Mark IV دیده می‌شود. به بیان دیگر، ۱/۳ برابر بزرگ‌نمایی شده است. بایستی اشاره نمود که این عدد برابر با ضریب برش 1.6X نیست. با استفاده از همان رابطه‌ی ریاضی، تقریباً ۲۰ مگاپیکسل برای تصویر برش خورده از EOS-5DSR به دست خواهیم آورد یعنی EOS-7D Mark II در مقایسه با آن بزرگ‌نمایی ندارد یا فاکتور رسانش بیشتری از دوربین رزولوشن بالای EOS-5DSR ندارد.

توجه داشته باشید این که دوربین APS-C با استفاده از لنز ۵۰۰ میلی‌متر به دوربین فول فریم با لنزی به فاصله‌ی کانونی ۸۰۰ میلی‌متری تبدیل شود، تصویری نادرست است و پارامتری تحت عنوان بزرگ‌نمایی ضریب برش وجود ندارد. عبارت دیگر سنسورهای کوچک‌تر هیچ گونه بزرگ‌نمایی ندارند، بلکه این پیکسل‌های با ابعاد کوچک‌تر هستند که منجر به وجود تعداد بیشتری پیکسل بر روی یک سوژه در فاصله معین می‌شوند.

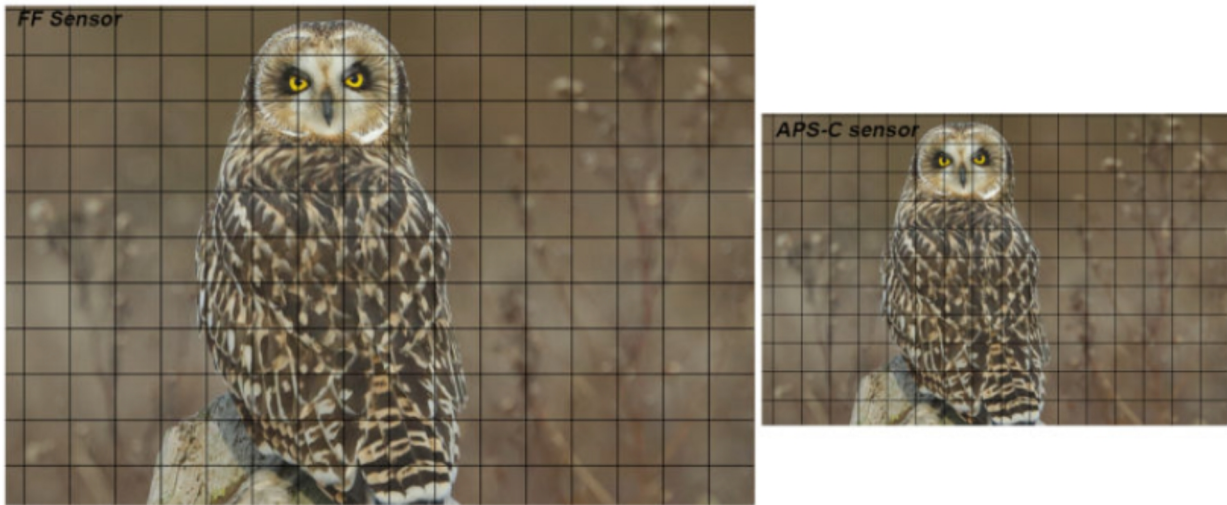
نکته مهم دیگر اینکه پیکسل‌های بیشتر بر روی سوژه همیشه معادل با جزئیات ظریف‌تر یا کیفیت تصویر بالاتر نیست. لزوماً کیفیت ساخت و تولید همه‌ی پیکسل‌ها یکسان نیست. پیکسل‌های کوچک‌تر دینامیک رنج (DR) پایین‌تری دارند به این معنی که به علت کوچک‌تر بودن، مقدار نور کمتری نسبت به پیکسل‌های بزرگ‌تر جذب می‌کنند. علاوه بر این در سنسورهایی با چگالی پیکسل بالاتر، امکان تداخل سیگنالی بین پیکسل‌های مجاور بیشتر است و همه‌ی این عوامل باعث می‌شود کیفیت تصویر نهایی کاهش یابد. دوربین‌هایی مانند EOS-7D Mark II با پیکسل‌های کوچک‌تر اغلب دارای کنتراست، شارپنس کمتر و همچنین نویز بیشتر در ایزوهای بالاتر هستند. در چنین مواردی کاهش نویز تصویر باعث از بین رفتن جزئیات ثبت شده توسط پیکسل‌های کوچک‌تر می‌گردد. خروجی دوربینی با سنسور کوچک‌تر نیاز به شارپ‌سازی بیشتری دارد. نزدیک‌تر شدن به سوژه و یا استفاده از لنزهای تله بلندتر و با کیفیت‌تر به بهبود کیفیت تصویر در استفاده از این دوربین‌ها کمک زیادی می‌کند.

اجازه دهید بر سناریوی دیگری تمرکز کنیم. فرض کنید دوربین‌های EOS-7D Mark II و EOS-1DX Mark II را مقایسه می‌کنیم. هر دو ۲۰ مگاپیکسلی هستند. قطعاً EOS-7D Mark II پیکسل‌های خیلی کوچک‌تری دارد (مساحت هر پیکسل تقریباً ۲/۶ برابر کوچک‌تر است). لنز فول فریم 400 mm F/4 DO IS II را به بدنه‌ی EOS-7D Mark II و لنز فول فریم 600 mm F/4 IS II به بدنه‌ی EOS-1DX Mark II متصل می‌کنیم. حالا هر دو دوربین تقریباً میدان دید یکسانی با سنسور خودشان دارند (به خاطر فاصله‌ی کانونی ۴۰۰ و ۶۰۰ میلی‌متری هیچ گونه برشی برای یکسان نمودن تصویر نهایی نیاز نیست) آیا تصاویر یکسان هستند؟ مطلقاً خیر.

لنز ۶۰۰ میلی‌متری دیافراگم فیزیکی خیلی بزرگ‌تری دارد بنابراین به وضوح لنز بزرگ‌تری نیز هست. در مقام مقایسه، مساحت دیافراگم در لنز 600 mm F/4 تقریباً ۲/۲۵ برابر بزرگ‌تر از لنز 400 mm F/4 است یعنی سنسور بزرگ‌تر EOS-1DX Mark II ۲/۲۵ برابر نور (فوتون) بیشتر نسبت به EOS-7D Mark II جمع‌آوری می‌کند. نسبت سیگنال به نویز^۱ (SNR) در یک سنسور ایده‌آل تناسبی از ریشه‌ی دوم تعداد فوتون‌های جمع‌آوری شده می‌باشد. تعداد فوتون‌های بیشتر منجر به تصویر تمیزتر و نویز کمتر خواهد شد. ممکن است این تفاوت کیفیت در ایزوهای پایین یا نور خوب و مناسب قابل مشاهده نباشد، اما در ISOهای بالا یا هنگامی که تون‌های تیره‌ی تصویر زیاد می‌شوند، تفاوت چشمگیر خواهد بود. علاوه بر این، پیکسل‌های بزرگ‌تر EOS-1DX Mark II حد اشباع نوری بالاتر، شارپنس و کنتراست بهتری دارند. علاوه بر این تصویر سنسور فول فریم به همراه لنز 600 mm F/4 عمق میدان کمتری نسبت به تصویر سنسور APS-C به همراه لنز 400 mm F/4 دارد. عمق میدان کم برای عکاسی از پرندگان و

1. Signal to Noise Ratio

حیات وحش در بیشتر موارد مطلوب است چون سوژه را از پس زمینه جدا می‌کند. جمع شدن چنین مواردی با هم باعث می‌شود که دوربین‌های فول فریم *FF* اغلب کیفیت تصویر خیلی بهتری در مقایسه با *APS-C* ارائه دهند.



شکل ۷- سنسور *FF* (چپ) و سنسور *APS-C* (راست) با تعداد پیکسل یکسان. بدنه *FF* به لنز $600\text{ mm } F/4$ متصل شده و بدنه *APS-C* به لنز $400\text{ mm } F/4$. مساحت بزرگتر سنسور *FF* تقریباً $2/25$ برابر نور بیشتری در *FOV* یکسان جمع آوری می‌کند که منجر به نسبت سیگنال به نویز بالاتر (*SNR*) و کیفیت تصویر بهتر می‌گردد. پیکسل‌های بزرگتر سنسور *FF*، بازه داینامیک رنج *DR* بیشتر، شارپنس و کنتراست بهتری را فراهم می‌کنند.

نتیجه گیری:

چنانچه بحث شد ضریب برش سنسورها فاصله‌ی کانونی را تغییر نمی‌دهد و نه تصویر را بزرگ‌نمایی و نه دسترسی نزدیک‌تری را فراهم می‌کند؛ بلکه تنها اندازه‌ی پیکسل (به «گام پیکسل» مربوط می‌شود) است که تعداد پیکسل‌های باقیمانده بر روی پرده هنگام عکس‌برداری در یک فاصله‌ی معین را تعیین می‌نماید. یک لنز $400\text{ mm } F/4$ بر روی دوربین *APS-C* هرگز مشابه یک لنز $600\text{ mm } F/4$ بر روی دوربین فول فریم *FF* نخواهد بود، نور کم‌تر تفاوت‌های بزرگ‌تری ایجاد خواهد نمود.

Understanding the Crop Factor

By:

Ari Hazeghi

Translated by:

Abolfazl Fallah Zadeh

Edited by:

Hamed Karimi

Farshad Shabestari

